



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD**



UNIVERSITAT JAUME I

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS**

***MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD***

TRABAJO FINAL DE MÁSTER



**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE
ALUMBRADO PÚBLICO, APLICACIÓN EN LA AVENIDA REY DON
JAIME DE CASTELLÓN.**

Autor: Sonia Barragán Bravo

Director: Antonio Gallardo Izquierdo

Castellón, octubre de 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me han ayudado a hacer posible el desarrollo de este proyecto, especialmente al director del mismo, Antonio Gallardo Izquierdo, por haberme dado la oportunidad de trabajar con él.

Agradezco también a mi familia su apoyo y ayuda que me ha permitido disponer de tiempo para cursar estos estudios de Máster.

Índice General

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA	1
ANEXO 1: TOMA DE DATOS DE LA INSTALACION EXISTENTE	108
ANEXO 2: ESTUDIOS LUMINOTÉCNICOS.....	125
DOCUMENTO N° 2: PLANOS	126
DOCUMENTO N° 3: PLIEGO	128
DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTOS	135

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

Índice de la Memoria

1	OBJETIVO	3
2	ALCANCE	4
3	ANTECEDENTES	5
4	ELEMENTOS COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO. 9	
4.1	<i>Luminarias</i>	9
4.2	<i>Lámparas</i>	14
4.3	<i>Equipos de control y encendido</i>	17
4.3.1	Balastos.....	18
4.3.2	Sistemas de encendido	20
5	REQUISITOS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA	21
5.1	<i>Eficiencia energética en el proyecto/diseño de nuevas instalaciones</i>	21
5.2	<i>Eficiencia energética en instalaciones existentes</i>	24
6	MEDIDAS GENERALES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES	28
6.1	<i>Adecuación de los sistemas de encendido</i>	28
6.2	<i>Mejora del factor de potencia</i>	28
6.3	<i>Sistemas de regulación del flujo luminoso</i>	29
6.3.1	Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia	30
6.3.2	Reguladores - estabilizadores en cabecera de línea.....	32
6.4	<i>Sustitución de las lámparas o luminarias por otras más eficientes</i>	36
6.5	<i>Análisis y adecuación de la factura eléctrica</i>	36
6.6	<i>Mantenimiento de las instalaciones</i>	37
6.7	<i>Aplicación de nuevas tecnologías al alumbrado público</i>	38
6.7.1	Tecnología LED.....	38
6.7.2	Ventajas de la iluminación LED	40
6.7.3	Inconvenientes de la iluminación LED	46
6.7.4	Situación actual de los LED en aplicaciones de alumbrado exterior.....	48
6.8	<i>Instalación de sistemas de telegestión</i>	51
7	AUDITORIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	56
7.1	<i>Recogida de datos inicial</i>	56
7.2	<i>Inspección en campo y mediciones</i>	59
7.3	<i>Análisis de la situación actual</i>	62
7.3.1	Análisis funcional de las instalaciones	62
7.3.2	Calificación energética de la instalación	65
7.4	<i>Propuesta de mejoras</i>	70
7.4.1	Actuación 1: Sustitución de luminarias por otras con mayor eficiencia.....	70
7.4.1.1	Ahorros energéticos obtenidos	74
7.4.1.2	Ahorros económicos en la facturación eléctrica.....	77
7.4.1.3	Calificación energética de la instalación	80
7.4.1.4	Resumen de resultados	89
7.4.1.5	Estudio de viabilidad económica.....	89
7.4.2	Actuación 2: Sustitución de luminarias por otras de mayor eficiencia incorporando un sistema de telegestión	94
7.4.2.1	Ahorros energéticos obtenidos	99
7.4.2.2	Ahorros económicos en la facturación eléctrica.....	101
7.4.2.3	Resumen de resultados	103
7.4.2.4	Estudio de viabilidad económica.....	103
8	NORMATIVA Y REFERENCIAS	105
9	CONCLUSIONES	107
	ANEXO 1: TOMA DE DATOS DE LA INSTALACION EXISTENTE.....	108
	ANEXO 2: ESTUDIOS LUMINOTÉCNICOS.....	125

1 OBJETIVO

En este Proyecto Final de Máster se realiza un estudio del funcionamiento y estado actual de las instalaciones de alumbrado público, para a continuación analizar la implantación de posibles medidas de eficiencia energética en las mismas de acuerdo a las distintas tecnologías en el mercado. Tras este estudio, se realiza la aplicación práctica sobre una instalación existente. Para el desarrollo de este proyecto se han aplicado los conocimientos adquiridos durante el transcurso de este Máster.

Se pone de relevancia la capacidad de ahorro en este tipo de instalaciones por su evolución histórica, debido tanto a la carencia de aplicación de tecnologías de eficiencia energética, como a los niveles de iluminación de las instalaciones que en muchos casos están por encima de los recomendados.

Se trata de un proyecto con una explicación teórica y un desarrollo práctico, ya que una vez desarrollado resulta posible su ejecución.

En la redacción de este proyecto se realizará un análisis de las instalaciones de alumbrado público, sus componentes y características.

Se estudiará la normativa de aplicación, la necesidad de realizar una auditoría energética de las instalaciones para conocer el estado actual de las mismas y en base al análisis realizado, estudiar las posibles medidas de eficiencia energética que resulten de aplicación, a fin de determinar la que resulte más adecuada.

A continuación se realiza la aplicación práctica de los fundamentos teóricos desarrollados en una instalación concreta del término municipal de Castellón. De acuerdo al protocolo de actuación descrito se efectúa la auditoría energética de los sectores de alumbrado público que forman parte de la instalación. En base a los resultados obtenidos en la auditoría se proponen dos actuaciones para mejorar la eficiencia energética de esta instalación.

A partir de las soluciones propuestas, se ha obtenido la calificación energética de las instalaciones proyectadas, se simularán los ahorros energéticos y económicos conseguidos, determinando la solución más ventajosa desde el punto de vista de la viabilidad económica de las intervenciones propuestas.

2 ALCANCE

Este proyecto tiene como objeto la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado público situadas en la Avenida Rey Don Jaime del municipio de Castellón de la plana, según se determina en los planos incluidos en los anexos de este documento. El ámbito de aplicación de la instalación que se encuentra formada por dos sectores de alumbrado, entendiéndose como sector todas aquellas infraestructuras de alumbrado público que parten desde un mismo cuadro eléctrico de mando y protección. Siendo en este caso su distribución la siguiente:

Un sector de alumbrado que denominamos sector 1 que se encuentra alimentado desde el cuadro de mando y protección denominado CM 144. Este cuadro de mando tiene como dirección de suministro eléctrico Avda. Rey D. Jaime,45. El sector comprende la instalación de alumbrado público existente en la avenida desde la C/ Arrufat Alonso hasta la C/ Zaragoza. En el anexo correspondiente a los planos se puede ver el alcance de la instalación y la situación de los cuadros de mando.

Un sector de alumbrado que se puede denominar sector 2 que se encuentra alimentado desde el cuadro de mando y protección denominado CM 153. Este cuadro de mando tiene como dirección de suministro eléctrico Pza. Del Real 1-1. El sector comprende la instalación de alumbrado público existente en la avenida desde la C/ Zaragoza hasta la C/ Ruiz Zorrilla. Este cuadro también da servicio al alumbrado instalado en la calle Ruiz Zorrilla y a la Calle San Vicente, por lo que también se han incluido en el proyecto.

El alcance del trabajo consiste en realizar un análisis del sistema actual mediante la auditoria energética de la instalación. El ámbito de la actuación comprende los dos sectores de alumbrado existentes en esta zona. El desarrollo de este trabajo comprende los siguientes aspectos:

- Se realizará la toma de datos y mediciones de la instalación actual. estos datos se analizarán posteriormente a fin de determinar la eficiencia energética de la misma y su adecuación a la normativa vigente.
- Se obtendrá la calificación energética de las instalaciones.
- Se realizará una propuesta de Actuaciones en función a los resultados obtenidos tendentes a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones analizadas.
- Se realizarán los estudios luminotécnicos de las soluciones propuestas.
- Se obtendrá la calificación energética de las instalaciones proyectadas.
- Se calcularán los ahorros energéticos obtenidos, así como en términos económicos mediante el análisis y simulación de la facturación eléctrica.

3 ANTECEDENTES

Dentro de las políticas energéticas adoptadas por la Unión Europea, el Consejo Europeo, en marzo de 2007, aprobó una política integrada en materia de clima y energía. Esta política tiene como finalidad la lucha contra el cambio climático, el impulso de la seguridad energética de la UE y la competitividad mediante el desarrollo de un mundo más sostenible y una economía baja en carbono. En base a esta política, se aprueban una serie de objetivos que establece para los países miembros unos requisitos obligatorios:

- * Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al menos el 20% para el 2020.
- * Mejorar la eficiencia energética en un 20% para el 2020
- * Aumentar la cuota de energía renovable en el consumo final de energía 20% para el 2020.
- * Aumentar la cuota de fuentes de energía renovables en un 10% en el combustible utilizado por el sector del transporte en 2020.

Tras adoptar el paquete de medidas de la UE sobre cambio climático y energía en 2008, la Comisión Europea presentó la iniciativa del Pacto de los Alcaldes con el fin de respaldar y apoyar el esfuerzo de las autoridades locales en la aplicación de políticas de energía sostenible.

La adhesión al Pacto de los Alcaldes representa una oportunidad para las autoridades locales de reforzar las iniciativas de reducción de CO₂ existentes en sus territorios, aprovechar el reconocimiento y el apoyo europeo e intercambiar experiencias con sus homólogos europeos. [Pacto de los Alcaldes, 2016]

Además de los factores medioambientales, el incremento en el precio de las energías hace que los costes de las mismas no sean despreciables, sino que tengan un papel cada vez más importante en la contabilidad de cualquier municipio o entidad local.

Todas estas medidas encaminadas a la reducción del consumo energético para paliar los efectos del cambio climático propician que cada día asuma mayor importancia que las instalaciones consumidoras de energía sean cada vez más eficientes. Por todo ello, en la actualidad el consumo eficiente de energía es un imperativo para cualquier institución.

Dentro de los múltiples servicios gestionados por las administraciones locales, el alumbrado público desempeña un papel importante dentro de las políticas energéticas medioambientales y económicas a llevar a cabo.

¿Pero cuál es la situación actual de los alumbrados públicos municipales en España?

Alrededor del año 2004 el IDAE elabora uno de sus escenarios energéticos en la redacción de la Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004/2012, de esta estrategia surge el Plan de Acción 2008-2012, ejecutado a través de las Comunidades Autónomas, habilitaba recursos públicos para la ejecución, entre otras, de auditorías energéticas de instalaciones de alumbrado público, lo que permitiría conocer el grado de eficiencia energética de esas instalaciones a fin de poder actuar en consecuencia.

A partir de los resultados de las auditorías efectuadas por distintos ayuntamientos que se acogieron a esa línea de ayuda, el IDAE [Angel Sánchez de Vera. 2015] ha recopilado los datos relativos a nº de puntos de luz y de cuadros de mando, potencias instaladas, consumos de electricidad y facturación, y en base al tamaño de los municipios, se efectúa una agrupación por escalones de 75.000, 40.000 y 10.000 habitantes, de estos datos se obtienen unos ratios que se representan en la tabla 3.1.

Tamaño municipio	kWh/hab/a	W/PL	PL/1000 hab
> 75.000 habitantes	81,0	182,1	108,3
40.001 a 75.000 hab	118,1	175,7	156,5
10.000 a 40.000 hab	133,5	163,4	209,1
< 10.000 hab	168,9	140,3	297,7

Tabla 3.1. Ratios de alumbrado municipios españoles 2008 – 2012. Fuente: Angel Sánchez de Vera. IDAE 2015.

De estos ratios se observa lo siguiente:

- A medida que disminuye el tamaño del municipio, también lo hace la potencia unitaria de la instalación, probablemente al existir mayor relación de puntos de luz de menor altura de instalación, debido a la topografía de las calles y por tanto necesitan menor potencia instalada.
- Por el contrario, al existir menor densidad de población los ratios de número de puntos de luz y consumo per cápita aumentan al disminuir el tamaño del municipio.

Proyectando estos ratios sobre el censo de municipios de España se obtiene una estimación del parque de puntos de luz existente en la actualidad en el territorio, esta extrapolación con sus resultados se muestran en la tabla 3.2.

Tamaño municipio	Ratios IDAE			CENSO DE ESPAÑA		RESULTADOS	
	kWh/hab/a	W/PL	PL/1000 hab	Municipios	Población	GW/h	PL
> 75.000 habitantes	81,0	182,1	108,3	88	20.399.147	1.653	2.209.135
40.001 a 75.000 hab	118,1	175,7	156,5	75	4.239.453	501	663.381
10.000 a 40.000 hab	133,5	163,4	209,1	557	10.702.913	1.429	2.237.499
< 10.000 hab	168,9	140,3	297,7	7.391	9.859.224	1.665	2.934.665
Conjunto España	116,1	165,1	178,0	8.112	45.200.737	5.247	8.044.680

Tabla 3.2. Estimación del parque de puntos de luz en el territorio español. Fuente: Angel Sánchez de Vera. IDAE 2015.

El alumbrado exterior de los municipios españoles se compone de unos 8.044.680 puntos de luz (PL) que, con una potencia media de 165,1 W/PL y 4.081 horas de utilización anual, supone un consumo de electricidad de 5.417 GWh/año y un coste para los municipios de 697 millones de euros anuales, es decir, aproximadamente un 2 % del consumo eléctrico nacional. Por lo que es el responsable de la emisión a la atmósfera de aproximadamente 1.740.000 tn de CO2 anuales.

El potencial de ahorro en este tipo de instalaciones se estima en una media de un 20%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 348.000tn de CO2. (dependiendo de la situación de partida de la instalación con las tecnologías actuales se pueden conseguir ahorros incluso del 70%).

¿Cuáles son los motivos que determinan el potencial de ahorro de estas instalaciones?

El exceso de consumo en este tipo de instalaciones se encuentra normalmente en el tipo de diseño de las mismas y su antigüedad, esto provoca que se aproveche de forma ineficiente la energía lumínica producida por los elementos y sistemas de iluminación y del mismo modo provoca elevados niveles de contaminación luminosa.

Uno de los motivos principales de esta circunstancia, es la falta de regularización de este tipo de instalaciones en el ámbito normativo. Hasta el año 2008 en el que por fin aparece una legislación propia para el alumbrado público, estas instalaciones han sido proyectadas hasta ese momento de acuerdo a recomendaciones o normas de no obligado cumplimiento. Esto ha provocado que se hayan iluminado las calles de los municipios españoles sin criterios comunes y en base a las exigencias políticas o criterios propios municipales con niveles elevados de iluminación. A continuación pasamos a enumerar la evolución normativa en España hasta la actualidad:

- 1965 - Normas e Instrucciones para alumbrado urbano del Ministerio de la Vivienda .
- 1978 - NTE-IEE “Instalaciones de Electricidad: Alumbrado Exterior” Ministerio de obras públicas y urbanismo.
- 2002 - Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-01 a ITC-BT-51., la actualización de este reglamento es importante porque introduce la instrucción técnica ITC-BT 09. Alumbrado exterior que introduce los requisitos técnicos obligatorios para el correcto funcionamiento de este tipo de instalaciones.
- 2002 - IDAE –Propuesta de modelo de ordenanza municipal de alumbrado exterior para la protección del medio ambiente mediante la mejora de la eficiencia energética.
- 2008 - Real Decreto 1890/2008 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.

- 2013 – Ministerio de Industria, energía y turismo. Guía Técnica de aplicación del RD 1890/2008.

Otro de los motivos es que las inversiones necesarias para la renovación de este tipo de instalaciones son elevadas y las consignaciones presupuestarias municipales, en ocasiones, no permiten realizar todas las intervenciones necesarias para el correcto mantenimiento y adecuación de estas instalaciones. Esto provoca que en la mayoría de municipios las instalaciones se encuentren funcionando con elementos obsoletos e ineficientes.

Al igual que en el resto de municipios españoles, en el caso de Castellón de la plana, el alumbrado público existente tiene un alto potencial de ahorro energético mediante la implantación de medidas de eficiencia energética.

Esto como se ha visto antes está motivado por la falta de legislación que regulase los niveles de iluminación de las instalaciones, las normas municipales, incluidas en los Planes Generales de Ordenación Urbanística vigentes hasta el año 2009, incluían como requisito en el diseño de sus instalaciones unos niveles de iluminación elevados que se solían superar en la instalación proyectada ampliamente:

-Normas Urbanísticas en Castellón de la Plana. PGOU, en su apartado NORMAS DE URBANIZACION punto 7.8 citaba:

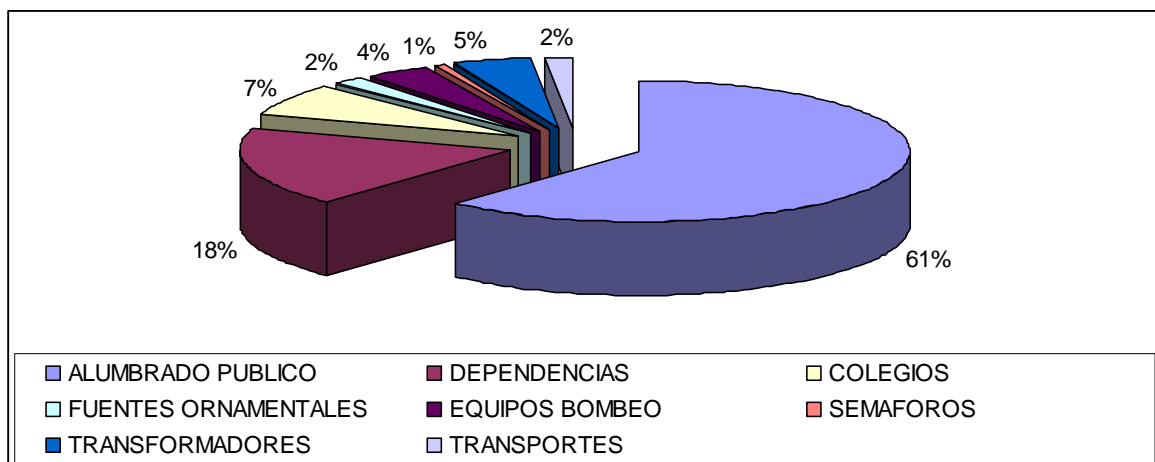
“7.8.- ALUMBRADO PUBLICO:

7.8.1.- NIVEL DE ALUMBRADO:

- Zonas de viviendas unifamiliares o de montaña: 20-25 lux/m², a base de lámparas de sodio alta presión, de 150 w. mínimo.

- Zona de casco y ensanche: 50 lux/m² de intensidad media, con lámparas de sodio alta presión de 150 w. mínimo.”

La implicación del consumo energético y por tanto económico de las instalaciones de alumbrado público en el municipio de Castellón es de gran relevancia, ya que supone un porcentaje sobre la energía eléctrica final consumida por los diferentes servicios e instalaciones municipales superior al 60% como se puede ver en la grafica 3.1.



Grafica 3.1: Reparto de los consumos de energía final en el Ayuntamiento de Castellón. Elaboración propia a partir de los datos facilitados de 2014.

El parque de alumbrado de Castellón en la actualidad está formado por 28.000 puntos de luz con una potencia media por punto de 195,5 W, este supone un consumo de electricidad de 16,91 GWh/año y un coste para el municipio de aproximadamente 3,1 millones de euros anuales.

Por este motivo resulta necesario realizar el análisis de las instalaciones de alumbrado público existentes con el fin de reducir su consumo, disminuir su coste económico, facilitar su mantenimiento y dar un mejor servicio a la ciudadanía.

En este documento se analiza el potencial de ahorro de una de las instalaciones representativas del municipio, para ello se ha elegido la Avenida Rey D. Jaime y los sectores que forman parte de la instalación.

4 ELEMENTOS COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO.

A continuación se detallan las características de los elementos que conforman las instalaciones de alumbrado público más comúnmente empleados. Se explica el funcionamiento de los mismos y sus ventajas y desventajas a fin de determinar su elección y relevancia a la hora de diseñar una instalación de alumbrado eficiente.

Los componentes de las instalaciones de alumbrado público con mayor relevancia e incidencia sobre la eficiencia energética de las instalaciones son las luminarias; lámparas; equipos de control de las lámparas y equipos de control y encendido de la instalación. Además las instalaciones están formadas por el cuadro de mando y protección donde se aloja la aparamenta eléctrica, soportes de luminarias, líneas eléctricas de alimentación e instalación de toma de tierra. A continuación se explican las características del primer grupo por tener mayor impacto sobre el ahorro energético de la instalación.

4.1 Luminarias

Como ya se ha dicho, las luminarias son uno de los elementos más importantes de toda instalación lumínica, estos son aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas y protegerlas y, cuando resulta necesario, disponen de los circuitos y dispositivos necesarios para conectarlas a la red de alimentación eléctrica.

La luminaria se compone de cuerpo o carcasa, bloque óptico y alojamiento de auxiliares, además de las juntas de hermeticidad, cierres, etc., tal y como se representa en la figura 4.1.



Figura 4.1. luminaria con especificación de las partes que la constituyen. Fuente: IDAE 2001.

El cuerpo o envoltente principal es la parte que estructuralmente soporta a los conjuntos óptico y eléctrico de la luminaria y, por tanto, debe ser resistente mecánicamente, ligero de peso y con excelentes propiedades de dispersión, resistencia térmica y duración, además de cumplir una misión estética. Aun cuando existen cuerpos de plásticos técnicos y chapa de aluminio, se consideran en principio como los más idóneos los cuerpos o carcasas de aleación ligera, como es el caso de la inyección de aluminio.

El bloque óptico puede estar formado por reflector, refractor y difusor. Los reflectores son normalmente de aluminio de máxima pureza, pulido, abrillantado y tratado normalmente mediante oxidación anódica. El refractor de calidad habitualmente es de vidrio de elevada transmitancia e inalterabilidad a la luz natural o artificial, debiendo ser pequeño su coeficiente de dilatación térmica, obteniéndose los refractores bien por prensado o soplado. [IDAE 2001]

Los alojamientos de auxiliares deben ser mecánicamente resistentes para soportar adecuadamente el peso del equipo eléctrico y térmicamente han de disipar muy bien el calor generado por el propio funcionamiento del equipo eléctrico, con unas dimensiones suficientes para dicho equipo, de fácil accesibilidad y seguridad, que permita con comodidad realizar las reparaciones y reposiciones que se precisen.

Las juntas de hermeticidad han de ser flexibles, resistentes a alta temperatura y a los agentes atmosféricos, empleándose normalmente cauchos silicónicos, policloroprenos, termopolímeros de etileno-propileno, juntas de poliéster calandrado, etc.

La luminaria y, en concreto, el bloque óptico debe estar dotado de los correspondientes dispositivos de reglaje, de forma que pueda variarse la posición de la lámpara respecto al reflector, de acuerdo con el tipo de implantación y prestaciones que se requieran de la luminaria.

Las luminarias cumplen una función importante en el conjunto de alumbrado, ya que son las encargadas de dirigir la luz de la lámpara a la zona que se desea iluminar, mediante el conjunto lámpara – grupo óptico de la luminaria se definen las curvas fotométricas que caracterizarán la forma y dirección de la distribución de la luz emitida por la luminaria en el espacio. [IDAE 2001]

Las curvas fotométricas se definen a partir del el volumen formado por las tres coordenadas: intensidad luminosa (I), plano vertical (C) e inclinación respecto al eje vertical (γ) que forman el sólido fotométrico. Este determina la distribución de la luminaria en todo el espacio como se puede ver en la figura 4.2.

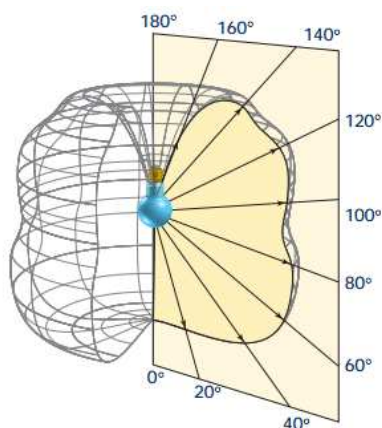


Figura 4.2. Sólido fotométrico de una lámpara incandescente. Fuente: INDAL 2002.

Como es complicado trabajar en tres dimensiones, para simplificar el trabajo se realizan cortes al sólido fotométrico de modo que se obtiene una curva en dos dimensiones, conocida como curva polar, mucho más sencilla de comprender (figura 4.3). Normalmente la curva polar representa los dos planos verticales: el transversal (0°) y longitudinal (90°), aunque si la intensidad máxima no está contenida en estos dos planos, se representa también la curva polar del plano que la contiene. [INDAL 2002]

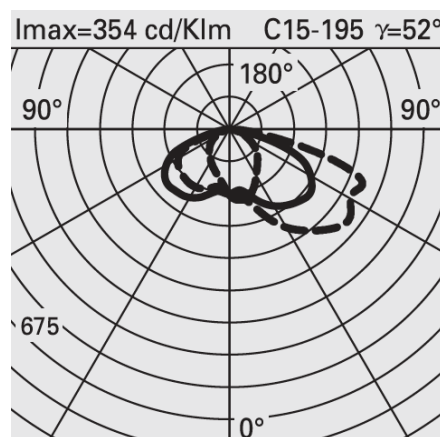


Figura 4.3. Diagrama polar. Fuente: INDAL 2002.

A partir de las curvas fotométricas, resulta posible comparar las diferentes intensidades que es capaz de emitir la fuente de luz, normalmente las curvas están referidas a un flujo de 1000 lúmenes. Para conocer el valor real de la intensidad es necesario multiplicar el flujo de la lámpara por la intensidad del gráfico y dividirlo por 1000.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de seleccionar una luminaria es la clasificación que realiza la C.I.E. por la que define las luminarias en función de tres características: el alcance, la apertura y el control, se explican a continuación estos tres conceptos por su importancia a la hora de determinar la distribución de los puntos de luz en la instalación.

El alcance de la luminaria es la distancia que alcanza la luz en dirección longitudinal (figura 4.4). El ángulo $\gamma(\max)$ es el ángulo máximo que está definido por la vertical dirigida hacia abajo y el eje del haz, que se calcula en el plano de intensidad máxima como la bisectriz del ángulo que forman las direcciones para el 90% de la intensidad máxima.

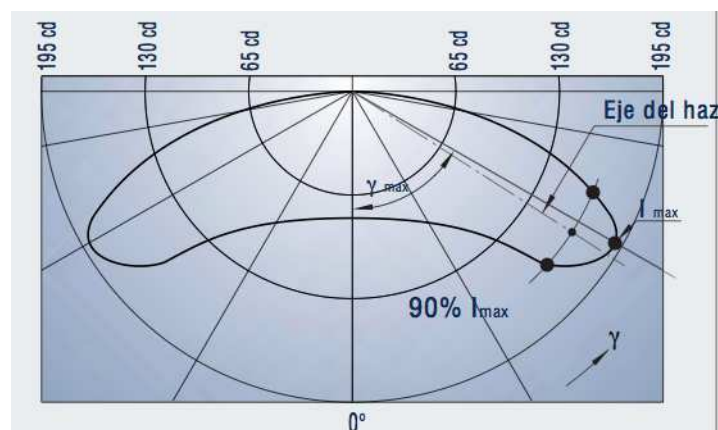


Figura 4.4. Alcance de la luminaria. Fuente: INDAL 2002.

Con el criterio del alcance, se determina la separación entre postes y luminarias. Un alcance largo permite obtener mayor separación y por el contrario, un alcance corto reduce la interdistancia.

La apertura es la distribución fotométrica en sentido transversal de la vía (figura 4.5). Está definida por la línea, paralela a la calzada, que es tangente a la curva del 90% de la intensidad máxima proyectada sobre la calzada. De las dos posibles soluciones siempre se elige la que está más alejada de la luminaria.

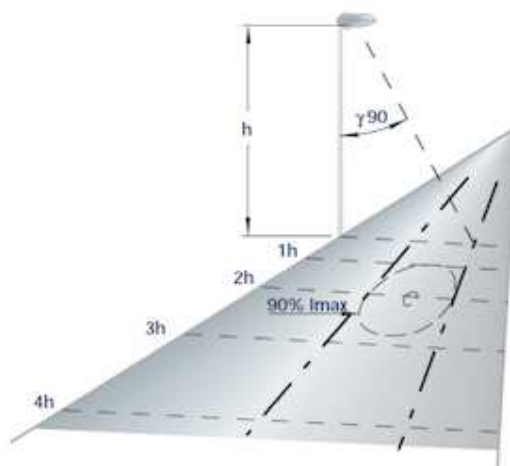


Figura 4.5. Alcance de la luminaria.
Fuente: INDAL 2002.

Con el criterio de la apertura se determina la altura de montaje, el poste para el montaje de la luminaria y la potencia de la fuente de luz.

El control de la luminaria indica la capacidad para controlar el deslumbramiento. Se define mediante el SLI (índice específico de la luminaria) [INDAL 2002]

En el mercado existe una gran cantidad de luminarias disponibles, de acuerdo a las características que se han descrito en cuanto a los componentes que forman la luminaria y sus parámetros fotométricos, los principales factores que deben tenerse en cuenta para su elección se enumeran a continuación:

- La adecuada selección de la curva fotométrica que más se ajusta a los requisitos de la zona a iluminar.
- Optimización del factor de utilización en función de los niveles de iluminación, las características dimensionales de la calzada a iluminar y geométricas de la instalación.
- Flujo hemisférico superior instalado mínimo, adoptando luminarias “*cut-off*” o “*semi cut-off*” que limiten el resplandor luminoso nocturno y la luz intrusa o molesta.
- Prestaciones mecánicas y su conservación en el transcurso del tiempo, especialmente en lo que respecta al mayor grado de hermeticidad del sistema óptico IP 65 o IP 66.
- Utilización de cierres que mantengan el factor de transmisión de la luz a lo largo del tiempo, preferentemente vidrio.
- Que presente una alta resistencia a los choques.
- Rendimiento elevado.
- Prestaciones adecuadas acordes al coste económico.

4.2 Lámparas

Otro de los elementos que mayor influencia tienen en la eficiencia de la instalación son las lámparas que alojadas en el interior del grupo óptico de la luminaria, conforman junto con esta el rendimiento lumínico de la fuente de luz completa.

Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento en color de una fuente luminosa se ha definido el Índice de Reproducción Cromática (Ra o I.R.C). El Ra se obtiene como un valor sobre la comparación de 8 o 14 colores muestra. Un 100 significa que todos colores se reproducen perfectamente y conforme nos vamos alejando de 100, podemos esperar una menor definición sobre todos ellos.

Ra < 60	Pobre
60 < Ra < 80	Bueno
80 < Ra < 90	Muy Bueno
Ra > 90	Excelente

Tabla 4.1. Valores de Índice de Reproducción Cromática. Fuente: FENERCOM 2015.

La apariencia o temperatura de color de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad) de la luz emitida. La luz blanca puede variar desde tonalidades cálidas a frías en función de las sensaciones psicológicas que producen. Para las aplicaciones generales, la comisión Internacional de Iluminación divide las fuentes de luz en tres clases según su temperatura de color:

Blanco Cálido	2900 < T _c < 3300 K
Blanco Neutro	3300 K < T _c < 5300 K
Blanco frío	T _c > 5300 K

Tabla 4.2. Temperatura de color. Fuente: INDAL 2002.

En cuanto a las fuentes de luz, además de por sus características cromáticas, estas se diferencian sobre todo, en términos de eficiencia energética por un parámetro que las define: la eficacia luminosa, esto es la cantidad de luz emitida medida en lúmenes dividida por la potencia consumida en W. [INDAL, 2002]

En alumbrado público las lámparas más comúnmente utilizadas hasta la fecha son las lámparas de descarga. Existen diferentes tipos de lámparas según el gas que contienen y la presión a la que se encuentra sometido, cada uno de ellos se caracteriza por sus propios parámetros luminosos. A continuación se enumeran los tipos de lámparas más utilizados:

Lámparas de vapor de mercurio:

- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión
- Lámparas con halogenuros metálicos

- Lámparas con halogenuros metálicos cerámicos

Lámparas de vapor de sodio:

- Lámparas de vapor de sodio a baja presión
- Lámparas de vapor de sodio a alta presión

A continuación se describen brevemente las características principales de cada una de ellas a fin de determinar la conveniencia de su elección según el tipo de aplicación y la eficiencia lumínica de cada una de ellas.

- En las lámparas de vapor de mercurio a alta presión la descarga se produce en un tubo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. El Reglamento 245/2009, de 18 de marzo, por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE (Directiva europea sobre diseño ecológico), prohíbe el uso de este tipo de lámparas 6 años después de la entrada en vigor de este Reglamento (25 de marzo de 2009). Por lo tanto en aquellos municipios donde se encontrasen instaladas este tipo de lámparas deberían haber sido sustituidas completamente en el año 2016.
- En el caso de las lámparas de halogenuros metálicos, además de contener mercurio, los halogenuros mejoran considerablemente la capacidad de reproducir el color, además de mejorar la eficacia. Su uso está muy extendido y es muy variado, tanto en alumbrado público, como comercial, de fachadas, monumentos, etc. Estas lámparas funcionan a base de un tubo de descarga (tubo de arco) fabricado en cristal de cuarzo transparente y resistente a altas temperaturas, que puede soportar cambios de temperatura. Sus características principales son:

Ventajas:

- Tonos de luz con temperaturas de color que van de 3.000 K a 7.250 K (WDL, blanco neutro, NDL, luz natural, luz natural fría)
 - Buenas propiedades ópticas, gracias al tubo de arco transparente
 - Larga vida útil:
 - Elevado flujo luminoso
- Otro tipo de lámparas son las lámparas de halogenuros metálicos cerámicos, estas combinan la tecnología de las lámparas de halogenuros metálicos con la tecnología de las lámparas de sodio de alta presión (quemador cerámico). El tubo de descarga cerámico, frente al cuarzo de los halogenuros metálicos convencionales, permite operar a temperaturas más altas y aumenta la vida útil (Hasta 15.000 horas) La cerámica puede resistir temperaturas más elevadas que el cristal de cuarzo. Sus características principales son:

Ventajas:

- Muy alta eficiencia
 - Muy buena reproducción cromática
 - Excelente estabilidad de color
 - Muy buen rendimiento del flujo luminoso a lo largo de toda la vida útil
 - Escasa dependencia de la posición de funcionamiento
 - Alta fiabilidad gracias a la reducida corrosión cerámica, entre otros factores
- En el caso de las lámparas de vapor de sodio, en las de baja presión se origina la descarga eléctrica en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática. Actualmente son las más eficaces del mercado, es decir las de menor consumo eléctrico; sin embargo su uso está limitado a aplicaciones en las que el color de la luz (amarillento en este caso) no sea relevante como son autopistas, túneles, áreas industriales... Sus características principales son:

Inconvenientes:

- Muy bajo rendimiento cromático

Ventajas:

- Alta eficacia energética.
- Baja afección medioambiental por su baja componente de radiación por debajo de 440 nm
- Eficacia luminosa muy elevada
- Larga Vida útil comparada con los halogenuros.

- Lámparas de Vapor de Sodio Alta presión. Estas lámparas mejoran la reproducción cromática de las de baja presión. Sus características principales son:

Inconvenientes:

- Bajo rendimiento cromático, aunque se mejora respecto a las de baja presión.

Ventajas:

- Alta eficacia energética.
- Eficacia luminosa muy elevada
- Larga Vida útil comparada con los halogenuros.
- Bajo coste económico.

Hay que destacar una serie de aspectos básicos que afectan de forma común a todos los tipos de lámparas de descarga enumerados y que están directamente relacionados con la eficiencia energética de las instalaciones. Estos aspectos se refieren,

tanto a la vida útil de las lámparas, como al rendimiento de las mismas y son los siguientes:

El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por ennegrecimiento de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

Tipo de Lámpara	Vida promedio (h)	Vida promedio (años)
Mercurio alta presión	25000	6,10
Halogenuros metálicos	11000	2,68
Sodio Baja Presión	23000	5,61
Sodio Alta Presión	23000	5,61

4.3 Equipos de control y encendido

Para determinar el resto de componentes que forman parte de las instalaciones que utilizan lámparas de descarga y que tienen una incidencia directa sobre la eficiencia energética de las instalaciones se describe el funcionamiento de este tipo de lámparas y a continuación las características de cada uno de los elementos necesarios para ello.

El principio de funcionamiento de las lámparas de descarga se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos con lo que se produce la emisión de luz. Esta tecnología necesita un equipo auxiliar (balasto, arrancador) para su funcionamiento.

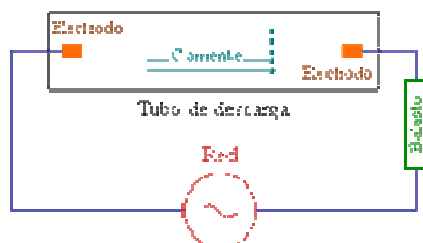


Figura 4.6. Funcionamiento de lámpara de descarga. Fuente:

Los arrancadores son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continúa un periodo transitorio

durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

4.3.1 Balastos

Los balastos, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara. Hay dos tipos de equipos que se utilizan en las instalaciones, los balastos electromagnéticos y los electrónicos. Sus características principales se describen a continuación.

Los balastos electromagnéticos son de tipo inductivo, constan de un arrollamiento de hilo de cobre en un soporte de material aislante, que actúa como devanado de excitación de un circuito magnético. Cuando por el arrollamiento pasa una corriente, se crea (induce) una tensión opuesta a la causa que la produce, la tensión de red. Su conexión se realiza en serie con la lámpara. La combinación de esta reactancia inductiva con la lámpara de descarga da lugar a factores de potencia bajos (alrededor de 0,5) y por lo tanto, deben ser corregidos por medio de condensadores en paralelo con la red. En la figura 4.7. se representa el esquema de conexión del conjunto. [LAYRTON, 2016].

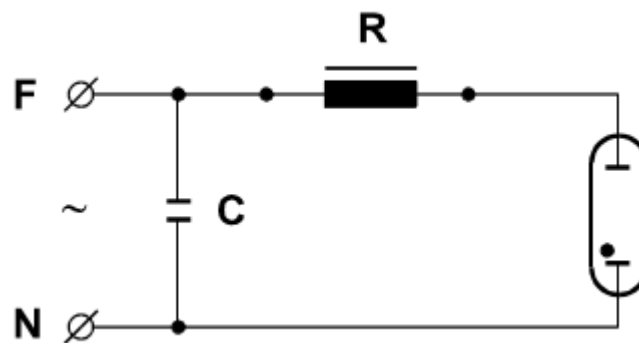


Figura 4.7. Esquema de conexión lámpara y auxiliares. Fuente: LAYRTON 2016.

El uso de estos balastos está muy extendido debido a su bajo coste económico, pero desde el punto de vista de la eficiencia energética presentan numerosos inconvenientes:

- La corriente de arranque es elevada respecto a la de funcionamiento, lo cual ha de tenerse en cuenta tanto a la hora de dimensionar los conductores como las protecciones en los circuitos.
- Requieren dispositivos adicionales para el encendido de las lámparas ya sean arrancadores, cebadores, o condensadores.
- Debido a su funcionamiento y los elementos auxiliares necesarios presentan elevadas pérdidas energéticas que incrementan los gastos energéticos y económicos de las instalaciones.

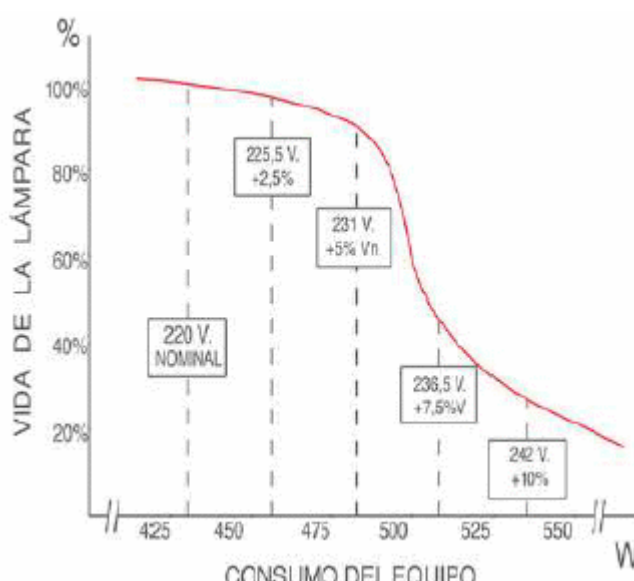
- La elevada componente inductiva hace que necesiten de un elemento capacitivo externo para su compensación, el deterioro de los componentes hace que muchas veces existan consumos de energía reactiva elevados.

En el caso de los balastos electrónicos, estos tienen un principio de funcionamiento, en cuanto a su labor de limitación de corriente, idéntico a los electromagnéticos. Su funcionamiento se basa en un circuito que convierte la tensión de red en una señal de alta frecuencia (alrededor de 40 kHz) que se aplica a un balasto electromagnético muy pequeño. Además incorporan circuitos para la compensación de potencia y para el encendido de las lámparas.

Ventajas:

Los balastos electrónicos no requieren dispositivos adicionales para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

La figura siguiente refleja la fuerte influencia de la tensión de alimentación en el consumo y en la vida de una lámpara VSAP. El incremento del 7 % produce una disminución en la vida de la lámpara del 50 % y un exceso de consumo del 16 %. De ahí la gran importancia de estabilizar la alimentación que llega a los receptores de alumbrado.



La instalación de balastos electrónicos soluciona este problema, además de reducir el consumo del equipo auxiliar frente a los equipos electromagnéticos.

El balasto electrónico es un dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar y sustituye al balasto electromagnético, condensador y arrancador en las lámparas de descarga. El balasto electrónico estabiliza la potencia en lámpara y por tanto el consumo en red frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180 y 250 V. De esta forma se mantiene la vida media de la lámpara mejor que con los balastos electromagnéticos. [ELT, 2016]

En las condiciones de funcionamiento las pérdidas propias del balasto electrónico no superan el 4 ó 5% de la potencia eléctrica consumida en lámpara, lo cual resulta

ventajoso frente al consumo real del equipo auxiliar con balasto electromagnético, más condensador y arrancador, que oscila entre un 9,3 y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara.

Inconvenientes:

Por el contrario, los balastos electrónicos son equipos más sensibles y menos robustos que los electromagnéticos., dada su mayor sensibilidad, deben tenerse en cuenta medidas especiales en relación a la protección frente al rayo, elevadas temperaturas, perturbaciones eléctricas, etc.

4.3.2 Sistemas de encendido

Los ciclos de funcionamiento de las instalaciones de alumbrado público vienen determinados por el encendido y apagado de las instalaciones, así como por la reducción del nivel luminoso.

El encendido y apagado de las instalaciones debe efectuarse adecuadamente, sin que se adelante el encendido ni se retrase el apagado, de forma que el consumo energético sea el estrictamente necesario. Los sistemas de encendido más habituales son el reloj astronómico y el interruptor crepuscular o fotocélula, cuyas características principales se definen a continuación.

- Reloj astronómico:

Son interruptores horarios que incorporan un programa especial que sigue los horarios de ortos y ocasos de la zona geográfica donde esté instalado. Es programable y se debe especificar la ubicación geográfica de la instalación y la fecha del año, a fin de ajustar el parámetro de funcionamiento

Esta característica tiene la importante ventaja de que no es necesaria la reprogramación manual y periódica de los tiempos de encendido y apagado. Además, tienen la posibilidad de poder retrasar o adelantar de manera uniforme estos tiempos de maniobra, consiguiendo con ello un ahorro adicional.

El inconveniente es que no es posible corregir los horarios en días de poca luminosidad (tormentas, niebla...)

- Célula fotoeléctrica:

Activa o desactiva la instalación en función de la aportación de luz natural.

Este sistema sería conceptualmente el más fiable ya que presenta la ventaja de ajustar las órdenes de encendido y apagado a la luminosidad ambiental, pero tiene como inconveniente que en el transcurso del tiempo suelen perder precisión. Además requiere de un mantenimiento más frecuente para garantizar las condiciones de funcionamiento (por acumulación de suciedad y envejecimiento de materiales).

El sistema suele permitir el encendido y apagado de instalaciones pero no suele ser compatible con un sistema de regulación dependiendo del horario de utilización

5 REQUISITOS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

A la hora de considerar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado público es necesario cumplir una serie de requisitos que limiten, tanto el uso irracional de la energía como la contaminación lumínica que suponen un impacto negativo sobre el medioambiente.

El Real Decreto 1890/2008, de 14 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, tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de:

- a) Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- b) Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa y reducir la luz intrusa o molesta.

El reglamento se aplicará:

- A las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.
- A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, cuando, mediante un estudio de eficiencia energética, la Administración Pública competente lo considere necesario.
- A las instalaciones existentes antes de su entrada en vigor, que sean objeto de modificaciones de importancia y a sus ampliaciones, entendiéndose por Modificación de importancia aquella que afecte a más del 50% de la potencia o luminarias instaladas.

5.1 Eficiencia energética en el proyecto/diseño de nuevas instalaciones

La base de la eficiencia energética está en el proyecto inicial, a la hora de realizar un correcto diseño de las instalaciones de alumbrado público se debe tener en cuenta:

- Definir las necesidades del espacio a iluminar en base a su topografía y uso (funcional, ambiental), clasificación del espacio a iluminar de acuerdo a la ITC- EA 02 del REEAE, se define el tipo de vía y la clase de iluminación que le corresponde.
- Tras la clasificación de la clase de alumbrado correspondiente, se debe realizar una correcta adecuación de los parámetros luminosos a cada necesidad (nivel, uniformidad, deslumbramiento, etc)

- Se realizará la selección de luminarias adecuadas con elevados rendimientos, alta eficacia lm/W.
- Uso de equipos de bajas pérdidas.
- Óptima elección de sistemas de control y regulación.
- Reducción del resplandor luminoso y la luz intrusa.

De acuerdo al Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (R.D. 1890/2008), en las nuevas instalaciones habrá que cumplir las siguientes exigencias:

a) Niveles máximos de iluminación:

- Por tipos de zonas: Parques, zona residencial, zona comercial
- Por tipos de vías: peatonal, tráfico alta velocidad, carril bici

b) Niveles mínimos de eficiencia energética de la instalación, en lm^2/W , expresado mediante etiqueta energética.

c) Obligación de implantación de dispositivos de regulación horaria de los niveles luminosos.

d) Limitación de la luz intrusa y la contaminación lumínica.

e) Existencia de un Plan de Mantenimiento de limpieza de luminarias con la periodicidad adecuada.

Se establecen Niveles máximos de iluminación en función de la actividad. Se determinan a partir de la clasificación de las vías:

De acuerdo a la ITC-EA-02, los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas en esta ITC, no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia en ella establecidos en la misma.

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.

Una vez determinados los niveles a obtener de acuerdo a la clasificación seleccionada para la vía a iluminar, se tendrán que tener en cuenta los parámetros fotométricos que determinan la calidad del alumbrado de una calzada obtenida con una instalación particular que dependen:

- Del tipo de fuente luminosa utilizado.
- De la distribución de la intensidad luminosa de las luminarias utilizadas.
- De las propiedades reflectantes de las superficies de la calzada que se trate.

- De la geometría y del tipo de distribución.

Uno de los elementos básicos en la fase de diseño de nuevas instalaciones es la selección de los componentes de la instalación, las fuentes de luz, los equipos eléctricos precisos para su funcionamiento y las luminarias que alojan a ambos.

Las lámparas utilizadas en instalaciones de alumbrado exterior tendrán una eficacia luminosa superior a 65 lum/ W para alumbrados vial, específico y ornamental.

A efectos de eficiencia y ahorro energético se procurará que tanto el factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara (FDFL), como el factor de supervivencia de la misma (FSL) resulten lo más elevados posibles.

De acuerdo al REEAE, se requiere que exista una regulación del flujo luminoso a lo largo de la noche, esta exigencia se recoge en su ITC-EA-04 .sistemas de regulación del nivel luminoso, donde se indica que con la finalidad de ahorrar energía, las instalaciones de alumbrado, 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.

Otro aspecto a tener en cuenta para considerar las nuevas instalaciones eficientes es la limitación de la luz intrusa y la contaminación lumínica. Existen dos causas fundamentales que provocan este efecto y que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de la instalación, siendo estas las siguientes:

- La reflexión y la refracción de la luz , el polvo y otras partículas en suspensión en las ciudades hacen que se incremente el efecto de reflexión sobre la luz emitida.

El resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa, da lugar a que se incremente el brillo del fondo natural del cielo, dificultando las observaciones astronómicas de los objetos celestes.

La limitación del resplandor luminoso nocturno significa reducción de la emisión de luz hacia arriba, que no resulta útil en el alumbrado viario, lo que implica mayor eficiencia energética en la instalación.

- La emisión directa hacia otros espacios

Las instalaciones se deben diseñar de forma que se ilumine únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado. Para ello se deben seleccionar fotometrías adecuadas que cumplan los requisitos especificados. Un diseño correcto mediante la selección de fuentes de luz adecuadas es el mostrado en la figura 5.1.

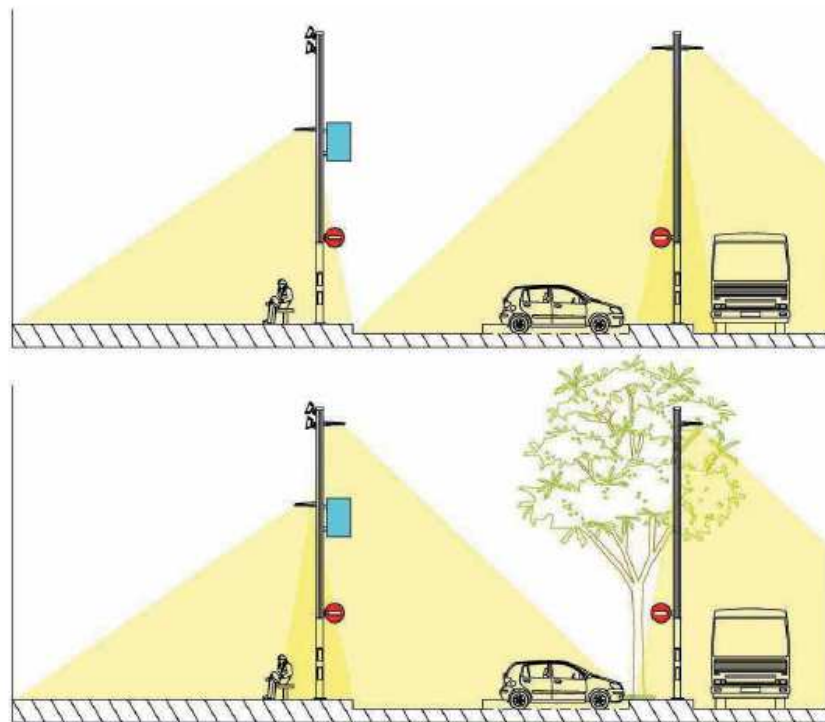


Figura 5.1. Il·luminació adequada de espais exteriors. Fuente: IDAE 2015.

A fin de limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica se establecen una serie de zonas en función de la protección contra este efecto que se necesite según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas .

Se define el flujo hemisférico superior instalado FHSinst emitido por una luminaria como el dirigido por encima del plano horizontal. El flujo hemisférico se expresa en tanto por ciento del flujo total emitido por la luminaria. De acuerdo al REEAE se establecen unos límites o valores máximos del flujo hemisférico superior instalado FHSinst, para cada una de las zonas.

5.2 Eficiencia energética en instalaciones existentes

En cuanto a la eficiencia energética en instalaciones existentes, el primer paso es realizar una auditoría energética de las mismas. La auditoría consiste en un análisis de la situación de partida que permita conocer el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de estas instalaciones, así como, el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación. Los objetivos fundamentales de una auditoría energética son:

Mejorar la eficiencia y el ahorro energético de las mismas.

Adecuar y adaptar estas instalaciones a la normativa vigente.

Limitar el resplandor luminoso y su contaminación lumínica.

Debe permitir conocer el estado en el que se encuentran las instalaciones de alumbrado en relación a un uso racional de la energía que consumen y su capacidad para cumplir el fin para el que fueron diseñadas y ejecutadas, cumpliendo la normativa que le sea de aplicación.

Para llevar a cabo la auditoría energética se seguirán las siguientes etapas:

1.- Recogida de datos inicial

La primera fase de la auditoría consiste en un estudio de la documentación existente sobre las instalaciones de alumbrado. En primer lugar se recabará la información de base del diseño y características de las instalaciones de alumbrado, con los criterios asumidos en su día como premisas respecto a la funcionalidad perseguida en los espacios iluminados. Esta información deberá ser aportada por los servicios técnicos del Ayuntamiento, al estar contenida en la documentación y planos de los proyectos originales y replanteos o reformas acometidas con posterioridad.

2.- Inspección en campo y mediciones

Tras la recogida de datos disponibles en el inventario municipal, se deberá realizar una labor de campo consistente en la toma de datos de la situación actual de las instalaciones de alumbrado. Se realizan mediciones a los equipos e instalaciones de alumbrado.

Para ello, se deberá disponer de todos los equipos necesarios (luxómetro, analizador de redes, medidor de tierras, pinza amperimétrica,...). Las mediciones a realizar serán las siguientes:

- Medidas de todos los parámetros eléctricos: Tensión entre fases y entre fases y neutro, Corriente en cada fase, Potencia activa, Potencia reactiva, Factor de potencia, etc...
- Mediciones y cálculos de los parámetros lumínicos de la instalación: Flujos luminosos y niveles de iluminación.

A partir de los datos recogidos, se realizará un inventario desglosado de la instalación y sus componentes que se reflejarán en unas tablas modelo, para cada uno de los sectores de alumbrado, para facilitar la identificación de los datos recopilados. Estas tablas recogerán la siguiente información:

- Identificación de la situación de los centros de mando que comandan y protegen la instalación, identificando sus elementos y su estado. Se realizará la identificación de todos los componentes incluyendo: Sus características mecánicas, características eléctricas, protecciones, líneas de salida, puntos de luz por línea, características de los puntos.

- Identificación de cada uno de los suministros eléctricos a cada cuadro de mando y control. Se identificarán las líneas de distribución y acometida: Tipo de líneas, ubicación y características, secciones, protecciones.
- Identificación de los puntos de luz en cuanto a su distribución, que pertenecen a cada cuadro de mando y control: Disposición, ubicación, características, tipología.
- Identificación de todas y cada una de las luminarias en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control: Tipo de luminarias, ubicación, características, disposición, tipología.
- Identificación de todas y cada una de las lámparas en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control: Tipos de lámparas, características, identificación, potencia, tipología.
- Identificación de todos y cada uno de los equipos de arranque de las lámparas en cuanto a sus características, tipo electromagnético o electrónico, nivel de encendido, etc., que pertenecen a cada cuadro de mando y control: Equipos de encendido, características, identificación de los elementos, sistema, posibilidades de variación.
- Identificación de cada uno los sistemas de regulación y control, por lámpara, por línea o general, que pertenecen a cada cuadro de mando y control: Sistemas de regulación y control, características, sistema, capacidad del mismo.
- Identificación de todas y cada una de las protecciones, tanto de entrada como de salida de línea, que pertenecen a cada cuadro de mando y control, con detalle de sus características y tipología.

3.- Tras el inventario y toma de datos se realizará un análisis de la situación actual.

El análisis comprenderá una valoración general de la situación y estado de cada uno de los componentes en cada instalación.

También se deberá realizar un análisis funcional de las instalaciones, estableciendo los tipos de vía de acuerdo a lo establecido en la ITC-EA-02 del Reglamento de eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado exterior, niveles de iluminación existentes, flujo hemisférico superior instalado, uniformidades, cumplimiento del REBT-ITC-09.

Del mismo modo se realizará el análisis energético, teniendo en cuenta los parámetros de consumo y obteniendo los índices de eficiencia energética actuales de acuerdo a al ITC-EA-01 del Reglamento de eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado exterior.

4.- Propuesta de mejoras

El análisis de los datos recogidos permite identificar las medidas para ahorrar energía y definir propuestas concretas para implantar dichas medidas. Estas propuestas pueden ser de diferentes tipos: Las que no conllevan una inversión (regulación y programación, mantenimiento, etc..) y aquellas que se necesitan una inversión (sustitución de equipos, etc..). Para cada propuesta se calcula su rentabilidad (plazo de amortización de la inversión) y en su caso, se indican otro tipo de mejoras no económicas. Las posibles mejoras serán valoradas en términos energéticos y económicos.

Beneficios obtenidos al realizar la auditoría energética:

- Optimizar el consumo de energía, lo que implica una disminución de costes. Al aumentar la eficiencia energética del Alumbrado Público Exterior, se consigue ahorrar energía eléctrica en los municipios. Entre otros:

Es posible evitar sobredimensionamientos, reduciendo la potencia de lámparas y equipos en instalaciones con niveles de iluminación excesivos.

Evitar sobrecargas de la instalación. Un crecimiento incontrolado de la potencia eléctrica instalada provoca un aumento del consumo eléctrico debido a pérdidas de calor de la instalación, caída de tensión y sobrecarga de equipos de regulación.

- Identificar costes que de otro modo permanecerían ocultos.

En las instalaciones existen muchos equipos que debido a su antigüedad o a la ausencia de un plan sistemático de mantenimiento suponen pérdidas de energía, en las que es difícil reparar a la hora de cuantificar costes. Como pueden ser derivaciones a tierra de las instalaciones; luminarias de alumbrado público excesivamente sucias; luminarias tapadas por árboles...

- Aumentar del tiempo de vida de los equipos.

Al asegurar que los distintos equipos trabajan en unas condiciones de mayor rendimiento, conseguimos alargar la vida útil de las instalaciones, retrasando la necesidad de compra de equipos nuevos.

- Reducción de las emisiones de CO₂ y otros contaminantes.

Al disminuir el consumo de energía también reducimos la emisión de gases de Efecto Invernadero y de otras sustancias contaminantes a la atmósfera (NO_x, SO₂, etc.), contribuyendo a la reducción del impacto sobre Calentamiento Global.

- Compromiso del Ayuntamiento con el Medio Ambiente.

Al disponer de una instalación energéticamente eficiente y respetuosa con el Medio Ambiente, se está contribuyendo a la Sostenibilidad del Planeta, un valor añadido del municipio (Agenda 21). Reducción de la contaminación lumínica (reducción del flujo luminoso emitido al hemisferio superior y de la luz intrusa).

6 MEDIDAS GENERALES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGETICA DE LAS INSTALACIONES

6.1 Adecuación de los sistemas de encendido

Las medidas a tomar respecto a la optimización de los sistemas de encendido son las siguientes:

1. Los sistemas de accionamiento garantizaran que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión, cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

2. Para obtener ahorro energético en casos tales como instalaciones de alumbrado ornamental, anuncios luminosos, espacios deportivos y áreas de trabajo exteriores, se establecerán los correspondientes ciclos de funcionamiento (encendido y apagado) de dichas instalaciones, para lo que se dispondrá de relojes astronómicos o sistemas equivalentes, capaces de ser programados por ciclos diarios, semanales, mensuales o anuales.

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. [REEIAE]

El uso de un reloj astronómico o sistema centralizado permite realizar un ajuste mayor sobre las horas de encendido de la instalación, siendo sistemas precisos y exactos que además permiten la introducción de pequeños ajustes en función de la ubicación en el término municipal de cada cuadro de mando y protección.

6.2 Mejora del factor de potencia

Las instalaciones con lámparas de descarga presentan un consumo de energía reactiva que representa un incremento sobre la factura que puede llegar al 45%. Mediante una correcta instalación de condensadores puede obtenerse una reducción de costes importante.

Por definición, el factor de potencia ($\cos \phi$), es el resultado de dividir la potencia consumida (potencia activa, medida en W) entre el producto de la tensión por la intensidad (potencia aparente, medida en VA).

$$\cos \varphi = \frac{P(W)}{V \cdot I}$$

El cálculo de los condensadores necesarios en una instalación de lámparas de descarga estabilizadas mediante balastos inductivos, para una compensación con condensador en paralelo con el equipo de la lámpara, se hace utilizando las formulas siguientes:

Datos de inicio (que pueden medirse normalmente):

U Tensión de red en V.

P Potencia absorbida por la línea en W.

I Intensidad de línea en A.

Cálculo del condensador C en microfaradios:

$$C = \frac{I_L \cdot \cos \varphi_1 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_1} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_2} - 1} \right)}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U} \cdot 10^6$$

Siendo:

C Condensador en microfaradios.

U Tensión de la línea en V.

I_L Intensidad de la lámpara en A.

f frecuencia de la línea, en Hz.

π número pi, igual a 3.1416.

$\cos \varphi_1$ Factor de potencia en inductivo.

$\cos \varphi_2$ Factor de potencia que se pretende conseguir.

El factor de potencia de la instalación se puede mejorar realizando un correcto mantenimiento de los equipos y condensadores instalados, realizando las sustituciones adecuadas cuando resulte necesario.

El factor de potencia de la instalación también se puede mejorar mediante la instalación de equipos electrónicos para el encendido y funcionamiento de las lámparas ya que estos equipos no introducen componente inductiva.

6.3 Sistemas de regulación del flujo luminoso

De acuerdo a lo establecido en el Apartado 6 de la ITC-EA-04 del Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, las instalaciones de alumbrado exterior, 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.

Estos 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.

A continuación se analiza el funcionamiento de cada uno de los equipos a fin de determinar su conveniencia a la hora de elegir uno de los métodos de regulación.

6.3.1 Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia

Como ya hemos visto el balasto es un dispositivo que limita el crecimiento de la intensidad de la corriente y suministra a la lámpara las características de tensión, de frecuencia y de potencia adecuadas a un funcionamiento estable. El balasto es así un elemento limitante de intensidad que evita la autodestrucción de la lámpara porque tiene tendencia a incrementar la intensidad durante su funcionamiento y permite un régimen de trabajo.

El funcionamiento del balasto electromagnético tiene asociado un consumo energético importante. Éste puede llegar a ser del orden del 20% del consumo de la lámpara.

Este sistema está basado en una reactancia que posibilita variar la impedancia del circuito mediante un relé exterior, reduciendo la intensidad que circula por las lámparas y consiguiendo ahorros que varían entre un 20 y 35 % aproximadamente en función del tipo de lámpara sobre la que actúen. La orden de activación viene dada por un hilo de mando o por un temporizador interno.

Constan de un arrollamiento con una toma intermedia de forma que entre un extremo y la toma se tiene un número de espiras tal que la impedancia es nominal, por lo que la lámpara funcionará normalmente dando sus parámetros nominales de intensidad, tensión y potencia.

Entre la toma y el otro extremo se han arrollado un número de espiras tal que la impedancia total del balasto aumenta su valor, por lo que disminuyen los valores de intensidad, potencia y flujo luminoso en la lámpara, así como la potencia total absorbida.

Ello se puede aprovechar para conseguir un ahorro energético reduciendo el nivel de iluminación a ciertas horas donde no es necesario un elevado nivel de iluminación para una buena visibilidad.

El régimen de funcionamiento del equipo es el siguiente:

A una hora determinada del día, bien por telemando, por célula fotoeléctrica u otro sistema, se conectan los puntos de luz utilizando las conexiones de la reactancia a nivel nominal por lo que las lámparas darán su máximo nivel de iluminación.

Pasadas unas horas se conmuta mediante un relé la conexión intermedia de la reactancia de forma que en serie con la lámpara queda la impedancia total de la misma, por lo que se reducirá su nivel de iluminación. El esquema de funcionamiento se puede ver en la figura 6.1.

Normalmente las reactancias de doble nivel se conexionan de forma que para el encendido de las lámparas o funcionamiento a nivel máximo la línea de mando debe estar con tensión.

Para reducir el nivel, se debe quitar la tensión de la línea de mando, esto es debido a que normalmente es mayor el número de horas que se trabaja a nivel mínimo y así el relé no está excitado por lo que disminuimos su consumo.

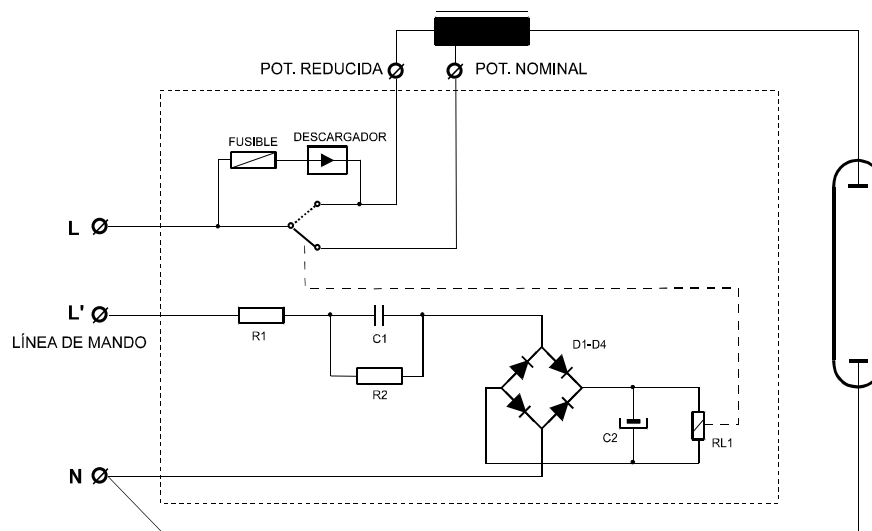


Figura 6.1. Funcionamiento equipo de Doble Nivel. Fuente: LAYRTON 2015.

La conmutación de nivel se puede realizar de dos formas:

- Mediante un relé conectado en cada reactancia. Este relé está alimentado por una línea de mando gobernada por un contactor desde el cuadro de control donde hay instalado un reloj que determina la hora en la que debe conmutar.
- Una versión diferente de este sistema es la denominada “sin línea de mando”, en la que se ha dotado al relé de conmutación de un temporizador con retardo a la conexión, de forma que, al cabo de un tiempo predeterminado a partir de la puesta en servicio del alumbrado, se conmuta automáticamente a la posición de nivel reducido.

Para ambos tipos de funcionamiento, un aspecto muy importante a tener en cuenta es la necesidad de que el encendido de la lámpara se realice con la impedancia nominal de la reactancia y por tanto, con nivel máximo de iluminación.

La ventaja de este sistema frente a otros es su robustez de funcionamiento, es decir que tiene una probabilidad baja de sufrir averías. Otra ventaja frente a los sistemas de regulación en cabecera es que permite obtener la reducción máxima permitida por la lámpara ya que no se ve afectado por las caídas de tensión en la línea.

Por el contrario presentan como inconveniente el hecho de que cuando las lámparas están envejecidas, no soportan el cambio brusco de corriente y el arco puede extinguirse. En la práctica esto supone una vida útil de lámpara menor.

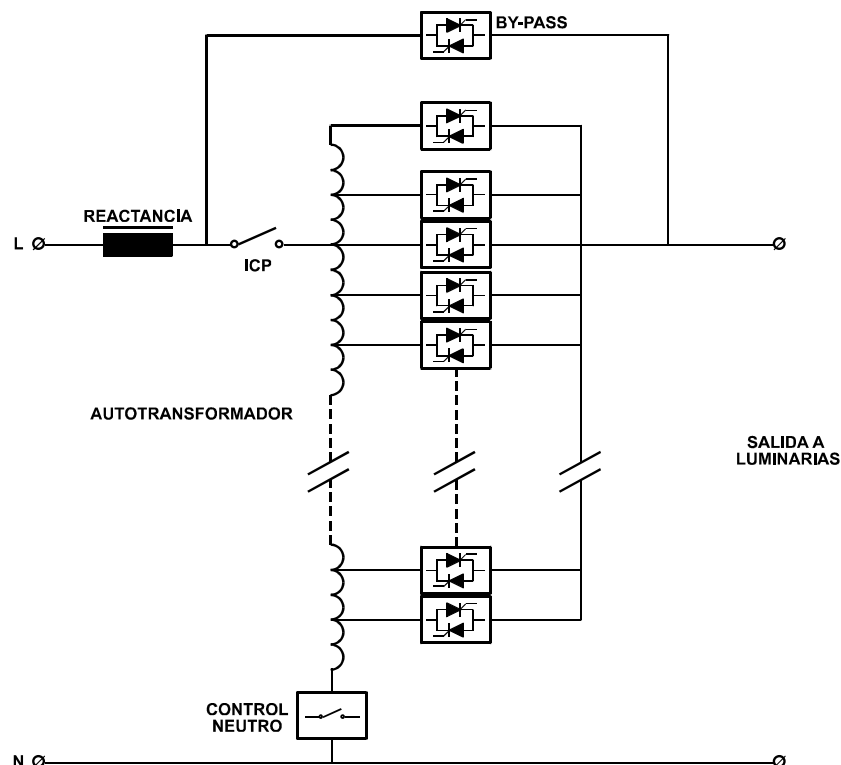
Los balastos de tipo choque tienen como característica una mala regulación frente a las variaciones de la tensión de alimentación. Esto implica que cuando la tensión de red es superior a la tensión de diseño del balasto, se producen sobre potencias en red y los ahorros son inferiores a los teóricos esperados. Las sobre potencias en red están directamente relacionadas con sobre potencias en las lámparas y con la reducción de la vida útil de éstas.

6.3.2 Reguladores - estabilizadores en cabecera de línea

En el caso de los Reguladores – estabilizadores en cabecera de línea, estos son equipos que se instalan en el cuadro de mando y protección. Estos equipos regulan la tensión de salida normalmente a través de un robusto estabilizador de tensión con autotransformador mediante salidas directas controladas por relés de potencia, o bien sistemas controlados por semiconductores.

Un esquema básico de funcionamiento podría ser el que se recoge en la figura 6.2. Como puede apreciarse, consiste en variar la tensión de salida o de alimentación de las luminarias, seleccionando distintas tomas de un autotransformador en función de la tensión de la red, para obtener una tensión estabilizada en cualquiera de los dos niveles de funcionamiento:

Nivel máximo o de plena potencia y nivel reducido o segundo nivel para el ahorro de energía.



Los reductores de flujo están previstos para funcionar a régimen continuo. No obstante se recomienda desconectar de la red durante las horas en que la iluminación no funciona, evitando de esta forma su reducido consumo en vacío.

La conexión y desconexión de la red se realiza diariamente por un contactor controlado por un interruptor crepuscular o por un interruptor horario astronómico instalado en el cuadro de alumbrado. Los regímenes de funcionamiento de los reguladores son los siguientes:

- Régimen de arranque: Desde el momento de la conexión a la red, los reguladores de flujo inician su ciclo de funcionamiento con una tensión de arranque ligeramente superior a la necesaria por los ignitores de encendido del equipo de iluminación, consiguiendo un suave arranque de las lámparas y limitando los picos de intensidad de arranque en los balastos y líneas de alimentación.

Este valor de tensión de arranque se mantiene durante un tiempo programable (desde unos segundos hasta varios minutos), transcurrido el cual el equipo varía la tensión de salida hasta quedar estabilizada en el nivel correspondiente (normal o reducido)

Con 6 minutos aproximadamente de tiempo de arranque se consigue la estabilización después del encendido de las lámparas de VSAP. Con 12 minutos de tiempo de arranque, se garantiza el reencendido adecuado de lámparas de VM y halogenuros metálicos.

- Estabilización a régimen normal: Normalmente se puede elegir un pequeño rango de tensiones de salida, dependiendo del grado de envejecimiento de las lámparas, de su tensión nominal y del ahorro adicional que se quiera conseguir en el caso de nuevas instalaciones. El proceso sería el siguiente:

Cuando toda la instalación tiene lámparas nuevas, se puede programar un régimen normal a 210 V. Pasado el primer tercio de la vida útil, se puede cambiar a 215 V. Pasados dos tercios de la vida útil de las lámparas se puede volver a cambiar a su tensión nominal. De esta forma se mantiene prácticamente uniforme el flujo luminoso de la instalación durante toda la vida de las lámparas

- Estabilización a régimen reducido: Una orden externa, generada por un elemento de control (interruptor crepuscular o interruptor horario astronómico) fija el nivel de iluminación en función de las horas a régimen normal o régimen reducido.

La velocidad de variación de la tensión de salida, cuando se cambia de régimen normal a régimen reducido o viceversa se realiza de forma lenta (alrededor de 6 V por minuto), de manera lineal en los equipos de variación continua y con pequeños saltos en los modelos de variación escalonada. De esta forma se garantiza el perfecto comportamiento de las lámparas sin deterioro de su vida.

Las tensiones de régimen reducido oscilan entre 175 V para VSAP y 195 V para VM.

El régimen reducido puede ser mantenido hasta la hora de apagado del alumbrado o retornar al régimen normal en las primeras horas de la mañana.

Estas tensiones se pueden programar con un pequeño incremento (por ejemplo 5 V) a fin de corregir una iluminación escasa o caídas de tensión importantes en las instalaciones de alumbrado.

La ventaja principal de estos equipos frente a las reactancias electromagnéticas de doble nivel es que soluciona los problemas producidos por la inestabilidad de la red ya que durante las horas de régimen normal estabilizan la tensión de alimentación de la línea. En las horas de régimen reducido disminuyen la tensión a todas las luminarias, consiguiendo un ahorro adicional.

El hecho de estar instalados en cabecera de línea, hace que su incorporación tanto en instalaciones de alumbrado nuevas como las ya existentes sea sencilla (no se precisa intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado) y facilita el acceso para su mantenimiento.

La instalación de un estabilizador de tensión y reductor de flujo en cabecera de línea (en adelante reductor de flujo) evita excesos de consumo en las luminarias, prolonga la vida de las lámparas y disminuye la incidencia de averías.

A modo de resumen, las ventajas de los estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera de línea son:

- Prolonga la vida de las lámparas.
- Disminuye el coste de mantenimiento.
- Mantiene la uniformidad del alumbrado.
- Evita excesos de consumo (nivel nominal).
- Disminuye el consumo hasta el 40 % (nivel reducido).
- Rápida amortización.

Por el contrario, también presentan algunos inconvenientes:

- Necesitan elevado espacio en el cuadro de mando para su instalación.
- Suelen sufrir averías que además afectan a toda una fase de salida.
- Las redes de distribución a los puntos de luz deben estar óptimamente diseñadas ya que de lo contrario la caída de tensión existente en punta no permite obtener los máximos ahorros en la regulación de flujo. Debido a este motivo necesitan ser reajustados con el tiempo porque la reducción de la vida útil de las luminarias puede provocar que para un porcentaje de ajuste inicial para la reducción de flujo adecuado se apaguen las farolas en punta de línea.

6.3.3 Equipos electrónicos con reducción de flujo.

En el caso de los equipos electrónicos con reducción de flujo, además de conseguir una ventaja por menor consumo al tener menores pérdidas propias que el balasto electromagnético, permiten mediante la programación de diferentes niveles de potencia, reducir la potencia consumida y el flujo luminoso, como los dispositivos descritos anteriormente.

Se comportan como un estabilizador perfecto de la potencia de lámpara, en ambos niveles de funcionamiento frente a variaciones de la tensión de la red. Además se caracterizan por mantener un alto factor de potencia.

Estos balastos son unidades compactas, que no necesitan para el funcionamiento de la lámpara componentes adicionales como arrancadores y condensadores para la corrección del factor de potencia.

El paso a nivel reducido se puede realizar de diversas formas:

Por temporización seleccionable a partir de la puesta en marcha (Temporización fija).

Por doble temporización, teniendo como origen el centro del período nocturno (Temporización por programa) [ELT, 2016]

Las características generales de estos equipos son las siguientes:

- Son equipos compactos: sustituye a balasto, arrancador y condensador, lo que implica menos cableado (sencillez de instalación) al no necesitar otros equipos auxiliares para funcionar.
- No es necesario por tanto el reemplazo de condensadores como con los equipos electromagnéticos.
- Intensidad de arranque controlada
- Alto factor de potencia en los dos niveles ($\cos \varphi = 0,99$)
- Bajo nivel de armónicos en red
- Estabilización de potencia frente a variaciones de la tensión de red, con lo que se consigue alargar la vida de las lámparas.
- Confort porque se produce un arranque suave, evita los parpadeos, confort visual
- Nivel de luz uniforme en todos los puntos de luz
- Compatible con sistemas de telegestión.

Permiten una amplia regulación, hasta el 60 % de la potencia consumida en las lámparas convencionales (40% en halógenos) y hasta un 80% en el caso del LED

6.4 Sustitución de las lámparas o luminarias por otras más eficientes.

La elección de la luminaria/fuente de luz y su posibilidad de regulación, juega un papel fundamental en la consecución de una instalación eficiente.

El estudio inicial de la instalación actual determinará en función de la eficiencia del conjunto luminaria – lámpara las mejoras a aplicar.

Para determinar el rendimiento de la luminaria se tendrá en cuenta la fotometría proporcionada por el fabricante donde se indica la distribución fotométrica, el rendimiento, el FHS, etc.

Las actuaciones que permitirán la sustitución de lámparas y o luminarias por otras más eficientes son las siguientes:

- Adaptación de niveles al Reglamento de Eficiencia Energética.
- Mejor percepción visual mediante la instalación de lámparas con mejor reproducción cromática.
- Limitación del FHS y de la luz intrusa, lo que permite que toda la luz emitida por la luminaria se dirija a las áreas que se pretende iluminar y por tanto sea posible ajustar la potencia instalada a las necesidades reales de iluminación.

Como ejemplo se indican dos posibles medidas en función del caso de estudio:

Instalación con lámparas de VSAP de elevada potencia con niveles de iluminación excesivos: Sustitución por lámparas de Halogenuros metálicos cerámicos de menor potencia que tienen un mayor índice de reproducción cromática por lo que se mejora la percepción visual permitiendo ajustar los niveles al REEAE.

Instalación con Halogenuros metálicos cerámicos instalados en luminarias con eficiencia < 65 %: Sustitución de luminaria completa por otras de mayor eficiencia con tecnología LED que permitan mantener una buena reproducción cromática y niveles adecuados disminuyendo en un porcentaje elevado la potencia instalada.

6.5 Análisis y adecuación de la factura eléctrica

La facturación eléctrica se compone fundamentalmente por tres conceptos sobre los que es posible actuar para conseguir ahorros económicos en la misma:

Término de potencia

Este término es proporcional a la potencia contratada. Su valor es igual al producto de la mencionada potencia, expresada en kW, por el precio unitario en vigor de cada kW en la modalidad de contratación escogida.

Existen dos maneras de controlar la potencia, mediante ICP (Interruptor de control de Potencia) o mediante un máxímetro. Según se utilice un dispositivo u otro, la facturación del término de potencia se realizará de una manera u otra .

- En el caso de que se utilice un ICP, la potencia de facturación coincidirá con la potencia de contratación.

- En el caso de que se utilice un maxímetro, la potencia a facturar se calculará de la siguiente manera:

a) Si la potencia registrada por el maxímetro está comprendida dentro del intervalo del 85 al 105 % respecto a la potencia contratada, dicha potencia registrada será la potencia a facturar

b) Si la potencia registrada es superior al 105 % de la potencia contratada, la potencia a facturar será igual al valor registrado más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105 % de la potencia contratada.

c) Si la potencia registrada es inferior al 85 % de la potencia contratada, la potencia a facturar será igual al 85 % de la potencia contratada.

Por lo tanto es importante ajustar la potencia contratada a la demandada por la instalación para no pagar recargos por excesos de potencia consumida.

Término de energía

Este término es proporcional al consumo de energía eléctrica existente. Su valor es igual al producto del número de kWh consumidos por el precio del kWh que vendrá en función a la tarifa contratada y la Compañía Comercializadora.

Complementos (recargos) por energía reactiva:

Las instalaciones con factores de potencia menores a 0,95 sufrirán recargos en la factura, siendo mayores estos, cuando el factor de potencia sea menor de 0,8.

Tabla con los precios del recargo a aplicar:

Cos φ	€/ kVAr
0,8 < Cos φ < 0,95	0,041554
Cos φ < 0,8	0,062332

Esto equivale a decir que todo lo que exceda el valor de la energía reactiva del 33% del valor de la energía activa, será cobrado como penalización (recargo = % Energía reactiva - Energía activa).

6.6 Mantenimiento de las instalaciones

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.

Un correcto mantenimiento de las instalaciones permite incrementar la vida económica y los rendimientos lumínicos. Es importante mantener limpiezas periódicas en las líneas de alumbrado y sustituciones adecuadas de las líneas.

Es imprescindible para un óptimo funcionamiento de la instalación un adecuado régimen de mantenimiento. Para ello se recomienda la elaboración de un Plan de Mantenimiento e Inspecciones en el que se detallarán tareas, periodicidad, planificación en cada sector del municipio y fechas de inicio y fin de dichas tareas en cada sector y que incluya, al menos, las siguientes labores:

- Conservación, mantenimiento y limpieza de los centros de mando, incluyendo todos sus componentes eléctricos y electrónicos, también de las acometidas a los mismos.
- Conservación y mantenimiento de los tendidos de cables subterráneos y aéreos, conexiones, cajas de empalme, cajas de fusibles, etc.
- Hacer un mantenimiento de las luminarias: limpiando los reflectores, los cierres de vidrio o policarbonato de las luminarias, y revisando las juntas de estanqueidad del grupo óptico; todo ello garantizará que la luz generada por las lámparas pueda llegar a su destino.
- Así como la revisión de todos los elementos para su correcto funcionamiento, tales como inclinación de la luminaria, fijación y sujeción de la misma, adecuado apriete de tornillos, tuercas, posición del porta lámparas, adecuación del cierre y estado de la junta, reactancias, condensadores, conexiones, porta lámparas, instalación eléctrica y elementos originarios que puedan faltar.

6.7 Aplicación de nuevas tecnologías al alumbrado público

6.7.1 Tecnología LED.

Uno de los elementos que se ha introducido con mayor relevancia y ha experimentado un mayor avance tecnológico en las instalaciones de alumbrado público

en los últimos años es la tecnología LED. Para poder determinar la conveniencia de la aplicación a estas instalaciones de esta tecnología vamos a ver cuales son sus principales características de funcionamiento y su implementación en la fabricación de luminarias para alumbrado público.

Se entiende por fuente de luz LED (Light Emitting Diode) como un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado correctamente. El diodo es un dispositivo que permite el paso de la corriente en una única dirección y su correspondiente circuito eléctrico se encapsula en una carcasa plástica, de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías. [CEI-IDAIE, 2014]

El LED, al ser un diodo y como elemento discreto, solamente funciona (emite luz) cuando es alimentado con una polarización correcta en sus bornes (patillas). Esto significa que funciona a corriente continua y que no pueden conectarse directamente a tensión de red. Por otro lado, debido a su resistencia interna muy baja, no pueden ser alimentados a voltajes altos, ya que la corriente que circularía por ellos sería tan elevada que los destruiría instantáneamente.

A continuación vamos a ver como se aplica esta tecnología en la fabricación de las luminarias que luego conformarán la instalación de alumbrado público. En primer lugar vamos a ver como se instala el LED en la luminaria:

Este LED puede tratarse de un elemento discreto encapsulado individualmente

Módulos LED que estarán formados por uno o varios LED individuales, pudiendo además incorporar otros elementos tales como circuitos impresos, disipadores térmicos, sistemas ópticos y conexiones eléctricas.

Una luminaria fabricada con tecnología LED estará formada por uno o varios módulos LED.

Por lo tanto la luminaria, además necesitará incorporar un Dispositivo de alimentación y control electrónico (“DRIVER”) para regular el funcionamiento de los módulos LED de forma que convierte la energía eléctrica de alimentación recibida por la luminaria proveniente de la red de suministro eléctrico a los parámetros necesarios para un correcto funcionamiento del sistema LED.

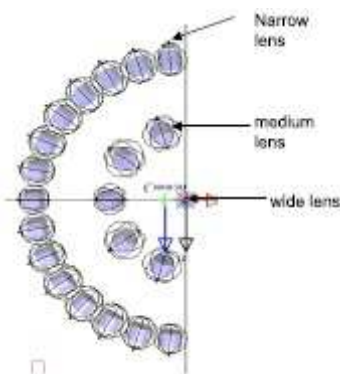
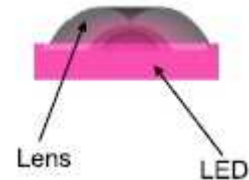
Al igual que con el resto de elementos eléctricos introducidos en una luminaria, éste ha de cumplir todas las normativas de seguridad vigentes a la que estén sujetos y que se ven reflejadas en el marcado CE de dicho elemento (rotura dieléctrica, aislamiento, etc.).

La vida de estos “drivers”, al estar constituidos principalmente por elementos electrónicos, va a depender de la temperatura que alcancen durante su funcionamiento y la temperatura del ambiente que los rodea. Los fabricantes de equipos están obligados a marcar un punto de medida y una temperatura T_{driver} . Esto significa que, solamente se garantizan las propiedades (consumo, vida, corriente suministrada, etc.) del “driver” si la temperatura superficial en el punto de medida se mantiene por debajo al valor T_{driver} marcado.

De igual manera, también están obligados a indicar el rango de temperatura ambiente T_a a la que puede funcionar el equipo.

La emisión de luz del LED es unidireccional, por lo tanto para su empleo en la fabricación de luminarias para alumbrado exterior, necesita de lentes para configurar la emisión del haz luminoso que emite la luminaria, esto se puede resolver de dos formas:

Con ópticas de ángulo ultra amplio, en las cuales todos los LED incorporan una misma óptica mediante lentes individuales, el patrón lumínico es creado por todas las ópticas que se implementan en un circuito plano, esto implica menores costes.



Mediante múltiples ópticas focalizadas, se implementan diferentes ópticas individuales, el patrón fotométrico de la luminaria, viene dado según las ópticas implementadas y su orientación y distribución en la placa base que integra los diferentes LED. Supone un mayor coste de fabricación. [SECE, 2010]

6.7.2 Ventajas de la iluminación LED

Larga vida útil.

Para asegurar una elevada durabilidad es muy importante el correcto estudio y diseño de la disipación del calor producido por el diodo dentro de la luminaria. Contar con un buen disipador garantiza un elevado número de horas de vida. La clave está en conseguir que exista una mayor superficie en contacto directo con el aire.

Actualmente se estima una vida útil del LED de unas 100.000 h, este parámetro depende de que se mantenga una temperatura de funcionamiento adecuada y varía en función de la corriente de alimentación de los LED.

El dato proporcionado por los fabricantes para indicar la vida útil de los LED se hace en función del parámetro L70 B50 o únicamente L70.

- L70 B50: Esta nomenclatura indica que, transcurridas las horas de vida señaladas, al menos en el 50% de los LED'S el flujo luminoso será del 70%
- L70: Se indica de este modo que, transcurridas las horas señaladas, el flujo luminoso será del 70% para el 100% de los LED'S. [ANFALUM, 2010]

Alta eficiencia energética

Debido a la extraordinaria y continuada evolución de los LED hacia la eficiencia energética, no se puede comparar el rendimiento lumínico del LED con su consumo.

Por este motivo no se mide su eficiencia con watts, sino con los cálculos de lúmenes por watt o lúmenes por LED.

Tipo de Luz	Eficacia media lm/W
Incandescencia	15
Halogenas	20
Halogenuros metálicos	70 - 90
Fluorescente	60 - 90
Sodio Baja Presión	120 - 150
Sodio Alta Presión	95 - 130
LED	90 - 120

Tabla 6.7.1: Eficacia de los tipos de lámpara actuales. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía, 2011.

Mayor reproducción cromática

La reproducción cromática está relacionada con el modo en que aparecen los objetos bajo una fuente de luz dada. La medida se llama "índice de reproducción cromática" o CRI.

Un CRI bajo indica que los objetos pueden parecer poco naturales bajo la fuente, mientras que una luz con un índice CRI alto permitirá que los colores de un objeto parezcan más naturales.

El valor máximo del CRI de una fuente es igual a 100. Cuanto más alto el valor, mejor es la reproducción cromática. Las fuentes de luz que proporcionan un CRI de más de 80 son consideradas excelentes para el reconocimiento del color.

Tipo de lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida (h)	IRC
Halogenuros metálicos	70 - 108	15.000	90
Fluorescente	60 - 90	8.000	80
Sodio baja presión	120 - 150	16.000	25
Sodio alta presión	95 - 130	28.000	45
LED	90 - 120	> 80.000	> 80

Tabla 6.7.1: comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación. Fuente: Agencia Andaluza de la Energía, 2011.

Este aspecto aplicado al alumbrado público urbano, es un factor que incide positivamente sobre el aspecto de seguridad ciudadana que lleva aparejado este tipo de instalaciones, ya que favorece el reconocimiento facial y mejora la percepción del entorno, lo que contribuye a una sensación mayor de seguridad para el ciudadano.

Mayor eficacia en lúmenes visuales efectivos (VELS)

El ojo tiene dos células sensitivas en la retina conocidas como fotorreceptores, llamados por su forma conos y bastones.

- Conos procesan la información visual durante el día con niveles de luz fotópicas
- Bastones se utilizan en la oscuridad, en condiciones llamadas escotópicas

De acuerdo a esto, la luz visible por el ojo humano puede definirse como cualquier radiación capaz de actuar sobre la retina del ojo humano y que causa una sensación visual, por la composición de este órgano que hemos definido se diferencian dos tipos de visiones, la fotópica y la escotópica.

Cada simple radiación se diferencia de otras por su frecuencia, es decir su longitud de onda. La parte visible del espectro abarca el rango relativamente estrecho de entre 380 nm y 780 nm.

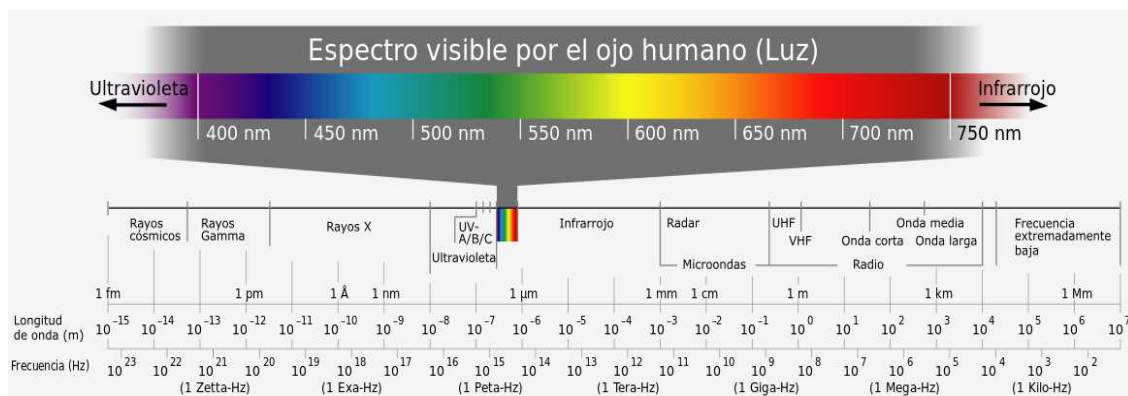


Figura 6.7.1: Espectro visible por el ojo humano. Fuente: CPER, 2015

La representación de una radiación por su longitud de onda es generalmente aceptada, porque la longitud de onda puede ser medida con gran precisión.

Dentro del espectro visible por el ojo humano, la visión fotópica tiene una fuerte sensibilidad a los colores rojos mientras que la escotópica es más sensible a los azules:

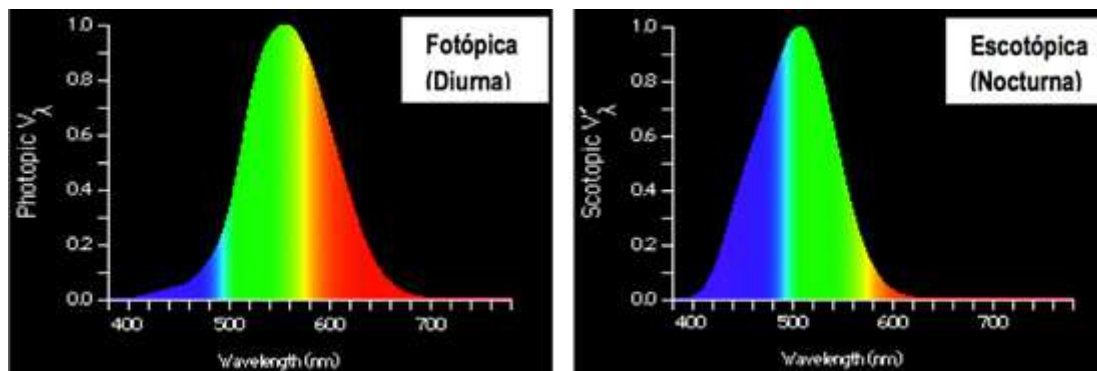


Figura 6.7.2: Tipos de visión por el ojo humano. Fuente: CPER, 2015

Puesto que en un principio se consideró que estas curvas eran independientes y además excluyentes (sólo podía estar presente una de ellas a la vez), los medidores de luz que utilizamos actualmente para medir lúmenes, luxes, candelas, etc., se ajustan a la curva diurna o fotópica puesto que la mayoría de tareas visuales que realizamos las desempeñamos con niveles de iluminación elevados. Sin embargo, a finales de los años 80 un estudio realizado por los Doctores Sam Berman y Don Jewett demostró que los roles de los conos y los bastones no son excluyentes, sino que en realidad comparten la responsabilidad en función de las condiciones de iluminación.

La denominada visión mesópica es la visión intermedia (situada entre la fotópica y la escotópica) que se da en situación de iluminación, que sin llegar a ser de oscuridad total, no llegan a ser la luz que tenemos en un día a pleno sol. Es el tipo de visión empleada en condiciones de luz artificial, donde actúan los conos y bastones del ojo.

La mayoría de espacios nocturnos exteriores y de iluminación de alumbrado público, se encuentran dentro del rango mesópico.

Las fuentes de luz con un ratio alto entre Esc/Fot. Proporcionan una visión más aguda tanto en interior como en exterior. El uso de LED permite componer un espectro cromático óptimo que favorece la percepción de los contrastes y optimiza el rendimiento luminoso mesópico. De este modo, gracias a esto una bombilla de LED con los mismos lúmenes que una de vapor de sodio, proporciona una visión real hasta 3 veces superior.

El ratio de luminosidad escotópica (o lúmenes) versus luminosidad fotópica en una lámpara es el llamado Esc/Fot ratio S/P en inglés, que es un multiplicador que determina el brillo aparente de una fuente luminosa y con lo que se obtienen los llamados lúmenes visuales efectivos LVEs o (VELS en inglés)

Como ejemplo una lámpara de vapor de sodio cálida posee un factor de 0.62, por lo que si posee 10000 lúmenes al multiplicarla por 0,62 el resultado sería de 6200 VELs (lúmenes visuales efectivos) en cambio una lámpara de LED con 5000K de 5000 lúmenes posee un ratio de 1.96 con lo que sus VELs serían de 9800.

La fotometría convencional es importante para instaladores y sus clientes para conseguir el mejor emplazamiento y asegurar la máxima eficiencia en los sistemas de iluminación.

El problema es que la fotometría comercial solo considera la luminosidad fotópica cuya función fue establecida en 1924 por la International Commission on Illumination (CIE), en estos momentos se reconoce que se ha subestimado como el azul y el violeta al final del espectro, donde el ojo cambia a condiciones escotópicas, contribuye a la percepción de luminosidad.

Investigadores en el Rensselaer Polytechnic Institute's Lighting Research Center (LRC) han desarrollado un "Sistema unificado de Fotometría" el cual integra la eficiencia escotópica mesópica y fotópica en un sistema de medición que puede ser usado a cualquier nivel lumínico perceptible al ojo humano.

Menor mantenimiento comparado con las fuentes de luz convencionales

Otra de las ventajas de la tecnología LED es que no se funde, sino que sufre una degradación del flujo luminoso. Se considera que la vida útil del LED termina en el momento en que se reduce su luminosidad más de un 70% de su valor inicial.

La iluminación LED fue ideada como una tecnología duradera con los mínimos costes de mantenimiento. La tasa de fracaso de los productos LED con anterioridad a las 6.000 horas de uso se encuentra alrededor del 1%, en comparación con el 10% que presenta la iluminación convencional durante un período de tiempo de uso similar.

Las luminarias LED duran muchas veces más que las fuentes de luz convencionales por lo que no es necesario invertir en repuestos constantemente. Se eliminan costos de mantenimiento periódicos, lo que mejora la rentabilidad de la instalación.

Encendido instantáneo

El LED tiene el encendido más rápido comparado con fuentes de luz convencionales. Siendo otra de las características de los LEDs que su vida no se reduce por las repetidas acciones de encendido y apagado.

Luz directa

La luz del LED es totalmente direccional, por lo que no existen pérdidas lumínicas por reflexión. Esto contribuye notablemente a aumentar la eficiencia y rentabilidad de las luminarias.

Menor Impacto ambiental

La tecnología LED no emplea mercurio, plomo, metales pesados u otros materiales contaminantes que se deban eliminar al final de su vida útil. Por el contrario las lámparas de descarga convencionales contienen pequeñas cantidades de mercurio, que si no son eliminadas correctamente representan un grave de contaminación ambiental.

La ausencia de elementos contaminantes facilita su reciclaje, permitiendo el reemplazo de los componentes individualmente y minimizando de esta manera, tanto el tamaño como la complejidad del flujo de desechos. Todo ello deriva en un reciclado más eficaz, sencillo y mucho menos costoso.

Con los LED, dotados de una emisión unidireccional se minimiza la contaminación atmosférica.

Temperatura de color de los LED

En el caso de la lámpara LED existe una amplia variedad de temperaturas de color, debida a las diferentes composiciones del diodo PN y a sus distintos recubrimientos fluorescentes.

Aunque este parámetro no tiene relación directa con la temperatura, la vida o la depreciación, sí tiene relación con el flujo emitido por los LED y sobre todo con el efecto final que se obtendrá en una instalación en exterior.

Normalmente, los LED de color blanco se generan a partir de LED de color azul a los que se añaden una serie de fósforos en el encapsulado que absorben la radiación ultravioleta y emiten luz blanca en frecuencias visibles.

En función de la cantidad de fósforos y el tipo de éstos, se consigue que la luz blanca sea más o menos fría, o lo que es lo mismo, con más o menos temperatura de color. De esta manera se pueden conseguir LED de luz blanca con temperaturas de 6.000 K (luz fría), 5.000K, 4.000K, 3.500K o incluso de 2.700K (luz cálida).

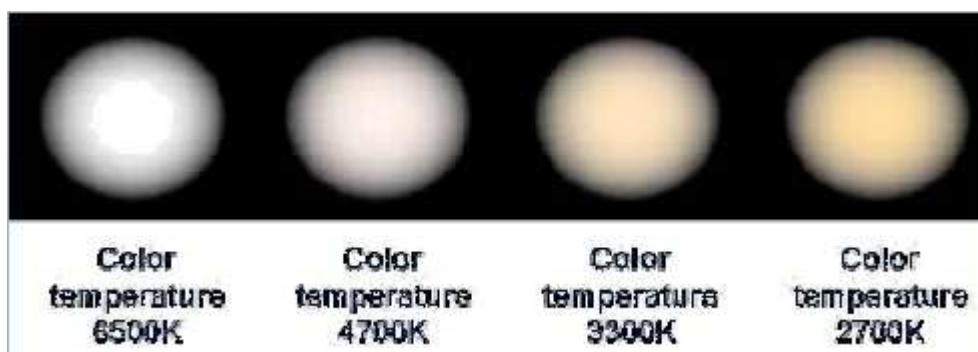


Figura 6.7.3: Temperaturas de color del LED. Fuente: ANFALUM,2010

La eficacia luminosa aumenta con la temperatura de color, debiendo elegirse ésta del compromiso resultante entre esa eficacia y la creación de un ambiente luminoso confortable.

Por regla general, cuanto más cálida sea la luz blanca conseguida (y por tanto más fósforos se hayan empleado), el índice de reproducción cromática IRC también mejora en proporción directa. Y por el contrario, si la luz blanca generada es muy fría (con pocos fósforos y luz cercana al azul), el IRC será bastante más pobre.

En resumen:

LED blancos fríos	Temperaturas de color altas	Mayores eficiencias	Menor Índice de Reproducción Cromática
LED blancos cálidos	Temperaturas de color bajas	Menores eficiencias	Mayor Índice de Reproducción Cromática

Lo ideal sería emplear una temperatura de color de 2.500 K, pero lo práctico es tomarla de 4.000 K, porque su mayor eficacia luminosa hace que se consuma aproximadamente un 20% menos de energía. Por encima de esta temperatura de color, el ambiente lumínico es desagradable y no natural y, para valores altos, puede producir efectos distorsionadores de la percepción visual.

6.7.3 Inconvenientes de la iluminación LED

Pese a sus numerosas ventajas, esta tecnología también presenta algunos inconvenientes que se enumeran a continuación:

- Uno de los inconvenientes fundamentales de los LED es la necesidad de gestionar adecuadamente la temperatura de trabajo, este es un elemento clave para el funcionamiento de los LED.

Los parámetros de vida y eficiencia dados por los fabricantes de LED individuales están calculados en condiciones nominales de 25°C, pero durante el funcionamiento del LED en una luminaria este se calienta y el flujo emitido y su vida útil se podrían ver reducidos por efecto de la temperatura.

La principal causa de la depreciación del flujo luminoso de un LED es el calor generado en el interfaz de unión del LED. Al no emitir radiación infrarroja (IR), el calor producido en el proceso de generación de luz, debe ser disipado por conducción o convección.

Un aumento continuo de la temperatura de funcionamiento podría provocar dos efectos:

- Una depreciación del flujo emitido

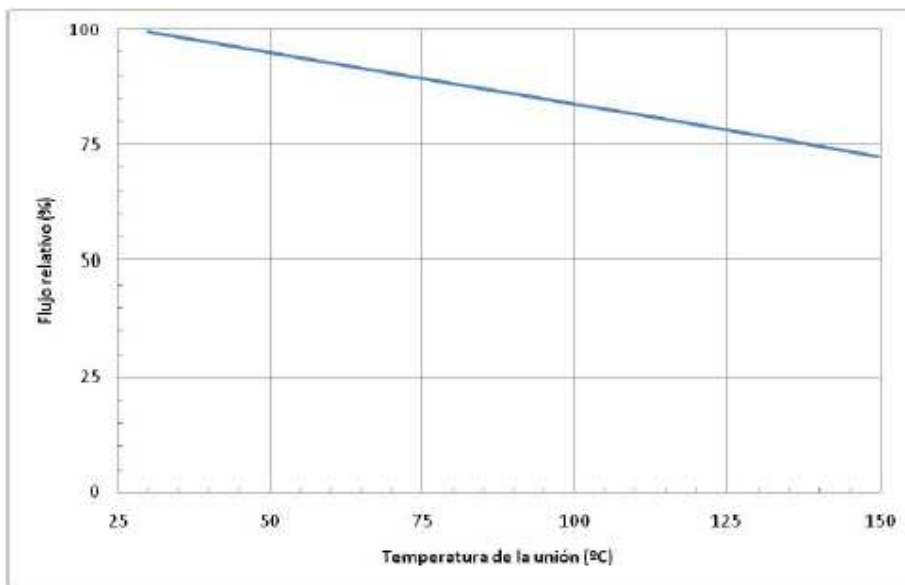


Figura 6.7.4: Depreciación del flujo emitido por el LED en función de la Temperatura de la Unión. Fuente: ANFALUM, 2010

- Una depreciación permanente del flujo máximo:

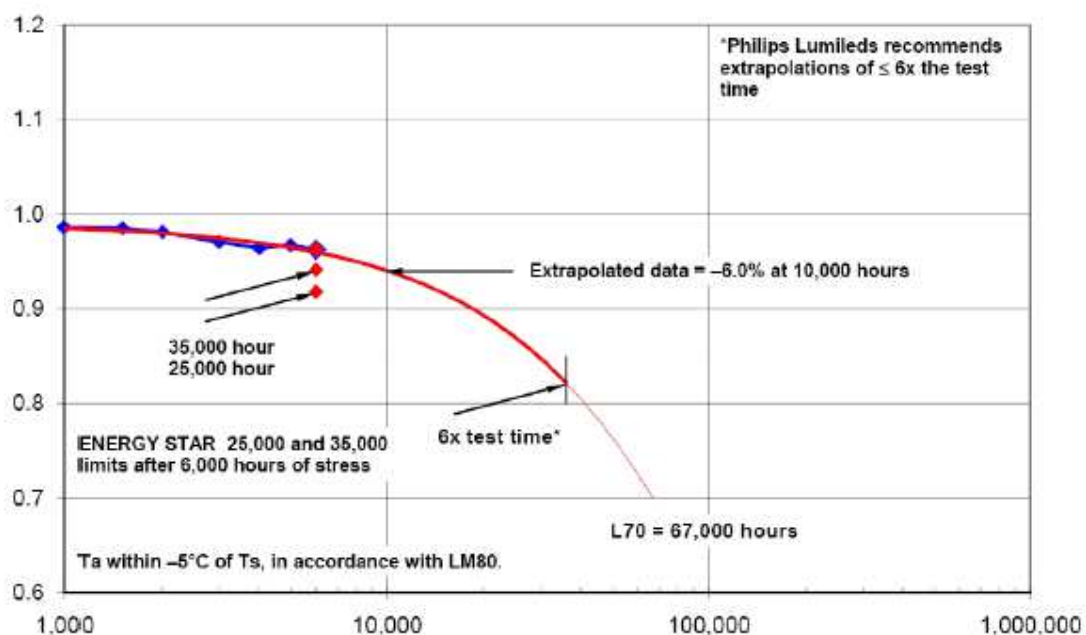


Figura 6.7.4: Depreciación del flujo emitido por el LED en función de la Temperatura de la Unión. Fuente: ANFALUM, 2010

Para evitar este hecho es necesario que el diseño mecánico tenga en cuenta y resuelva de forma adecuada la disipación del calor para garantizar que los LED trabajen a temperatura óptima.

También se debe tener en cuenta en el diseño del disipador la temperatura ambiente, pues el alumbrado público a menudo se encuentra con temperaturas extremas.

Cuanto mejor sea la disipación de calor, más larga será la vida del LED y mayor será el flujo luminoso emitido

- Otro aspecto importante es la selección de la corriente de funcionamiento, relacionada también con la temperatura. Un mismo LED puede funcionar con distintas corrientes de alimentación, cuanto mayores son estas menor es la vida del LED, aunque aumenta el nivel de lúmenes emitidos.
- También tienen el inconveniente de la necesidad de usar fuentes de alimentación estabilizadas.
- Sigue teniendo un precio elevado, aunque ya existen en el mercado productos competitivos.

6.7.4 Situación actual de los LED en aplicaciones de alumbrado exterior

Actualmente existen en el mercado un gran número de luminarias desarrolladas con esta tecnología, a fin de seleccionar adecuadamente una luminaria de este tipo, la organización CELMA (Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Fabricantes de Iluminación), cuyo miembro español es ANFALUM propone la presentación de los datos fotométricos de la siguiente manera:

- Fotometría referenciada a 1000 lúmenes y realizada con un goniómetro calibrado, de fabricante reconocido internacionalmente, siendo recomendable las mediciones realizadas en un gonio que mantenga la luminaria en su posición de trabajo, con la temperatura estabilizada, sin que existan corrientes de aire en la sala y a una temperatura ambiente de 25°C más menos 1°C.
- Obtención del flujo luminoso global emitido por la luminaria.
- Medida del consumo energético total de la luminaria en funcionamiento.
- Indicar el dato de eficacia de la luminaria en lum/W, siendo ambos valores los reales medidos. Es decir, los vatios consumidos por la luminaria incluidos los equipos transformadores y los lúmenes finales medidos por el fotogoniómetro.

La presentación de los datos de esta forma implica que la eficacia será un parámetro fundamental para la elección de qué luminaria LED se quiere instalar y dará cuenta no sólo de la calidad de la óptica, sino de la capacidad de disipar calor de la misma. Por lo tanto se deberá comprobar que en las fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes aparezcan los anteriores requisitos.

En algunos casos, se ha optado por un diseño modular para favorecer el mantenimiento, sustitución y disipación de calor de estos sistemas:



Es el caso por ejemplo de la luminaria Vmax de la empresa Carandini, donde en este caso el concepto de módulo incluye también el alojamiento de aluminio de cada uno de los sistemas integrados: fuente, disipador individual y óptica, dispuestos en grupos de 16 LED.

Estos módulos, instalados en la luminaria en mayor o menor número en función de la aplicación, respetan una cierta distancia entre ellos, creando vacíos en los que se generan corrientes de convección térmica que aceleran y favorecen la refrigeración del sistema, al tiempo que aumenta considerablemente de este modo la superficie de radiación.

En este caso se aprovecha de forma pasiva los tres fenómenos físicos de transferencia de temperatura: conducción, radiación y convección.

En este caso cada LED incorpora una lente individual que dirige su comportamiento fotométrico en función del diagrama escogido (la luminaria V-MAX ofrece hasta 8 distribuciones fotométricas diferentes, seleccionables en función de la aplicación).

Otros fabricantes como shreder proponen diferentes bloques ópticos en función de las necesidades:

Motores fotométricos que maximizan el flujo luminoso sobre la calzada gracias a una orientación minuciosa de los LED, como por ejemplo OrientoFlex que proporciona distribuciones fotométricas múltiples haciendo variar la orientación y el número de LED para ajustarse mejor a las necesidades de cada aplicación.

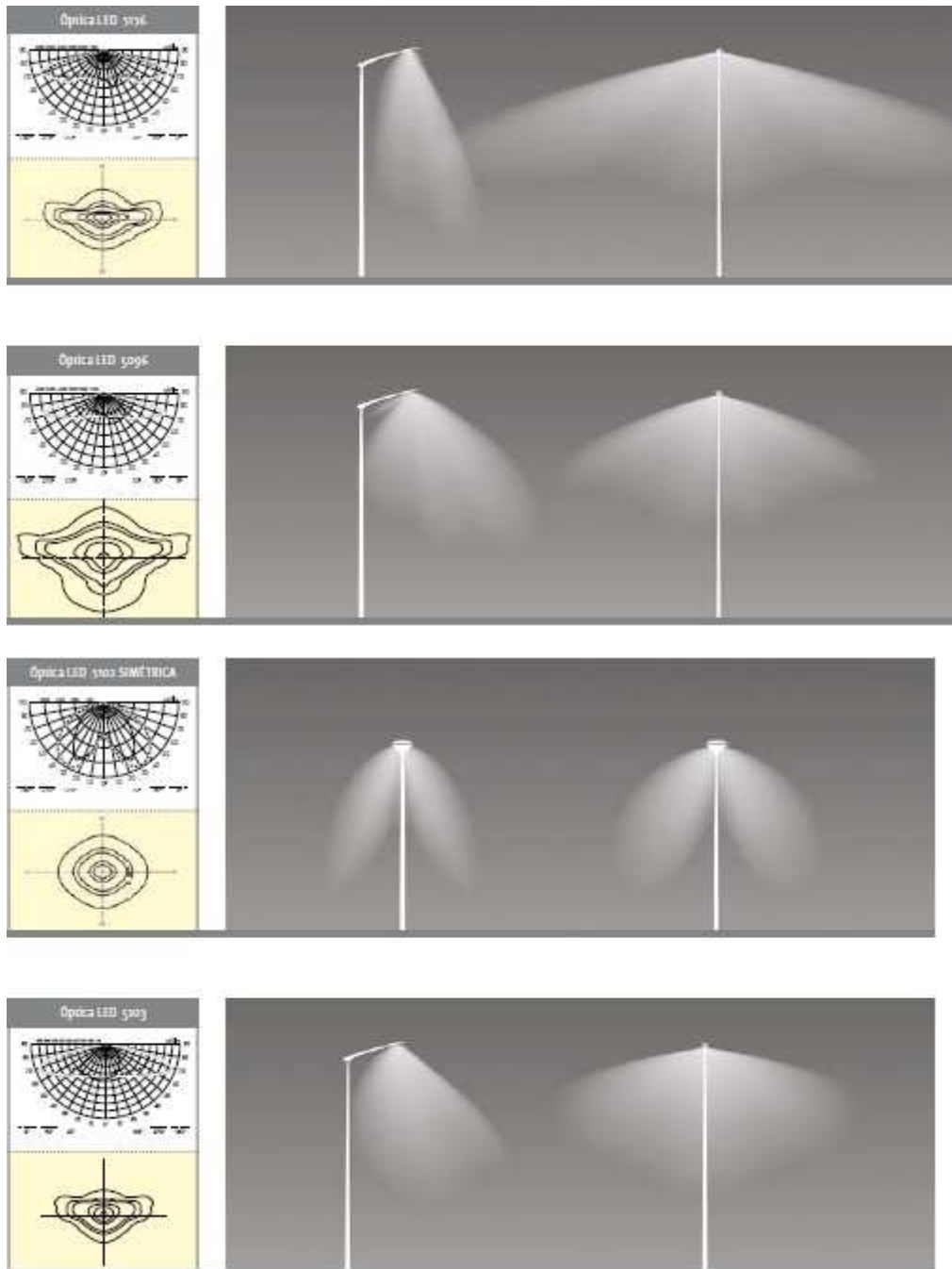


Otro tipo de módulos LED como por ejemplo LensoFlex se basa en la flexibilidad ofrecida por una selección de lentes, donde cada LED asociado a una lente específica genera la distribución fotométrica completa de la luminaria. Este concepto se basa, como ya se ha visto antes, en el principio de adición de distribución fotométrica.

El número de LED, en combinación con la corriente de alimentación, determina el

nivel de intensidad de la distribución luminosa.

Existen múltiples distribuciones fotométricas adaptables a cualquier requisito de iluminación, tanto para alumbrado funcional como ambiental, asimétricas, simétricas, extensivas o intensivas:



También existen numerosas implementaciones en cuanto a número de LED de que dispone la luminaria, consumos nominales de potencia, flujos emitidos y vida útil en función de las corrientes de alimentación de los LED:

Número de LED	Blanco neutro (4.000 K) ¹⁾	8 LED	16 LED	24 LED	32 LED	40 LED	48 LED	56 LED	64 LED	72 LED	80 LED	88 LED	96 LED
Corriente de alimentación: 350 mA	Flujo nominal (lm) ²⁾	1200	2400	3600	4800	6000	7200	8400	9600	10800	12000	13200	14400
	Consumo de potencia (W) ³⁾	31	62	93	124	155	186	217	248	279	310	341	372
Corriente de alimentación: 500 mA	Flujo nominal (lm) ²⁾	1550	3100	4700	6300	7900	9500	11000	12600	14200	15800	17400	19000
	Consumo de potencia (W) ³⁾	44	88	132	176	220	264	308	352	396	440	484	528
Corriente de alimentación: 700 mA	Flujo nominal (lm) ²⁾	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000	22000	24000
	Consumo de potencia (W) ³⁾	49	98	147	196	245	294	343	392	441	490	539	588
Corriente de alimentación: 1A	Flujo nominal (lm) ²⁾	2600	5200	7800	10400	-	-	-	16300	-	-	-	-
	Consumo de potencia (W) ³⁾	65	130	195	260	-	-	-	412	-	-	-	-

										Mantenimiento flujo luminoso a 1, 25°C ¹⁾
104 LED	112 LED	120 LED	128 LED	136 LED	144 LED	152 LED	240 LED	288 LED		@100.000h
15600	16800	18000	19200	20400	21600	22800	36000	43200		
118	124	132	140	147	155	208	257	311		90%
26500	28100	29700	31300	32900	34500	38000	47500	-		
163	174	186	198	210	221	309	391	-		80%
26500	28500	30600	32600	34600	36700	-	-	-		
229	245	261	279	296	-	-	-	-		70%
-	-	-	42200	-	47500	-	-	-		
-	-	-	431	-	470	-	-	-		

6.8 Instalación de sistemas de telegestión

Los sistemas de telegestión en el alumbrado son herramientas usadas para gestionar, controlar y supervisar las redes de alumbrado público. Estos sistemas de telecomunicación permiten gestionar de forma remota las luminarias de modo individual o colectivo, haciendo así un uso completo de sus parámetros operativos.

Los sistemas de telegestión existentes en el mercado son numerosos y con diferentes formas de comunicación y funcionalidades. Tradicionalmente pueden estar compuestos por una combinación de los siguientes elementos, que pueden verse en la figura 6.8.1:

- Un elemento de control instalado en un punto de luz. Este sería el nivel Inferior: Constituido por la unidad de punto de luz (UPL), que puede recoger, en función de los sensores instalados, la información de lámpara, equipo auxiliar y fusible, así como la detección de portezuela del soporte abierta, detección de fallo de condensador que previene el gasto por energía reactiva.
- Un elemento de control de cuadro de alumbrado (UCA) que controla el cuadro eléctrico y mide sus magnitudes.
- Un elemento de comunicación instalado en el cuadro de mando capaz de transmitir la información al sistema de comunicación central.
- Una unidad de control remoto (UCR) que recibe la información completa de los dos niveles anteriores UPL y UCA, integrando la misma para su posterior gestión y generación de órdenes de actuación, habitualmente se tratará de un equipo PC para supervisión y mando de la instalación.

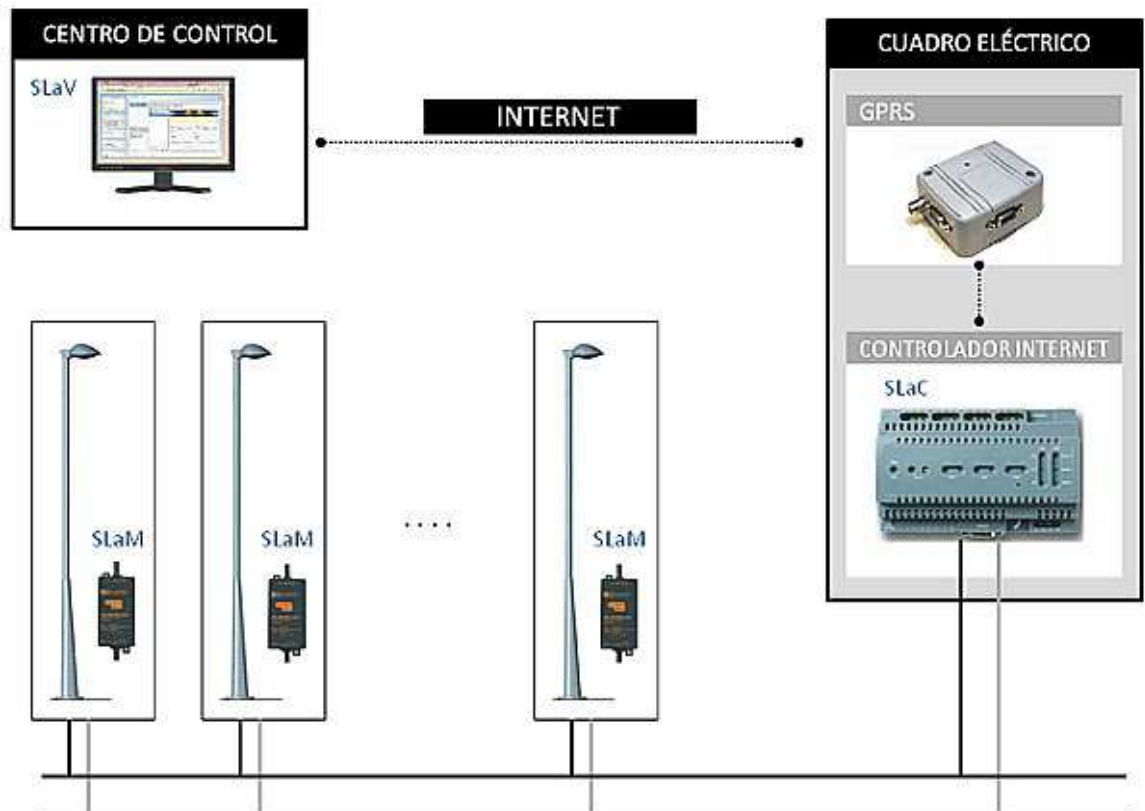


Figura 6.8.1 Elementos de un sistema de telegestión. Fuente: MULTILAMP

La comunicación de los equipos de control instalados punto a punto con el CM puede realizarse de múltiples formas:

- Mediante instalación de cable de control desde el CM, supone un sobre coste y en algunos casos la necesidad de realizar obra civil.

- Comunicación por onda portadora, es decir, a través de la propia red eléctrica de baja tensión que alimenta los puntos de luz, en presencia de tensión. La velocidad de los datos está limitada por el ancho de banda y por las técnicas de codificación y modulación empleadas.
- Control inalámbrico de alumbrado haciendo uso de distintos protocolos (P. Ej. Modbus RTU)

La unidad de cuadro de mando se instalará en el interior de este, será la encargada de medir las tensiones de suministro, intensidades, potencia activa, energía consumida diariamente y acumulada, así como la energía reactiva.

Además la unidad de cuadro de alumbrado recogerá incidencias en el funcionamiento como puede ser el apagado del cuadro de alumbrado público, su apertura y fallos del contactor y de aislamiento.

También controla el encendido y apagado de la instalación de alumbrado público y, finalmente, establece la comunicación con el nivel superior o unidad de control remoto. La comunicación desde el CM con el centro de control se ha implementado por los fabricantes con diferentes sistemas:

- Comunicación GSM/GPRS, mediante un modem que permite la transmisión de voz, datos, fax y SMS, normalmente lleva instalada una tarjeta SIM intercambiable con los distintos operadores del mercado.
- Mediante routers 3G y 4G, se basa en la telefonía móvil en banda ancha.
- Radiofrecuencia. Consiste en una red privada de radio con repetidores cuando el número de equipos y la extensión lo precisan, también necesita la instalación de antenas para su funcionamiento.

La Unidad de control remoto será habitualmente un ordenador instalado en las dependencias municipales, puede ser un servidor dedicado instalado en las propias oficinas o un servidor remoto que permite el acceso al software de supervisión y control a través de la web, dependiendo de los equipos de recogida de datos instalados y las características del software, este dispondrá de diferentes funcionalidades:

- Recogida de parámetros de funcionamiento de cuadro y punto de luz, permitirá la emisión de informes del estado de la instalación y parametrización de alarmas de funcionamiento.
- Control y programación de horarios de encendido y apagado de la instalación.
- Control de funcionamiento de los equipos electrónicos en función de sus características (Control de doble nivel, escalones de funcionamiento...)
- Posibilidad de integrar los datos de facturación emitidos en formato tratable por la compañía de suministro eléctrico, lo que permitirá detectar desviaciones de la facturación, simulación de consumos, análisis de costes...

- Incorporar una plataforma GIS que permita visualitzar els elements que conformen la instal·lació i que pot permetre: consultar els dades de inventari de característiques de cada element; dades funcionals; emetre ordres de treball i el seu seguiment; comprovar les actuacions realitzades sobre cada element...
- Generació de informes, de consum; de estalvi, de alarmes; anàlisi de dades i variables elèctriques; càlcul de la factura; càlcul de corbes de potència; comparació entre consum i despesa prevista i dades reals...

Con la aparició de la tecnologia LED aquests sistemes arriben al seu màxim potencial al ser múltiples els controls que es poden realitzar sobre aquest tipus de lluminàries, degut a la seva àmplia gamma de regulació i la possibilitat d'encendre i apagar instantàniament.

Aquests sistemes presenten múltiples prestacions que resulten ventajoses tant des del punt de vista de manteniment i supervisió de les instal·lacions, com des del punt de vista energètic, algunes d'aquestes prestacions poden ser les següents:

- Milloren la previsió i planificació del manteniment ja que mitjançant el software de control associat és possible:
 - L'optimització dels temps d'intervenció.
 - Organitzar el servei, gestió d'averies, reclamacions i avisos, mitjançant historials d'alarmes, rastrejabilitat de les averies.
 - Controlar els materials utilitzats.
 - Optimitzar la gestió de l'almacén i dels vehicles.
 - Reduir costos deguts a la cerca d'averies.
 - Detectar falles en el funcionament de llàmpares i prolongar la seva vida útil mitjançant la detecció de tensions de funcionament anòmalas.
- Faciliten ampliacions i modificacions en la instal·lació d'il·luminació.
- Planificar el funcionament de la instal·lació i conèixer a priori el despesa segons el règim de treball de les llàmpares.
- aconseguir un major estalvi energètic mitjançant:
 - L'optimització dels cicles de funcionament, ajust del flux de la lluminària segons les necessitats de la zona i rang de funcionament permès.
 - La implantació de mesures correctores basades en els informes de consums energètics facilitats pel sistema.

Por otro lado también presentan ciertos inconvenientes que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar o determinar la conveniencia de la aplicación a las instalaciones de alguno de estos sistemas, algunas características a tener en cuenta a este respecto son:

- La implantación de estos sistemas suele conllevar un coste económico elevado que dependerá de las características del mismo, aspectos a valorar son:
 - El coste de los equipos de control de cada punto de luz y cuadro.
 - Los costes asociados a la puesta en marcha y/o configuración del sistema.
 - Costes de actualización de las bases de datos del sistema de Alumbrado Público, así como los recursos para gestionar y atender dicho sistema; los cuales se deben compensar con el ahorro energético y la eficiente prestación del servicio de Alumbrado Público.
- Tiempos de puesta en marcha elevados, necesidad de introducción de datos de forma manual, elevado número de datos a tratar.
- La información detallada que proporcionan estos sistemas puede llegar a ser un inconveniente, puesto que en muchos casos la persona que supervisa la instalación lo único que precisa es una visión global o tiene que revisar gran cantidad de datos para llegar a la información requerida, por lo que mediante el filtrado o el uso de técnicas de sistemas expertos, el sistema debe ser capaz de clasificar y enviar la información necesaria a los usuarios finales, demasiada información puede requerir grandes tiempos de gestión que en ocasiones no se disponen.

Por lo tanto, se necesita que el sistema de telegestión se pueda configurar en la medida de las necesidades que vaya teniendo el servicio de alumbrado público del municipio, y que sea:

- De fácil implementación.
- Apoye a la gestión diaria de operación y mantenimiento.
- Recopile y envíe automáticamente la información y los informes diarios.
- Incluya y optimice sistemas de ahorro de energía.
- Permita la gestión de datos con la facilidad de exportar a otros sistemas o herramientas.

Se necesita un sistema de telegestión del servicio de Alumbrado Público basado en la sencillez, los municipios necesitan administrar sus instalaciones, empleando sistemas ágiles y eficaces, pero sin la necesidad de dedicar recursos suplementarios a la gestión de los mismos.

7 AUDITORIA ENERGÈTICA DE LA INSTAL·LACIÓ

A continuació se va a proceder a auditar les instal·lacions existents de acuerdo al procediment descrit en el apartat 5.2. de este document.

En primer lloc se descriu el àmbit de aplicació de la instal·lació que se troba formada per dos sectors de alumbrat que se ubiquen del següent mode:

Un sector de alumbrat que se pot denominar sector 1 que se troba alimentat desde el quadre de comandament i protecció denominat CM 144. Este quadre de comandament té com a direcció de subministre elèctric Avda. Rey D. Jaime,45. El sector comprèn la instal·lació de alumbrat públic existent en la avenida desde la C/ Arrufat Alonso hasta la C/ Zaragoza. En el anexo corresponent a los plans se pot veure el abast de la instal·lació i la situació de los quadres de comandament.

Un sector de alumbrat que se pot denominar sector 2 que se troba alimentat desde el quadre de comandament i protecció denominat CM 153. Este quadre de comandament té com a direcció de subministre elèctric Pza. Del Real 1-1. El sector comprèn la instal·lació de alumbrat públic existent en la avenida desde la C/ Zaragoza hasta la C/ Ruiz Zorrilla. Este quadre també presta servei al alumbrat instal·lat en la calle Ruiz Zorrilla i a la Calle San Vicente, per lo que també se han inclòs en el projecte.

7.1 Recogida de datos inicial

En primer cas se recullen los datos de disseny de la via facilitats per el Ayuntamiento de Castellón

Actualmente en la Avenida Rey D. Jaime de Castellón, se troben instal·lats punts de llum en distribució pareada. Cada punt de llum se troba format per una columna de 10 m de altura con tres luminarias. La disposició de las luminarias sobre cada columna es la següent:

- En punta de la columna, a 10m de altura, sobre un braç de 1,5 m dirigit hacia la calçada, hay instal·lada una luminaria Carandini modelo QSA-10 con lámpara de descarga de VSAP de 250W.
- A una altura de 7 m y dirigitos hacia la acera se troben instal·lats dos projectores Philips modelo Tempo con lámpara de descarga VSAP también de potencia 250W.

La secció de la zona a il·luminar esta formada per dos vies de circulació de 5 m de anchura separadas per una mediana de 2 m, con aceras a ambos lados de la via.



Figura 9.1. Geometría de la vía. Fuente: propia a partir del programa de cálculo luminotécnico Dialux.

Como el corte transversal de la vía es irregular en toda su extensión, se ha tomado una sección tipo de las siguientes dimensiones: acera 2 de 14 m de anchura y acera 1 de 10 m de anchura (figura 9.1).

En el tramo comprendido desde la C/ Arrufat Alonso hasta la C/ Zaragoza la interdistancia entre puntos es de 14m.

En el tramo de la Avenida Rey D. Jaime comprendido entre la C/ Zaragoza y la C/ Ruiz Zorrilla la interdistancia entre puntos es de 15m.

En el caso de la calle Ruiz Zorrilla se encuentran instalados puntos de luz formados por una columna de fundición de hierro con una altura de 4,5 m. Disponen de dos brazos dispuestos longitudinalmente, cada uno con una luminaria instalada modelo Palacio de La Nave y lámpara de descarga VSAP de 250 W. La distribución de los puntos de luz es al tresbolillo, con una interdistancia entre puntos de un mismo lado de 27m.

Las características de la vía son las siguientes: Se trata de una calzada con un carril de circulación y aceras a ambos lados de la misma. Las dimensiones de las aceras son 2,3 y 1,5m, siendo la calzada de 5,5 m de ancho.

En el caso de la calle San Vicente, se encuentran instalados puntos de luz formados por una columna de fundición de hierro con una altura de 4,5 m. Cada columna tiene instalada en punta una luminaria modelo Palacio fabricada por La Nave y lámpara de descarga VSAP de 250 W. La distribución de los puntos de luz es al tresbolillo, con una interdistancia entre puntos de un mismo lado de 28m.

Las características de la vía son las siguientes: Se trata de una calzada con un carril de circulación y aceras a ambos lados de la misma. Las dimensiones de las aceras son 2,7 y 2,5m, siendo la calzada de 4,5 m de ancho.

Por parte del Ayuntamiento también se facilita la clasificación que correspondería a cada una de las calles incluidas en el estudio. La clasificación en el caso de la Avenida Rey D. Jaime se ha establecido como la siguiente de acuerdo a las tablas recogidas en el Reglamento:

En este caso se tiene un alumbrado vial ambiental como refuerzo de la iluminación de aceras iluminadas parcialmente por el alumbrado funcional de la calzada adyacente, por lo que se establece una clasificación tanto para la calzada como para las aceras:

Se trata de una vía tipo B al estar limitada su velocidad a 40km/h. (Tabla 7.1)

La situación de proyecto es B1, considerando que se trata de una vía distribuidora local con accesos a zonas residenciales y fincas. Este tipo de vía tiene un IMD > 7000 vehículos, por lo tanto, la clase de alumbrado funcional a aplicar para la calzada se considera que es ME2/ME3c, en este caso se ha determinado por parte del Ayuntamiento que la clase de alumbrado a aplicar es ME2. (Tabla 7.2)

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	$v \leq 5$

Tabla 7.1: Clasificación de las vías de circulación. Fuente: REEIAE.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
B1	<ul style="list-style-type: none"> 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 ≥ 7.000 IMD < 7.000	
B2	<ul style="list-style-type: none"> Carreteras locales en áreas rurales. 	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	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.

Tabla 7.2: Clases de alumbrado para vías tipo B. Fuente: REEIAE.

Para las aceras se consideran vías tipo E, se clasifican como espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. En esta zona por ser comercial se considera un flujo de peatones muy alto, por lo que se aplica la clase de alumbrado CE1A.(tabla 7.3.)

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
E1	<ul style="list-style-type: none"> • <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	<ul style="list-style-type: none"> • <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	

^(*) 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.

Tabla 7.3. Clases de alumbrado para vías tipo E. Fuente: REEIAE.

En el caso de la C/ Ruiz Zorrilla, se trata de un alumbrado vial funcional, con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada.

Para la clasificación de la calzada, por ser una vía con velocidad < 40km/h, se clasifica como B1. Aunque esta calle tiene menor intensidad de tráfico, por sus circunstancias especiales al ser carril de tránsito del TRAM, se ha escogido la clase de alumbrado ME3c. (Tabla 7.2)

Para las aceras se ha escogido la clase de alumbrado CE2, por considerar que el flujo de peatones es menor al de la Avenida.

En el caso de la C/ San Vicente, se trata también de un alumbrado vial funcional, con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada.

Para la clasificación de la calzada, por ser una vía con velocidad < 40km/h, se clasifica como B1. Aunque esta calle tiene menor intensidad de tráfico, por sus circunstancias especiales al ser carril de tránsito del TRAM, se ha escogido la clase de alumbrado ME3c. (Tabla 7.2)

Para las aceras se ha escogido la clase de alumbrado S1, por considerar que el flujo de peatones es menor al de la Avenida Rey D. Jaime y a la C/ Ruiz Zorrilla.

7.2 Inspección en campo y mediciones

A continuación se procede a realizar la inspección en campo, en primer lugar visual, identificando todos los elementos que componen la misma y en segundo lugar se realizan las mediciones eléctricas y luminotécnicas. Tras la inspección se han elaborado las fichas de campo según se especifica en el protocolo de auditoria energética publicado

por el IDAE donde se recogen todos los datos de los equipos y líneas de los cuadros eléctricos, estos datos se pueden consultar en el anexo I.

Posteriormente a la inspección visual, se procede a realizar las mediciones en campo. Se han realizado las medidas de los parámetros eléctricos y luminotécnicos.

La medida de los parámetros eléctricos se ha realizado con instrumento analizador de redes mod. GSC 59 fabricado por HT Instruments.

En primer lugar se ha procedido a tomar las lecturas de los parámetros eléctricos a la entrada del cuadro. Mediante la colocación de las sondas de tensión e intensidad se obtienen las lecturas de Potencia activa, reactiva, aparente, $\cos \phi$, tensiones e intensidades de entrada. Las sondas se conectan como se puede ver en la figura 7.2.1.

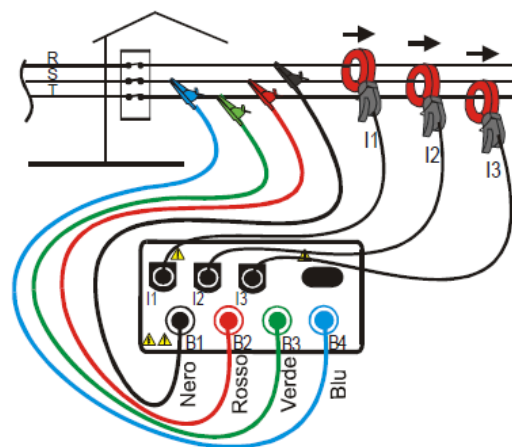


Figura 7.2.1 Conexión del Analizador de redes.
Fuente: MANUAL GSC 59.

Estas medidas se han realizado en dos periodos de tiempo distintos. En primer lugar se han tomado en régimen estabilizado, transcurrida una hora aproximadamente desde el encendido, esto es en régimen ordinario de funcionamiento a plena carga.

También se han tomado las medidas en régimen reducido, es decir, cuando entran en funcionamiento los equipos de reducción de flujo instalados, esto es a partir de las 23:30 h.

Tras realizar las medidas en horario ordinario de los parámetros eléctricos en cabecera del cuadro, se conectan del mismo modo las sondas de intensidad en cada una de las líneas de salida del cuadro para tomar las lecturas de intensidad en cada fase.

Las magnitudes obtenidas se pueden consultar en el anexo 1: Toma de datos de la instalación. Tablas A.6, A.7, A.8, A.16, A.17 y A.18.

Con el analizador de redes también se ha tomado la medida de la resistencia de la toma de tierra. El método utilizado para ello ha sido mediante la medida a tres puntos, mediante este método se conectan dos de las sondas del instrumento a la tierra del

cuadro y las otras dos en las piquetas de prueba que se han clavado en las zonas ajardinadas próximas a los cuadros.

Posteriormente se ha procedido a realizar las mediciones luminotécnicas, en este caso se han tomado las medidas de iluminancia utilizando el luxómetro mod. HT 307 fabricado por HT Instruments.

Para obtener la iluminancia media se han realizado las mediciones por el método de los nueve puntos.

En primer lugar se define la retícula de medida, la medida longitudinal de esta retícula cubre dos puntos de luz consecutivos y en sentido transversal abarca el ancho de la calzada o de la acera en función de la superficie a medir. Se han realizado mediciones independientes para las áreas de aceras y calzadas.

A partir de la medición de la iluminancia en quince puntos de la calzada, definidos según se puede ver en la figura 7.2.2., se ha determinado la iluminancia media horizontal (E_m) mediante una media ponderada.

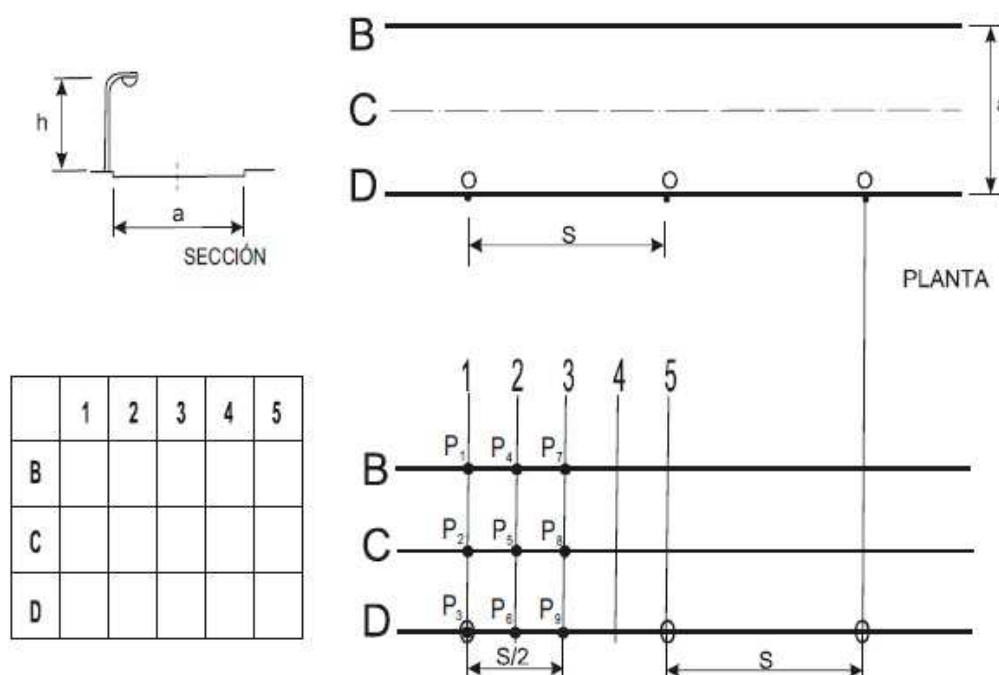


Figura 7.2.2 Toma de datos según el método de los nueve puntos. Fuente: REEIAE.

Teniendo en cuenta que puede existir cierta inclinación de las luminarias hacia un lado u otro, se adopta como medida real de la iluminancia en el punto teórico P1, la media aritmética de las medidas obtenidas en los puntos B1 y B5, y así sucesivamente. La fórmula utilizada para la obtención de la iluminancia media en función de las medidas realizadas es la siguiente:

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

Los parámetros de la ecuación se obtienen según las fórmulas siguientes:

$$E_1 = (B_1 + B_5) / 2$$

$$E_2 = (C_1 + C_5) / 2$$

$$E_3 = (D_1 + D_5) / 2$$

$$E_4 = (B_2 + B_4) / 2$$

$$E_5 = (C_2 + C_4) / 2$$

$$E_6 = (D_2 + D_4) / 2$$

$$E_7 = B_3$$

$$E_8 = C_3$$

$$E_9 = D_3$$

Los datos obtenidos para cada una de las rejillas de cálculo y los resultados de iluminancia media calculados tras aplicar la fórmula se pueden consultar en el Anexo I.

7.3 Análisis de la situación actual.

7.3.1 Análisis funcional de las instalaciones.

En el caso de las luminarias y proyectores instalados en la avenida Rey D. Jaime, luminarias Carandini QS-10 y proyectores Tempo de Philips, no se ha podido verificar su rendimiento según las hojas de características del fabricante. Por el tipo de difusor, en ambos casos de vidrio y con un IP 65 en el bloque óptico se estima que los rendimientos se encontrarán por encima del 65% exigido en el reglamento, aunque por la antigüedad de la instalación es posible mejorar los mismos mediante su sustitución.

En cuanto a las luminarias instaladas en las Calles Ruiz Zorrilla y San Vicente, las luminarias Palacio presentan diversos aspectos ineficientes. No disponen de reflector que dirija la luz convenientemente hacia la zona a iluminar. El difusor es de policarbonato, por lo que debido a la antigüedad de la instalación se ve afectado el factor de transmisión de la luz a través de este, factor que también se ve afectado por el hecho de que este difusor es traslúcido en lugar de transparente.

Otro aspecto a considerar de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de eficiencia energética, se refiere a las limitaciones de las emisiones luminosas establecidas en su ITC-EA-03. En esta instrucción se indica que el flujo hemisférico superior instalado FHS_{INST} o emisión directa de las luminarias a implantar en las zonas E1, E2, E3 y E4, no superará los límites establecidos de acuerdo a la tabla 7.3.1.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST}
E1	$\leq 1\%$
E2	$\leq 5\%$
E3	$\leq 15\%$
E4	$\leq 25\%$

Tabla 7.3.1 - Valores límite del flujo hemisférico superior instalado. Fuente: REEIAE

El caso que nos ocupa se trata de una zona E4 (ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de

ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.).El FHS inst debe ser inferior al 25% lo que se cumple en ambas luminarias.

Análisis de los equipos de control de la instalación:

El elemento de control de encendido y apagado situado en los centros de mando que acciona el encendido de las lámparas, es un reloj astronómico, por lo que se encuentra funcionando de acuerdo a los horarios de orto y ocaso de esta zona, por lo que su funcionamiento es adecuado para garantizar la eficiencia energética de la instalación.

Mediante el mismo reloj astronómico se programa para comandar la reducción de flujo de los equipos de doble nivel instalados en la luminaria, se establece una hora de consigna a partir de la cual, mediante un contacto que se encuentra normalmente abierto, se quita tensión a la línea de mando que activa la bobina de nivel reducido en el equipo. La reducción no se encuentra actuando correctamente, ya que de las medidas obtenidas en el cuadro no se está obteniendo la máxima reducción indicada por el fabricante para estos equipos. Debería estar sobre un 35-40% y se encuentra en torno al 25%.

Los equipos de control de las luminarias son electromagnéticos, estos equipos están introduciendo elevadas pérdidas de potencia en la instalación, esto provoca que la demanda de potencia sea superior a la demanda teórica de acuerdo a las características de la misma.

Análisis de la facturación eléctrica:

Los suministros eléctricos para ambos sectores actualmente se encuentran contratados con la empresa Iberdrola Clientes, S.A, siendo los datos de facturación los siguientes:

El CM 144 sito en Avd rey Don Jaime, 45-1, tiene un contrato eléctrico en la tarifa 3.0, con una potencia contratada para los tres periodos de 41,6 kW. De acuerdo a los máxímetros se registra una media de potencia instalada de unos 41,5 kW.

Como se ha expuesto en el punto 6.5., en el caso de que se utilice un máxímetro, la potencia a facturar en este se calculará de la siguiente manera, puesto que la potencia registrada por el máxímetro está comprendida dentro del intervalo del 85 al 105 % respecto a la potencia contratada, dicha potencia registrada será la potencia a facturar

El CM 153 sito en Avd Rey Don Jaime, con dirección Plaza del Real 1-1 esc. 1, tiene un contrato eléctrico en la tarifa 3.0, con una potencia contratada para los tres periodos de 20 kW. De acuerdo a los máxímetros se registra una media de potencia instalada de unos 39,7 kW.

En este caso puesto que la potencia registrada es superior al 105 % de la potencia contratada, la potencia a facturar será igual al valor registrado más el doble de la diferencia entre el valor registrado y el valor correspondiente al 105 % de la potencia contratada. Por lo que en la aplicación del coste del término de potencia se calcula de la siguiente forma, quedando una potencia media a facturar en kW de:

105% P contratada	21
P maxímetro	39,7
Diferència	18,7
Doble de la diferència	37,4
Potència a facturar	57,4

Lo que supone un porcentaje en el término de potencia a facturar que resulta un 45 % de sobrecoste sobre el término de potencia realmente instalado.

Otro aspecto a tener en cuenta en esta instalación es que el $\cos \varphi$ es bajo, y por lo tanto existe un consumo elevado de energía reactiva. La penalización por consumo de energía reactiva viene contemplada en el BOE, concretamente en la orden ITC 1723/2009 y la aplican todas las distribuidoras, se trata de un coste que se traslada íntegramente al cliente en la factura.

Aquellos valores menores de $\cos \varphi = 0,95$, sufrirán un recargo por energía reactiva, lo que equivale a decir que todo lo que exceda el valor de la energía reactiva del 33% del valor de la energía activa, será cobrado como penalización.

El factor de potencia de la instalación se calcula del siguiente modo:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Dónde:

P = Total energía activa (kWh) registrada en el periodo correspondiente

Q = Total energía reactiva registrada en el periodo kVArh

En función del valor del Factor de potencia que obtengamos, el término de reactiva (€/kVArh) varía, es decir, que el precio a aplicar por kVArh varía.

Cuanto menor sea el valor del $\cos \varphi$, más caro será el término de reactiva (€/kVArh) y por tanto más cara se cobrará la energía reactiva, como se puede ver en el siguiente gráfico.



El precio por kVArh se fija en 0,041554 € para $\cos \varphi$ comprendidos entre valores de 0,8 y 0,95, para $\cos \varphi$ inferiores a 0,8 el precio aplicado por kVArh se incrementa a 0,062332 €.

Como se puede ver en los datos recogidos en el Anexo 1, en ambos sectores el $\cos \varphi$ es inferior a 0,95, por lo que en ambas facturaciones se están cobrando penalizaciones por exceso de energía reactiva. En la tarifa 3.0 la penalización por reactiva se aplica sobre todos los períodos tarifarios, excepto en el período 3 o valle.

7.3.2 Calificación energética de la instalación

A partir de los datos del inventario realizado se procede a analizar el cumplimiento del Reglamento de Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Exterior en cuanto a los niveles de iluminación exigidos.

En primer lugar, se deben determinar los niveles adecuados de iluminación, de acuerdo a la clasificación de la vía facilitada por el Ayuntamiento, en este caso se trata de una vía B1 con clase de alumbrado ME2. Para esta clase se establece un nivel de luminancia media de 1,5 cd/m², como puede verse en la tabla 7.3.2.1

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 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
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

Tabla 7.3.2.1: Niveles de iluminación series ME. Fuente: REEIAE

De acuerdo al REEAE, 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. Por lo tanto a este tipo de vía le corresponde un nivel de iluminación media de 22,5 lux/m².

Según se establece en el REEAE, con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, los niveles máximos de luminancia o de iluminación media de las instalaciones de alumbrado no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos.

De acuerdo a los datos facilitados por el Ayuntamiento en cuanto a las clases de alumbrado a aplicar para cada vía, se establecen los niveles de iluminación máximos a aplicar.

En el caso de la Avenida Rey D. Jaime, como ya se ha definido anteriormente, la clase de alumbrado escogida para la calzada es ME2, para esta clase se fijan los siguientes niveles de referencia:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1,5 cd/m ² (equivale a 22,5 lux)	0,4	0,7	< 10%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es CE1A, con los niveles siguientes:

Em	Um Emin/ Em
30 lux	0,4

Según se puede consultar en el Anexo I, de las mediciones realizadas con el luxómetro, se obtienen los siguientes valores de iluminancia media para cada zona:

En el tramo 1 de la Avenida Rey D. Jaime correspondiente al Sector 1

$E_m = 83,56$ lux para la Acera 2; 105,5 lux para la Calzada 2; 82,37 lux para la Acera 1 y 121,18 lux para la Calzada 1.

En el tramo 2 de la Avenida Rey D. Jaime correspondiente al Sector 2:

$E_m = 68,62$ lux para la Acera 2; 100 lux para la Calzada 2; 75,87 lux para la Acera 1 y 115,5 lux para la Calzada 1.

Todos los niveles superan en gran medida el 20% sobre los niveles de referencia establecidos, por lo que se está incumpliendo la legislación en este aspecto.

A continuación se analizan los niveles de iluminación para la calle Ruiz Zorrilla:

En este caso se trata de un alumbrado vial funcional con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada. Como se ha visto anteriormente, la clase de iluminación definida para la calzada es ME3c, los niveles de referencia para esta clasificación son:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1 cd/m ² (equivale a 15 lux)	0,4	0,5	< 15%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es CE2, con los niveles siguientes:

Em	Um Emin/ Em
20 lux	0,4

De las mediciones realizadas con el luxómetro, se obtienen los siguientes valores de iluminancia media para cada zona:

$E_m = 82$ lux para la Acera 2; 107,62 lux para la Calzada y 102,06 lux para la Acera 1.

Todos los niveles superan en gran medida el 20% sobre los niveles de referencia establecidos, por lo que se esta incumpliendo la legislación en este aspecto.

A continuación se analizan los niveles de iluminación para la calle San Vicente:

En este caso se trata de un alumbrado vial funcional con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada. Como se ha visto anteriormente, la clase de iluminación definida para la calzada es ME3c, los niveles de referencia para esta clasificación son:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1 cd/m2 (equivale a 15 lux)	0,4	0,5	< 15%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es S1, con los niveles siguientes:

$$E_m = 15 \text{ lux}$$

De las mediciones realizadas con el luxómetro, se obtienen los siguientes valores de iluminancia media para cada zona:

$E_m = 59,87$ lux para la Acera 2; 100,93 lux para la Calzada y 61,12 lux para la Acera 1.

Todos los niveles superan en gran medida el 20% sobre los niveles de referencia establecidos, por lo que se esta incumpliendo la legislación en este aspecto.

Otro de los requisitos a cumplir para que la instalación se considere eficiente es que las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 7.4.10. Como tenemos dos tipos de alumbrado (funcional y ambiental) se adoptan los valores de la tabla más restrictiva que es la tabla 1 de la ITC-EA-01 (alumbrado funcional).

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

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

Tabla 7.4.10. Eficiencia energética mínima exigida, alumbrado vial funcional. Fuente: REEIAE

Para calcular la eficiencia energética de la instalación, se toma el cálculo de la iluminancia media sobre la sección completa de la vía, esta sección comprende ambas aceras y calzadas y su longitud es la comprendida entre tres puntos consecutivos. De acuerdo a las mediciones tomadas de iluminancia media para cada vía, la Iluminancia media en servicio es en todos casos ≥ 33 lux. Para este valor, se debería alcanzar una eficiencia energética mínima de 22 ($m^2 \text{ lux} / W$) de acuerdo a la tabla 7.4.10.

La eficiencia energética se calculará para cada una de las vías de acuerdo a los datos de proyecto y aplicando la fórmula de eficiencia energética que se indica a continuación:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$$

A continuación se calcula el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético que nos permitan obtener la calificación correspondiente a la instalación. El índice de eficiencia energética se obtiene mediante la fórmula:

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

Siendo ε_R la eficiencia energética de referencia obtenida de la tabla 7.4.11, para una iluminancia media $E_m \geq 30$ lux corresponde un $\varepsilon_R = 32 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / W$.

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 ($\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W}$)	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R ($\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W}$)
≥ 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

Tabla 7.4.11 : Eficiencia energética de referencia para alumbrado vial funcional. Fuente: REEIAE

De acuerdo a los datos anteriormente definidos se calcula la calificación energética que corresponde a cada Vía:

Avd. Rey Don Jaime sector CM 144, desde C/ Arrufat alonso a C/ Zaragoza:

Superficie (m ²)	E _{MEDIDO} (lux)	Potencia total (W)	ε _{real}
1.008,00	98,00	3.324,00	29,72

ε _{referencia}	I _ε	ICE	CALIFICACION
32,0	0,90	1,08	B

Avd. Rey Don Jaime sector CM 153, desde C/ Zaragoza a C/ Ruiz Zorrilla:

Superficie (m ²)	E _{MEDIDO} (lux)	Potencia total (W)	ε _{real}
1.080,00	90	3.324,00	29,24

ε _{referencia}	I _ε	ICE	CALIFICACION
32,0	0,91	1,09	C

Calle Ruiz Zorrilla:

Superficie (m ²)	E _{MEDIDO} (lux)	Potencia total (W)	ε _{real}
256,50	97	1.108,00	22,46

ε _{referencia}	I _ε	ICE	CALIFICACION
32,0	0,70	1,43	D

Calle San Vicente:

Superficie (m ²)	E _{MEDIDO} (lux)	Potencia total (W)	ε _{real}
268,80	74	554,00	35,90

ε _{referencia}	I _ε	ICE	CALIFICACION
32,0	1,12	0,89	A

Como puede verse prácticamente todas las calificaciones obtenidas son mejorables.

Del análisis realizado se desprende que a fin de mejorar la eficiencia energética de la instalación debería actuarse sobre los siguientes aspectos:

Los niveles de iluminación actualmente instalados de acuerdo a lo recogido en el Reglamento de Eficiencia energética y según se ha explicado anteriormente resultan excesivos para este tipo de vías.

Deberían reducirse estos niveles excesivos para adecuarse a los establecidos por el Reglamento de Eficiencia Energética en las instalaciones de Alumbrado Exterior.

A fin de reducir los costes de facturación actuales resulta conveniente la reducción de la potencia instalada de manera que se puedan minimizar los importes facturados por término de potencia., así como la energía consumida por la instalación.

Del mismo modo, resulta de interés realizar actuaciones tendentes a la eliminación del consumo de energía reactiva de forma que se mantenga el factor de potencia con un valor superior a 0.95.

Se deberían tomar medidas tendentes a conseguir una disminución de la energía consumida, Existe un consumo excesivo de los equipos auxiliares, los sistemas de regulación de flujo no están actuando adecuadamente.

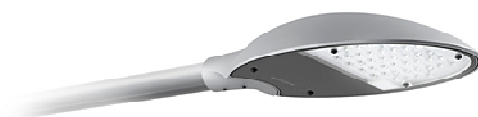
7.4 Propuesta de mejoras

7.4.1 Actuación 1: Sustitución de luminarias por otras con mayor eficiencia

Se cree solución conveniente el sustituir las actuales luminarias y proyectores por otros con mayor eficiencia de forma que permitan reducir la potencia instalada, así como la energía consumida y que sitúen los niveles de iluminación dentro de los rangos establecidos por el Reglamento de Eficiencia Energética.

La solución propuesta de forma que se cumplan los requisitos anteriores es la sustitución de luminarias y proyectores por otros fabricados con tecnología LED, debido a su alta durabilidad, bajos costes de mantenimiento, buenos resultados luminotécnicos y alto índice de reproducción cromática.

En el caso de la Avenida Rey D. Jaime, se propone la sustitución de las actuales luminarias QS-10 por luminarias con tecnología LED de menor potencia instalada, el modelo propuesto es la luminaria LED modelo MILEWIDE fabricada por Phillips (figura 8.1).



Los criterios que han determinado la elección del producto son de diversa índole, siendo uno de los motivos principales la elevada eficacia del sistema de 125 lm/W. También se han tenido en cuenta criterios estéticos y de mantenimiento. En este segundo caso se trata de homologar productos a fin de reducir el inventario de referencias de producto municipal para facilitar posibles trabajos de sustitución. Estas luminarias ya se encuentran instaladas en otras calles del municipio.

En el caso del número de LED y potencia del sistema, estos vendrán determinados en función de los estudios luminotécnicos realizados. En este caso la luminaria seleccionada dispone de una matriz de 32 LED, siendo la potencia total del sistema de 35 W y los lúmenes emitidos por el mismo de 4000.

Otros parámetros significativos de la luminaria son los siguientes:

Vida útil L80 F10 100.000 horas

Temperatura de color correlacionada 3.000 K (Blanco cálido)

IRC > 80

Cierre óptico de vidrio plano endurecido térmicamente

Carcasa de aluminio inyectado a alta presión, resistente a la corrosión

Cubierta de vidrio endurecido térmicamente

En el caso de los proyectores que se encuentran iluminando la zona de peatones, se ha optado por sustituirlos por otros equipos de similares características pero también equipados con tecnología LED. De este modo también resulta posible la reducción de la potencia instalada. En este caso se han seguido también criterios económicos y se ha optado por proyectores de elevada eficacia, siendo esta de 100 lm/W. El modelo propuesto es el proyector Coreline fabricado por Philips (figura 8.2).



Como en el caso anterior, el número de LED y potencia del sistema, han sido determinados en función de los estudios luminotécnicos realizados. En este caso el proyector seleccionado dispone de una matriz de 40 LED, siendo la potencia total del sistema de 45 W y los lúmenes emitidos por el mismo de 4000.

Otros parámetros significativos de la luminaria son los siguientes:

Vida útil L80 F10 50.000 horas

Temperatura de color correlacionada 4.000 K (Blanco neutro)

IRC: 80

Cierre óptico de vidrio plano

Carcasa de fundición de aluminio

Cubierta de cristal templado

Todas las luminarias y proyectores incorporan en el driver electrónico de control de la luminaria un sistema de reducción de flujo nocturno.

En el caso de la C/ Ruiz Zorrilla, se sustituirán las actuales lámparas de 250 W y equipos electromagnéticos por un módulo retrofit de 16 LED, se ha elegido el módulo Snap de Salvi (figura 8.3). En este caso se han seguido criterios fundamentalmente económicos para su elección.



Como en los casos anteriores con la instalación de este equipo se consigue la reducción de la potencia instalada. el número de LED y potencia del sistema, han sido determinados en función de los estudios luminotécnicos realizados. En este caso el proyector seleccionado dispone de una matriz de 19 LED, siendo la potencia total del sistema de 23 W y los lúmenes emitidos por el mismo de 2950.

Otros parámetros significativos del equipo son los siguientes:

Diámetro Ø320 mm / Altura 65 mm

Cuerpo en inyección de aluminio

Grupo óptico de alta eficiencia

Temperatura de color 3000k o 4000k (En este caso se ha elegido 3000k)

Lentes de PMMA de alta transparencia con rendimiento óptico η 91%

Vida útil: >50.000 h (est.)

Disipador de calor integrado en el grupo óptico

Alimentación red 220 -240V CA 50-60Hz

Eficiencia electrónica $\geq 90\%$

Factor de potencia > 0.9

FHS $< 0.1\%$

Clase I Acabado con imprimación epoxy y poliuretano alifático bicomponente Color gris plata G2 Norma EN 60598 / IEC 55015.

En este caso, se produce una modificación de una luminaria ya instalada y equipada con la lámpara de descarga adaptándola mediante el “sistema LED Retrofit”. En la figura 8.4. puede verse la instalación del equipo en el interior de la luminaria.



La instalación de estos equipos que implican operaciones técnicas a realizar sobre la luminaria (por ejemplo, desconectar, cuentear o eliminar el equipo existente), puede comprometer la seguridad y características de la luminaria original. Esto presenta diferentes problemas en el ámbito de seguridad, funcionamiento, compatibilidad electromagnética, marcado legal, consideraciones medioambientales, características de disipación térmica, flujo, eficiencia de la luminaria, consumo, vida útil, garantía y distribución fotométrica.

En estos casos, el producto resultante de las modificaciones anteriormente mencionadas se convierte en una nueva luminaria; por tanto, quien efectúa dichas modificaciones pasa a convertirse en fabricante de la misma, siendo aplicable la totalidad de la legislación, así como la responsabilidad sobre el producto, su correcto funcionamiento y sobre su seguridad eléctrica y mecánica. [ANFALUM, 2010]

Por lo tanto, se ha incluido en el presupuesto para la ejecución del proyecto, el coste a asumir por parte de la empresa fabricante del retrofit para la homologación el conjunto completo retrofit y luminaria.

7.4.1.1 Ahorros energéticos obtenidos

A continuación se analizan los ahorros energéticos obtenidos mediante la solución propuesta, el análisis se realiza a través de la comparación de la energía consumida antes y después de la actuación.

Para poder obtener la energía consumida por la instalación se debe definir en primer lugar el régimen de funcionamiento de la misma. Este es el siguiente:

- Se consideran 4100h de encendido al año.
- De las anteriores horas totales de encendido, 1398 h corresponden al horario de funcionamiento ordinario, es decir, funcionando a régimen nominal. Corresponde al periodo diario de funcionamiento comprendido entre el horario programado de encendido en el ocaso hasta las 11:30 de la noche.
- El resto, 2702 h corresponden al horario de funcionamiento reducido, es decir funcionando con un porcentaje de reducción sobre el flujo total. Corresponde al periodo diario de funcionamiento comprendido desde las 11:30 de la noche hasta el horario programado de apagado al amanecer.

A partir de las horas de funcionamiento y los datos obtenidos del inventario de la instalación, en cuanto a número de puntos de luz y potencias instaladas, se obtienen los consumos anuales de energía eléctrica. Se detalla de forma individual los datos calculados para cada uno de los sectores.

A continuación se reflejan los datos correspondientes al Sector 1: Avenida Rey D. Jaime desde C/ Arrufat alonso a C/ Zaragoza, CM 144 con dirección en Avda. Rey D. Jaime 45.

Num PUNTOS	TIPO	P/ punto W	P equip	TOTAL P(kW)	Consumo horario Ordinario	Consumo horario. Reducido.	Total kWh año
37	luminaria Carandini QS-10 VSAP	250	27	10,25	14.328,10	20.769,60	35.097,70
86	Proyector Tempo VSAP	250	27	23,82	33.303,16	48.275,28	81.578,44
P INSTALADA TOTAL (kW):				34,07	TOTAL kWh ANUAL:		116.676,14

Tabla 7.4.1 : Energía teórica consumida en la situación inicial. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

Num PUNTOS	TIPO	P/ punto W	P equip	TOTAL P(kW)	Consumo horario Ordinario	Consumo horario. Reducido.	Total kWh año
37	Luminaria Milewide LED	32	3	1,30	1.810,41	2.274,41	4.084,82
86	Proyector Coreline LED	40	5	3,87	5.410,26	6.796,88	12.207,14
P INSTALADA TOTAL (kW):				5,17	TOTAL kWh ANUAL:		16.291,96

Tabla 7.4.2. : Energía teórica consumida en la situación proyectada. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoría.

De la comparativa de las dos situaciones se desprende lo siguiente:

- Se ha conseguido una disminución de la Potencia instalada de 28,91 kW.
- Se consigue disminuir la energía anual consumida en 104.289,38 kWh.
- El ahorro energético se traduce en una reducción en emisiones de CO2 a la atmósfera de 34,42 tn/ año.

Para las instalaciones del Sector 2 comandadas desde el CM 153 con dirección Pza. Del Real 1-1, se obtienen los siguientes resultados:

Num PUNTOS	TIPO	P/ punto W	P equip	TOTAL P(kW)	Consumo horario Ordinario	Consumo horario. Reducido.	Total kWh año
28	luminaria carandini QS-10 VSAP	250	27	7,76	10.842,89	16.765,37	27.608,26
60	Proyector Tempo VSAP	250	27	16,62	23.234,76	35.925,79	59.160,55
14	Luminaria Palacio VSAP	250	27	3,88	5.421,44	8.382,68	13.804,13
13	Luminaria Palacio VSAP	250	27	3,60	5.034,20	7.783,92	12.818,12
P INSTALADA TOTAL (kW):				31,86	TOTAL kWh ANUAL:		113.391,06

Tabla 7.4.3 : Energía teórica consumida en la situación inicial. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoría.

Num PUNTOS	TIPO	P/ punto W	P equip	TOTAL P(kW)	Consumo horario Ordinario	Consumo horario. Reducido.	Total kWh año
28	Luminaria Milewide LED	32	3	0,98	1.370,04	1.721,17	3.091,21
60	Proyector Coreline LED	40	5	2,7	3.774,60	4.742,01	8.516,61
14	Retrofit LED	23	3	0,364	508,87	639,29	1.148,17
13	Retrofit LED	37	3	0,52	726,96	913,28	1.640,24
P INSTALADA TOTAL (kW):				4,564	TOTAL kWh ANUAL:		14.396,23

Tabla 7.4.4 : Energía teórica consumida en la situación proyectada. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

De la comparativa de las dos situaciones se desprende lo siguiente:

- Se ha conseguido una disminución de la Potencia instalada de 27,29 kW.
- Se consigue disminuir la energía anual consumida en 98.994,83 kWh.
- El ahorro energético se traduce en una reducción en emisiones de CO₂ a la atmósfera de 32,67 tn/ año.

7.4.1.2 Ahorros económicos en la facturación eléctrica

Tras el análisis energético de la instalación, se realiza el análisis de los ahorros económicos obtenidos. Para ello se efectúa la simulación de la facturación eléctrica anual a partir de los datos de facturación actuales y para la nueva situación de proyecto.

Esta simulación se realiza para cada uno de los sectores objeto de estudio, comenzando por el sector 1, CM 144 sito en Avda. Rey D. Jaime 45.

POTENCIA FACTURADA				
PERIODO	P	DIAS	€/kW dia	
P	41,6	365	0,116971	1.776,09 €
LL	41,6	365	0,070182	1.065,64 €
V	41,6	365	0,046788	710,43 €
		Total termino potencia		3.552,16 €
ENERGÍA FACTURADA				
PERIODO	kWh	€/ kWh		
P	38.503,13	0,122701		4.724,37 €
LL	39.669,89	0,099343		3.940,93 €
V	38.503,13	0,05989		2.305,95 €
	116.676,14	Importe Energia		10.971,25 €
REACTIVA				
PERIODO	kVAr	€/ kVAr		
P1	3.389,40	0,041554		140,84 €
P2	6.156,20	0,041554		255,81 €
		Importe Reactiva		396,65 €
		Suman		14.920,06 €
Impuesto eléctrico 5,1127% s/ 14.920,06 €				762,82
		Importe total		15.682,88 €
		IVA		3.293,40 €
		TOTAL		18.976,28 €

Tabla 7.4.5 : Simulación de costes de facturación anual de la situación actual. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

A continuación se realiza la simulación de la facturación anual con la nueva situación proyectada, para ello se tienen que tener en cuenta los siguientes aspectos:

La potencia instalada en la nueva situación de proyecto es de 5,165 kW, por lo que la nueva potencia a contratar por ser menor de 15kW estará sujeta a los saltos de potencia correspondientes a la programación del ICP, para un suministro trifásico a tensión de 400V, la potencia que más se aproxima son 6,628 kW, por lo que el término de potencia se ajusta a la nueva situación.

La tarifa a aplicar en este caso es la 2.0 con discriminación horaria, por lo que los costes por kWh a aplicar para cada periodo de consumo corresponden a los contratados por el Ayuntamiento para este tipo de tarifa.

Mediante la implantación de los nuevos equipos se eliminan las componentes inductivas de la instalación, por lo que no existirán costes por aplicación de recargos por el exceso de consumo de energía reactiva.

POTENCIA FACTURADA				
PERIODO	P	DIAS	€/kW día	
TP	6,928	365	0,114873	290,48
		Total termino potencia		290,48
ENERGÍA FACTURADA				
PERIODO	kWh	€/ kWh		
P	5.376,35	0,15997		860,05 €
V	10.915,61	0,068011		742,38 €
	16.291,96	Importe Energia		1.602,43 €
REACTIVA				
PERIODO	kVAr	€/ kVAr		
P1	0	0,041554		0
P2	0	0,041554		0
				0
		Suman		1.892,91 €
		Impuesto eléctrico 5,1127% s/1.892,91€		96,78 €
		Importe total		1.989,69 €
		IVA		417,83 €
		TOTAL		2.407,52 €

Tabla 7.4.6 : Simulación de costes de facturación anual de la situación propuesta. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

Se realiza del mismo modo la simulación de la facturación anual el sector 2, CM 153 sito en Plaza del Real 1 - 1:

POTENCIA FACTURADA				
	P	DIAS	€/kW día	
P	57,4	365	0,116971	2.450,66 €
LL	57,4	365	0,070182	1.470,38 €
V	57,4	365	0,046788	980,26 €
		Total termino potencia		4.901,30 €
ENERGÍA FACTURADA				
PERIODO	kWh	€/ kWh		
P	37.419,05	0,122701		4.591,35 €
LL	38.552,96	0,099343		3.829,97 €
V	37.419,05	0,05989		2.241,03 €
	113.391,06	Importe Energia		10.662,35 €
REACTIVA				
PERIODO	kVAr	€/ kVAr		
P1	2.660,4	0,041554		110,55 €
P2	4.950,6	0,041554		205,72 €
		Importe Reactiva		316,27 €
		Suman		15.879,92 €
Impuesto eléctrico 5,1127% s/15.879,09€				811,89 €
		Importe total		16.691,81 €
		IVA		3.505,28 €
		TOTAL		20.197,09 €

Tabla 7.4.7 : Simulación de costes de facturación anual de la situación actual. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

Del mismo modo que anteriormente, se realiza la simulación de la facturación anual con la nueva situación proyectada, con las siguientes consideraciones:

La potencia instalada en la nueva situación de proyecto es de 4,044 kW, por lo que la nueva potencia a contratar normalizada, para un suministro trifásico a tensión de 400V, es de 5,196 kW, por lo que se ajusta el término de potencia a la nueva situación.

La tarifa a aplicar en este caso es la 2.0 con discriminación horaria, por lo que los costes por kWh a aplicar para cada periodo de consumo corresponden a los contratados por el Ayuntamiento para este tipo de tarifa.

Mediante la implantación de los nuevos equipos se eliminan las componentes inductivas de la instalación, por lo que no existirán cargos por aplicación de recargos por el exceso de consumo de energía reactiva.

POTENCIA FACTURADA				
	P	DIAS	€/kW dia	
TP	5,196	365	0,114873	217,86 €
		Total termino potencia		217,86 €
ENERGÍA FACTURADA				
PERIODO	kWh	€/ kWh		
P	4.750,75	0,15997		759,98 €
V	9.645,47	0,068011		656,00 €
	14.396,23	Importe Energia		1.415,98 €
REACTIVA				
PERIODO	kVAr	€/ kVAr		
P1	0	0,041554		0
P2	0	0,041554		0
		Importe total		1.633,84 €
Impuesto eléctrico 5,1127% s/1.633,84€				83,53 €
		Importe total		1.717,37 €
		IVA		360,65 €
		TOTAL		2.078,02 €

Tabla 7.4.8 : Simulación de costes de facturación anual de la situación propuesta. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

7.4.1.3 Calificación energética de la instalación

Tras el análisis de los ahorros energéticos y económicos obtenidos, se calculará la eficiencia de la instalación y la calificación energética obtenida tras la actuación propuesta.

Analizamos en primer lugar el Sector 1: Avenida Rey D. Jaime desde C/ Arrufat alonso a C/ Zaragoza, CM 144 sito en Avda. Rey D. Jaime 45.

En este caso se tiene un alumbrado vial ambiental como refuerzo de la iluminación de aceras iluminadas parcialmente por el alumbrado funcional de la calzada adyacente.

En primer lugar se determina la adecuación de los niveles luminotécnicos de obtenidos a lo exigido en el Reglamento de eficiencia. Como ya se ha definido anteriormente, la clase de alumbrado escogida para la calzada es ME2, para esta clase se fijan los siguientes niveles de referencia:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1,5 cd/m ² (equivale a 22,5 lux)	0,4	0,7	< 10%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es CE1A, con los niveles siguientes:

Em	Um Emin/ Em
30 lux	0,4

De acuerdo a los estudios luminotécnicos incluidos en el Anexo 2 de este documento, se resumen en la tabla siguiente los niveles de iluminación alcanzados:

Superficie	Iluminancia/ Luminancia media	Uniformidad global U0 (Min/med)	Uniformidad longitudinal
Camino peatonal 2	31	0,59	
Calzada 2	29/1,92	0,85	0,96
Calzada 1	30/1,97	0,83	0,96
Camino peatonal 1	38	0,81	

Tabla 7.4.9 : Niveles de iluminación obtenidos. Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios luminotécnicos Anexo 2.

Camino peatonal 2 = 31 > 30 , no supera el 20 % **CUMPLE**

Calzada 2 > 1,5 cd/m2, aunque es algo superior al 20 % se considera adecuado por estar mucho más próximo a los niveles exigidos que los actuales.

Calzada 1 > 1,5 cd/m2, aunque es algo superior al 20 % se considera adecuado por estar mucho más próximo a los niveles exigidos que los actuales.

Camino peatonal 1 = 38 > 30 lux, aunque es algo superior al 20 % se considera adecuado por estar mucho más próximo a los niveles exigidos que los actuales.

Otro de los requisitos a cumplir para que la instalación se considere eficiente es que las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 7.4.10. Como tenemos dos tipos de alumbrado (funcional y ambiental) se adoptan los valores de la tabla más restrictiva que es la tabla 1 de la ITC-EA-01 (alumbrado funcional).

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

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

Tabla 7.4.10. Eficiencia energética mínima exigida, alumbrado vial funcional. Fuente: REEIAE

Para calcular la eficiencia energética de la instalación, se toma el cálculo de la iluminancia media sobre la sección completa de la vía, esta sección comprende ambas aceras y calzadas y su longitud es la comprendida entre tres puntos consecutivos. De

acuerdo al estudio luminotécnico incluido en el Anexo 2, se obtiene $E_m = 33$ lux. Para este valor, se debería alcanzar una eficiencia energética mínima de 22 ($m^2 \text{ lux} / W$), tabla 7.4.10.

A continuación se calcula la eficiencia energética de acuerdo a los datos de proyecto:

Superficie (m^2)	E_m (lux)	Potencia total (W)
1.008	33	500

Y aplicando la fórmula de eficiencia energética se obtiene:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{1.008 \cdot 33}{500} = 66,53 m^2 \cdot \text{lux} / W$$

Se comprueba que el valor obtenido para los parámetros de la instalación proyectada es superior al valor mínimo exigido:

$$\varepsilon = 66,53 > 22 \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

Ahora calculamos el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético que nos permitan obtener la calificación correspondiente a la instalación. El índice de eficiencia energética se obtiene mediante la fórmula:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{66,53}{32} = 2,08$$

Siendo ε_R la eficiencia energética de referencia obtenida de la tabla 7.4.11, para una iluminancia media $E_m = 33$ lux corresponde un $\varepsilon_R = 32 m^2 \cdot \text{lux} / W$.

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 ($\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W}$)	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R ($\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W}$)
≥ 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

Tabla 7.4.11 : Eficiencia energética de referencia para alumbrado vial funcional. Fuente: REEIAE

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, 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:

$$ICE = 1 / I_{\epsilon} = 0,48$$

Para el ICE calculado corresponde una Calificación energética A, de acuerdo a la tabla 7.4.12.

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 $\geq 5,00$	$I_{\epsilon} \leq 0,20$

Tabla 7.4.12. Calificación energética respecto ICE. Fuente: REEIAE

Se procede ahora a analizar el Sector 2: Avenida Rey D. Jaime desde C/ Zaragoza hasta Huerto de Sogueros, y Ruiz Zorrilla, CM 153 sito en Pza. Del Real 1-1.

En el caso del segundo tramo de la Avenida Rey D. Jaime, se mantienen los requisitos luminotécnicos como en el primer tramo: clase de alumbrado para la calzada ME2, con los niveles de referencia:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1,5 cd/m2 (equivale a 22,5 lux)	0,4	0,7	< 10%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es CE1A, con los niveles de referencia:

Em	Um Emin/ Em
30 lux	0,4

De acuerdo a los estudios luminotécnicos incluidos en el Anexo 2 de este documento, se resumen en la tabla siguiente los niveles de iluminación alcanzados:

Superficie	Iluminancia/ Luminancia media	Uniformidad global U0 (Min/med)	Uniformidad longitudinal
Camino peatonal 2	29	0,6	
Calzada 2	27/1,8	0,85	0,97
Calzada 1	29/1,86	0,83	0,97
Camino peatonal 1	37	0,63	

Tabla 7.4.13 : Niveles de iluminación obtenidos. Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios luminotécnicos Anexo 2.

Camino peatonal 2 = 29 \cong 30 **CUMPLE**

Calzada 2 > 1,5 cd/m², no supera el 20 % (Lmed + 20% = 1,8 cd/m²) **CUMPLE**

Calzada 1 > 1,5 cd/m², aunque es algo superior al 20 % se considera adecuado por estar mucho más próximo a los niveles exigidos que los actuales.

Camino peatonal 1 > 30 lux, no supera el 20 % **CUMPLE**

A continuación se verifica el cumplimiento de los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 7.4.10.

Como ya se ha visto antes, para calcular la eficiencia energética de la instalación, se toma el cálculo de la iluminancia media sobre la sección completa de la vía. En este caso se obtiene $E_m = 30,75$ lux, para este valor se debería alcanzar una eficiencia energética mínima de 22 (m² lux /W).

De acuerdo a los datos de proyecto:

Superficie (m ²)	E_m (lux)	Potencia total (W)
1.080	31	500

Y aplicando la fórmula de eficiencia energética se obtiene:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{1.080 \cdot 31}{500} = 66,96 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / \text{W}$$

Se comprueba que el valor obtenido para los parámetros de la instalación proyectada es superior al valor mínimo exigido:

$$\varepsilon = 66,96 > 22 \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

A continuación se calcula el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación:

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{66,96}{32} = 2,09$$

Siendo ε_R la eficiencia energética de referencia obtenida de la tabla 7.4.11, para una iluminancia media $E_m = 31 \text{ lux}$ corresponde un $\varepsilon_R = 32 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / \text{W}$.

El índice de consumo energético (ICE):

$$\text{ICE} = 1 / I_{\varepsilon} = 0,48$$

Para el ICE calculado corresponde una Calificación energética A, de acuerdo a la tabla 7.4.12.

A continuación se analizan los niveles de iluminación para la calle Ruiz Zorrilla:

En este caso se trata de un alumbrado vial funcional con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada. Como se ha visto anteriormente, la clase de iluminación definida para la calzada es ME3c, los niveles de referencia para esta clasificación son:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1 cd/m2 (equivale a 15 lux)	0,4	0,5	< 15%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es CE2, con los niveles siguientes:

Em	Um Emin/ Em
20 lux	0,4

De acuerdo a los estudios luminotécnicos incluidos en el Anexo 1 de este documento, se resumen en la tabla siguiente los niveles de iluminación alcanzados:

Superficie	Iluminancia/ Luminancia media	Uniformidad global U0 (Min/med)	Uniformidad longitudinal
Camino peatonal 2	20	0,58	
Calzada 1	21/1,36	0,69	0,77
Camino peatonal 1	20	0,47	

Tabla 7.4.14 : Niveles de iluminación obtenidos. Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios luminotécnicos Anexo 2.

Camino peatonal 2 = 20 \cong 20 **CUMPLE**

Calzada 1 > 1 cd/m2, aunque es algo superior al 20 % se considera adecuado por estar mucho más próximo a los niveles exigidos que los actuales.

Camino peatonal 1 = 20 \cong 20 **CUMPLE**

A continuación se verifica el cumplimiento de los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 7.4.10.

Como ya se ha visto antes, para calcular la eficiencia energética de la instalación, se toma el cálculo de la iluminancia media sobre la sección completa de la vía. En este caso se obtiene $E_m = 20$ lux, para este valor se debería alcanzar una eficiencia energética mínima de 17,5 ($m^2 \text{ lux} / W$).

De acuerdo a los datos de proyecto:

Superficie (m^2)	E_m (lux)	Potencia total (W)
256	22	104

Y aplicando la fórmula de eficiencia energética se obtiene:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{256 \cdot 22}{104} = 54,26 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / W$$

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

$$\varepsilon = 57,09 > 17,5 \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

Ahora calculamos el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{54,26}{27,4} = 1,98$$

Siendo ε_R la eficiencia energética de referencia obtenida de la tabla 7.4.11, para una iluminancia media $E_m = 22$ lux corresponde un $\varepsilon_R = 27,4 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / W$.

El índice de consumo energético (ICE):

$$ICE = 1 / I_\varepsilon = 0,5$$

Para el ICE calculado corresponde una Calificación energética A, de acuerdo a la tabla 7.4.12.

A continuación se analizan los niveles de iluminación para la calle San Vicente:

En este caso se trata de un alumbrado vial funcional con aceras iluminadas por el mismo alumbrado de la calzada. Como se ha visto anteriormente, la clase de iluminación definida para la calzada es ME3c, los niveles de referencia para esta clasificación son:

Lmed	U0	UI	TI	SR
1 cd/m ² (equivalente a 15 lux)	0,4	0,5	< 15%	> 0,5

La clase de alumbrado adoptada para las aceras es S1, con los niveles siguientes:

$$E_m = 15 \text{ lux}$$

De acuerdo a los estudios luminotécnicos incluidos en el Anexo 1 de este documento, se resumen en la tabla siguiente los niveles de iluminación alcanzados:

Superficie	Iluminancia/ Luminancia media	Uniformidad global U0 (Min/med)	Uniformidad longitudinal
Camino peatonal 2	17	0,51	
Calzada 1	19/1,27	0,72	0,7
Camino peatonal 1	17	0,521	

Tabla 7.4.15 : Niveles de iluminación obtenidos. Fuente: Elaboración propia a partir de los estudios luminotécnicos Anexo 2.

Camino peatonal 2 = 17 > 15 lux, no supera el 20 % (Em + 20%= 18 lux) **CUMPLE**

Calzada 1 > 1 cd/m², aunque es algo superior al 20 % se considera adecuado por estar mucho más próximo a los niveles exigidos que los actuales.

Camino peatonal 1 = 17 > 15 lux, no supera el 20 % (Em + 20%= 18 lux) **CUMPLE**

Para calcular la eficiencia energética de la instalación, se toma el cálculo de la iluminancia media sobre la sección completa de la vía. En este caso se obtiene Em =21 lux, para este valor se debería alcanzar una eficiencia energética mínima de 18 (m² lux /W).

De acuerdo a los datos de proyecto:

Superficie (m ²)	Em (lux)	Potencia total (W)
271,6	21	80

Y aplicando la fórmula de eficiencia energética se obtiene:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{271,6 \cdot 21}{80} = 71,3 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / \text{W}$$

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

$$\varepsilon = 71,3 > 18 \rightarrow \text{CUMPLE.}$$

Ahora calculamos el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético que nos permitan clasificar energéticamente la instalación:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{71,3}{26,6} = 2,68$$

Siendo ε_R la eficiencia energética de referencia obtenida de la tabla 7.4.11, para una iluminancia media $E_m = 21$ lux corresponde un $\varepsilon_R = 26,6 \text{ m}^2 \cdot \text{lux} / \text{W}$.

El índice de consumo energético (ICE):

$$ICE = 1 / I_{\varepsilon} = 0,37$$

Para el ICE calculado corresponde una Calificación energética A, de acuerdo a la tabla 7.4.12.

Para ambos sectores de alumbrado se obtiene una calificación energética Clase A tabla 7.4.16, por lo que se consideran altamente eficientes tras la actuación llevada a cabo.

CALLE	S(m2)	Em(lux)	P(W)	ε_{real}	ε_{ref}	I_{ε}	ICE	CALIFICACION
Avd. Rey Don Jaime desde desde C/ Arrufat alonso a C/ Zaragoza	1008	33	500	66,52	32	2,079	0,48	A
Avd. Rey Don Jaime (tramo 1)	1080	31	500	66,96	32	2,09	0,48	A
C. Ruiz Zorrilla	256,5	22	104	54,26	27,4	1,98	0,5	A
C/San Vicente	271,6	21	80	71,3	26,6	2,68	0,37	A

Tabla 7.4.16 : Calificaciones energéticas obtenidas para la situación proyectada. Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos realizados.

7.4.1.4 Resumen de resultados

A continuación se presentan los resultados totalizados, previamente obtenidos de manera individual para cada sector, de forma que se pueda tener una visión global del cumplimiento de los objetivos perseguidos para la propuesta realizada.

Energía consumida antes de la actuación (kWh)	230.067,20
Energía consumida después de la actuación (kWh)	30.688,18
Ahorro de energía final (kWh)	199.379,01
Ahorro de energía primaria (kWh)	203.865,04
% Ahorro obtenido	86,66
Reducción de emisiones de CO2	65,80
Ahorro de energía final TEP	17,15

Tabla 7.4.17 : Ahorros energéticos obtenidos y reducción de emisiones. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos individuales calculados.

Ahorros obtenidos en la facturación eléctrica por año:

COSTE FACTURACION INICIAL	39.173,37 €/año
COSTE FACTURACION PROYECTADO	4.485,54 €/año
AHORROS CONSEGUIDOS	34.687,83 €/año

Tabla 7.4.18 : Ahorros económicos en la factura eléctrica. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos individuales calculados.

7.4.1.5 Estudio de viabilidad económica

A continuación se realiza el estudio de la rentabilidad de la inversión en el proyecto. Para ello se procederá a calcular el periodo de retorno simple de la inversión, el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR)

En primer lugar se calcula el período de retorno de la inversión de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Período de retorno de la inversión (años): } T = \frac{I}{E}$$

Siendo: T = Tiempo de recuperación de la inversión [años]

I = Inversión total del proyecto [€]

E = Valor económico de la energía, sustituida o ahorrada [€]

El coste total de la inversión puede consultarse en el Documento N° 4: Presupuesto actuación 1, el valor económico de la energía ahorrada se ha obtenido de acuerdo a los cálculos realizados en el apartado 7.4.1.2 Ahorros económicos en la facturación, los valores obtenidos para ambos datos se indican a continuación:

I	E
138.116,68 €	34.687,83 €

Aplicando la fórmula, se obtiene:

PERIODO DE RETORNO T = 3,98 años.

El valor actual neto (VAN): Indica la ganancia o la rentabilidad neta generada por el proyecto. Se calcula como la diferencia entre el valor actual de los flujos de cajas (positivos o negativos) que produce una inversión y la inversión inicial requerida. Cuando un proyecto tiene un VAN. mayor que cero, se dice que para el interés elegido resulta viable desde el punto de vista financiero. Se calcula mediante la expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Siendo:

F_t : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n: es el número de periodos de tiempo considerado

k: es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

En cuanto al tipo de interés, se considera que el proyecto se financia con fondos propios, por lo que se estima el tipo de rentabilidad obtenido en un fondo de inversión de bajo riesgo, como puede ser una renta fija o letras del tesoro. Con base en los tipos de interés fijados por el Banco de España, se ha elegido un $k = 2,7\%$.

El número de periodos de tiempo considerado viene dado por la vida útil de los nuevos equipos instalados, de acuerdo a las horas de vida garantizadas por el fabricante y las horas de funcionamiento del alumbrado que se estiman en 4100h anuales, se obtienen los periodos anuales que se indican en la tabla 7.4.18.

	VIDA UTIL	
	HORAS	AÑOS
Lámpara Luminaria LED	100.000	24,39
Lámpara Proyector LED	50.000	12,20

Tabla 7.4.20 : Vida útil luminarias instaladas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del fabricante.

De acuerdo a esto, se ha considerado un periodo de tiempo de 12 años para el cálculo de la rentabilidad del proyecto.

Los flujos de caja considerados corresponden a los ahorros obtenidos en el consumo de energía eléctrica y a los ahorros en mantenimiento respecto a las sustituciones realizadas en el periodo de amortización considerado de lámparas y equipos.

El ahorro energético anual conseguido se puede ver en el punto 7.4.1.4. Para el flujo de caja de los sucesivos años se ha considerado un incremento del precio de la energía del 2% anual.

En cuanto a los ahorros en mantenimiento, se obtienen en función del número de sustituciones necesarias de lámparas y equipos para el periodo considerado, El número de reposiciones se determina según la vida útil indicada por el fabricante (tabla 7.4.19), de acuerdo al coste unitario de mano de obra y material necesario para cada sustitución se obtienen los gastos de mantenimiento necesarios ((tabla 7.4.20).

	VIDA UTIL	
	HORAS	AÑOS
Lámpara SAP	23.000	5,61
Equipo SAP	32.800	8,00

Tabla 7.4.21 : Vida útil equipos actualmente instalados. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del fabricante

	Unidades	Coste reposición	Nº reposiciones	Gastos mantenimiento (€)
Lampara Luminaria	92	22,79 €	2	4.193,05 €
Lampara Proyector	146	22,79 €	2	6.654,19 €
TOTAL LAMPARAS				10.847,25 €
Equipo Luminaria	92	49,22 €	1	4.528,24 €
Equipo Proyector	146	49,22 €	1	7.186,12 €
TOTAL EQUIPOS				11.714,36 €

Tabla 7.4.22 : Gastos de mantenimiento de la instalación actual. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto.

De acuerdo a las premisas anteriormente establecidas se calcula el VAN utilizando la expresión indicada:

AÑO	INVERSION	AHORROS ENERGETICOS	AHORROS MANTENIMIENTO	FLUJO CAJA ACTUALIZADO	TOTAL ACUMULADO
1	-138.116,68	34.687,83 €		33.775,88 €	- 104.340,80€
2		34.757,21 €		32.953,68 €	- 71.387,12 €
3		34.826,72 €		32.151,50 €	- 39.235,61 €
4		34.896,37 €		31.368,84 €	- 7.866,77 €
5		34.966,17 €	5423,62	30.605,24 €	22.738,47 €
6		35.036,10 €		29.860,23 €	52.598,70 €
7		35.106,17 €		29.133,35 €	81.732,04 €
8		35.176,38 €	11.714,36 €	37.889,91 €	119.621,95 €
9		35.246,74 €		27.732,24 €	147.354,19 €
10		35.317,23 €	5423,62	31.212,29 €	178.566,48 €
11		35.387,86 €		26.398,51 €	204.964,99 €
12		35.458,64 €		29.695,43 €	234.660,42 €

Tabla 7.4.23 : Calculo del VAN. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto.

$$\text{VAN} = 234.660,42 \text{ €}$$

La Tasa Interna de Retorno (también conocida como Tasa Interna de Rentabilidad), calcula el porcentaje de beneficios que se obtendrá al finalizar la inversión. Cuánto mayor se la TIR, más rentable será el proyecto. Se calcula utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Siendo:

F_t es el flujo de caja en el periodo t.

I es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n es el número de periodos considerado.

AÑO	INVERSION	AHORROS ENERGIA	AHORROS MANTENIMIENTO	FLUJO CAJA ACTUALIZADO	TOTAL ACUMULADO	TIR
1	-138.116,68	34.687,83 €		27.931,26 €	- 110.185,42 €	0,2419
2		34.757,21 €		22.535,73 €	- 87.649,69 €	
3		34.826,72 €		18.182,46 €	- 69.467,23 €	
4		34.896,37 €		14.670,12 €	- 54.797,11 €	
5		34.966,17 €	5423,62	13.672,20 €	- 41.124,91 €	
6		35.036,10 €		9.549,84 €	- 31.575,07 €	
7		35.106,17 €		7.705,08 €	- 23.869,99 €	
8		35.176,38 €	11.714,36 €	8.286,94 €	- 15.583,05 €	
9		35.246,74 €		5.015,79 €	- 10.567,26 €	
10		35.317,23 €	5423,62	4.668,35 €	- 5.898,91 €	
11		35.387,86 €		3.265,14 €	- 2.633,77 €	
12		35.458,64 €		2.634,41 €	0,63 €	

Tabla 7.4.24 : Calculo del TIR. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto.

TIR = 24,19%

7.4.2 Actuación 2: Sustitución de luminarias por otras de mayor eficiencia incorporando un sistema de telegestión

En este caso se propone sustituir las actuales luminarias por los modelos con tecnología LED descritos en la anterior solución, pero además incorporando un sistema de telegestión del alumbrado que permita monitorizar el estado de la instalación y tener un control a distancia de la misma.

El sistema de telegestión elegido es el sistema City Touch de Philips, en este caso implementado mediante un equipo de comunicación por telefonía móvil instalado en la propia luminaria.

Se ha seleccionado este sistema por su sencillez en la instalación y puesta en marcha, ya que las luminarias a instalar, en su mayoría fabricadas por Philips, llevan incorporado de fábrica el sistema de comunicación en cada una de ellas.

El sistema supone un coste adicional de unos 300 € aproximadamente por cada punto de luz, frente al coste de la luminaria sin telegestión. Este incremento en el precio incluye el equipo de comunicación remota instalado en la luminaria, conectividad de la misma durante 10 años y el acceso Web al software de supervisión y control de la instalación.

En el caso de los módulos retrofit, se ha previsto la instalación del módulo de comunicación que se suministra de forma externa y se tiene que conectar al driver de la luminaria. El módulo City Touch se soporta sobre la columna y tiene conectividad de 10 años igual que el resto de luminarias que ya lo llevan incorporado.

Una vez instaladas y conectadas las luminarias, el equipo de control instalado en las mismas lleva un geoposicionador GPS que detecta la posición de la luminaria y envía esta información por telefonía móvil. La información es recibida con el software de supervisión, apareciendo automáticamente sobre la cartografía del mismo como se puede ver en la Figura 7.5.1.

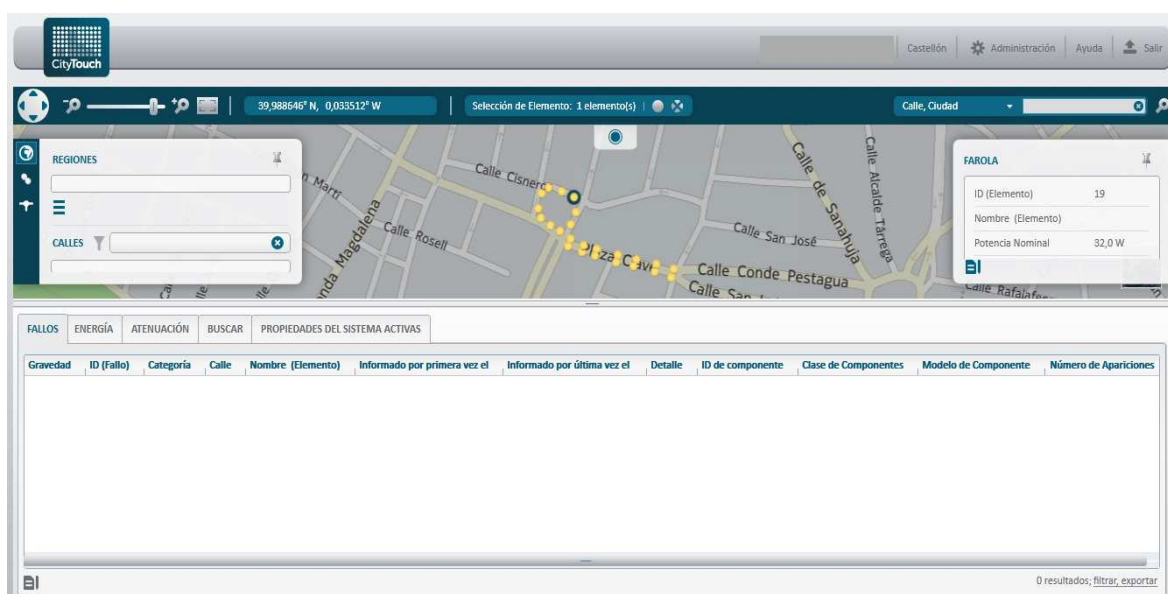


Figura 7.5.1 Aplicación de gestión remota, cartografía. Fuente: Sistema City Touch.

Las funcionalidades obtenidas mediante la instalación del sistema son las siguientes:

- Posicionamiento inmediato de las luminarias sobre el mapa cartográfico de la zona. Es posible realizar la identificación por colores de cada sector.
- Detección de fallos en la instalación, el sistema permite la detección de fallos en cada punto de luz que son exportables a formato excel para su tratamiento.
- Datos de características y funcionamiento de cada luminaria.
- Permite la introducción de datos para mejorar la gestión del mantenimiento.
- Permite la obtención de parámetros de consumo energético por sectores o por luminaria exportables para su tratamiento.
- Se pueden visualizar los datos de identificación y características de cada luminaria, datos de trabajo y operaciones de mantenimiento registradas Figuras 7.5.2 y 7.5.3.

Luminaria	
ID	42
Nombre	<input type="text"/>
Tipo	Luminaria
Número de Serie	117282573004
Sistema de Control	CityTouch Direct
Horas de Funcionamiento de Lámpara	1.366,0 h
Tipo de Luminaria	Philips Milewilde 2 LED 32W 4000K (d4814f)
Vida útil de lámpara	1,37 %
Fecha de Instalación	31/03/2016 15 x
Contador de Conexiones	
Última lámpara reemplazada	Sin especificar 15
Limpiado por última vez el	Sin especificar 15
ID de pedido	0004906208

ID de pedido	0004906208
Puerto de OLC	1
Es Telegestionado	Sí
Tipo de Luminaria	
Potencia Nominal	32,0 W
Potencia	32,0 W
Modelo	Milewilde 2 LED
Detalles de Tipo	BPP435I
Fabricante	Philips
Eficacia Luminosa	125,0 lm/W
Índice de Reproducción Cromática	70,0
Flujo Luminoso	4.000,0 lm
Color de Luminaria	Silver Gray
Temperatura Ambiente Nominal	25,0 C

Figura 7.5.2 Datos de identificación y características de cada luminaria instalada.
Fuente: Sistema City Touch.

nominal	
Material de Luminaria	Aluminio
Tecnología de Lámpara	LED
Máx. de Horas de Funcionamiento de Lámpara	100.000 h
Temperatura de Color	4.000 K
Óptica	DW / Distribution Wide
Denominación de Driver	Xitanium 40W 0.70A Prog+ GL-J sXt
Fabricante del Driver	Philips
Número de Pedido de Driver	929000708803
Atenuación Mínima Recomendada	16,39 %
Umbral de Fallo de Potencia	6,90 W
Interfaz de Atenuación de Driver	DALI

Figura 7.5.3 Datos de identificación y características de cada luminaria instalada.
Fuente: Sistema City Touch.

El sistema permite obtener ahorros energéticos óptimos al poder ajustar las curvas de funcionamiento de forma totalmente personalizada y ajustada según las necesidades de cada instalación, permitiendo además un ajuste diario mediante calendarios como se puede ver en la Figura 7.5.4.

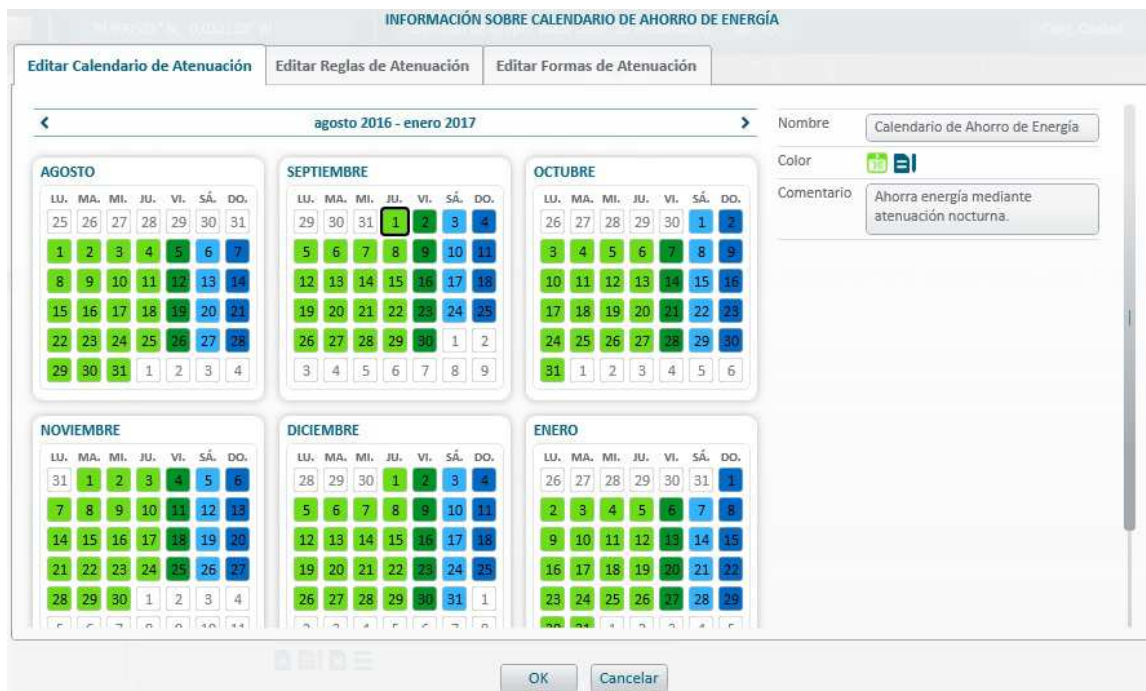


Figura 7.5.4 Calendarios configurables mediante el software de telegestión.
Fuente: Sistema City Touch.

Es posible asignar curvas de funcionamiento distintas para cada día del año. En el calendario se identifica cada tipo de curva asignada mediante un código de colores. A continuación se indica los tipos de curvas que se han configurado:

- De día Laborable a día laborable.
- De día Laborable a fin de semana.
- De fin de semana a fin de semana.
- De fin de semana a día laborable.

Para esta propuesta, se establece una programación para las curvas de funcionamiento como se indica a continuación:



Figura 7.5.5 Curvas de regulación. Fuente: Sistema City Touch.

Curva de funcionamiento de día festivo (domingo) a día laborable (jueves):

Ordinario 100%	Desde encendido ocaso hasta las 21h
reducido 80%	de 21h a 22:30
reducido 50%	de 22:30 a 6:30am
reducido 80%	de 6:30 a apagado en orto

De día laborable (viernes) a fin de semana:

Ordinario 100%	Desde encendido ocaso hasta las 22h
reducido 80%	de 22 a 1h
reducido 50%	de 1 a apagado en orto

De fin de semana (sábado) a fin de semana:

Ordinario 100%	Desde encendido ocaso hasta las 22h
reducido 80%	de 22 a 2h
reducido 50%	de 2 a apagado en orto

Mediante el establecimiento de este tipo de curvas con los horarios de funcionamiento optimizados, se pretende incrementar los ahorros energéticos conseguidos en la propuesta anterior.

El sistema permite consultar y exportar para su posterior análisis los datos de consumo por grupos de luminarias o de forma individual agrupados por años o diarios, con una mejor visibilidad de los puntos de forma individual, se puede supervisar el uso de energía e identificar los costes de forma inmediata:

ENERGÍA CONSUMIDA 2016:

marzo 2016	5,906	kWh
abril 2016	222,355	kWh
mayo 2016	147,074	kWh
junio 2016	130,610	kWh
julio 2016	140,126	kWh
agosto 2016	88,964	kWh
Total	735,036	kWh
Promedio Por Mes	58,734	kWh

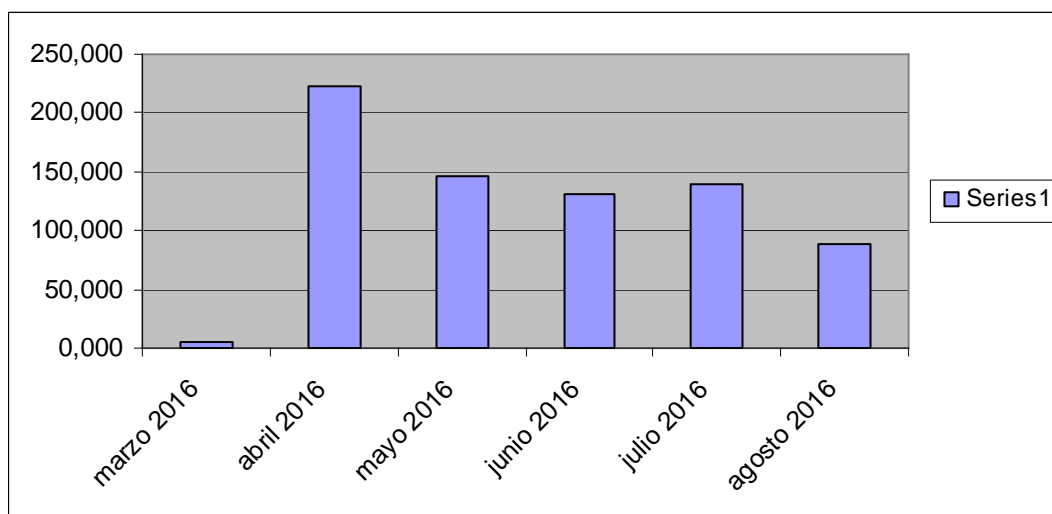


Tabla 7.4.25 : Datos de consumo de energía. Fuente: . Fuente: Sistema City Touch.

7.4.2.1 Ahorros energéticos obtenidos

A continuación se analizan los ahorros energéticos obtenidos mediante la solución propuesta, mediante la comparación de la energía consumida antes y después de la actuación.

El régimen de funcionamiento de la instalación para poder realizar la comparativa es el siguiente: Se consideran 4100h de funcionamiento anuales del alumbrado. De estas, se han estimado las horas de funcionamiento en cada uno de los escalones de

reducción de potencia fijados según la programación de las curvas de funcionamiento del sistema.

Se detalla de forma individual los datos de cada uno de los sectores. A continuación se reflejan los datos correspondientes al Sector 1: Avenida Rey D. Jaime desde C/ Arrufat alonso a C/ Zaragoza, CM 144 con dirección en Avda. Rey D. Jaime 45.

Como hemos visto en la solución 1, la energía consumida en la situación inicial, según datos teóricos, es de **230.067,20 kWh / año**.

Energía consumida en la situación proyectada:

De acuerdo a la programación horaria realizada en el sistema de telegestión se obtendrían las siguientes horas de aplicación en cada régimen de funcionamiento para un periodo de un año:

Potencia	horas
100%	694
75%	754
50%	2652

Num PUNTOS	TIPO	P/ punto W	P equip	TOTAL P(kW)	Consumo régimen 100%	Consumo régimen 75%	Consumo régimen 50%	total kWh año
37	Luminaria Milewide LED	32	3	1,295	898,73	732,32	1.717,17	3.348,22
86	Proyector Coreline LED	40	5	3,87	2.685,78	2.188,49	5.131,62	10.005,89
		TOT P INSTAL		5,165			TOTAL kWh/año	13.354,11

Tabla 7.4.26. : Energía teórica consumida en la situación proyectada. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

Sector 2: Avenida Rey D. Jaime desde C/ Zaragoza hasta Huerto de Sogueros, y Ruiz Zorrilla, CM 153 sito en Pza. Del Real 1-1.

Como hemos visto en la solución 1, la energía consumida en la situación inicial, según datos teóricos, es de **99.941,60 kWh / año**.

Energía consumida en la situación proyectada:

Num PUNTOS	TIPO	P/ punto W	P equip	TOTAL P(kW)	Consumo régimen 100%	Consumo régimen 75%	Consumo régimen 50%	total kWh año
28	Luminaria Milewide LED	32	3	0,98	680,12	554,19	1.299,48	2.533,79
60	Proyector Coreline LED	40	5	2,7	1.873,80	1.526,85	3.580,20	6.980,85
14	Retrofit	23	3	0,364	252,62	205,84	482,66	941,12
13	Retrofit	37	3	0,52	360,88	294,06	689,52	1.344,46
		TOT P INSTAL			4,044		TOTAL kWh/año	11.800,22

Tabla 7.4.27. : Energía teórica consumida en la situación proyectada. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la auditoria.

7.4.2.2 Ahorros económicos en la facturación eléctrica

Tras el análisis energético de la instalación, se realiza el análisis de los ahorros económicos obtenidos. Para ello se efectúa la simulación de la facturación eléctrica anual a partir de los datos de facturación actuales y para la nueva situación de proyecto.

Esta simulación se realiza para cada uno de los sectores objeto de estudio, comenzando por el sector 1, CM 144 sito en Avda. Rey D. Jaime 45.

POTENCIA FACTURADA				
	P	DIAS	€/kW día	
P	6,928	365	0,114873	290,48
		Total imp potenc		290,48
ENERGÍA FACTURADA				
P	4406,86	0,15997		704,96
V	8947,25	0,068011		608,51
	13354,11	Total kWh		1313,47
REACTIVA				
P1	0	0		0
P2	0	0		0
		Suman		1603,95
Impuesto eléctrico 5,1127% s/ 14.920,06 €				762,82
		Importe total		1685,96
		IVA		354,05
		TOTAL		2040,01

Tabla 7.4.28 : Simulación de costes de facturación anual de la situación propuesta. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto.

CM 153 sito en Avda. Rey D. Jaime 1-1:

POTENCIA FACTURADA				
	P	DIAS	€/kW día	
P	5,196	365	0,114873	217,86
		Total imp potenc		290,48
ENERGÍA FACTURADA				
P	3894,07	0,122701		477,81
V	7906,15	0,05989		473,5
	11800,22	Total kWh		951,31
REACTIVA				
P1	0	0		0
P2	0	0		0
		Suman		1.169,17
Impuesto eléctrico 5,1127% s/ 1.169,17 €				762,82
		Importe total		1.228,95
		IVA		258,08
		TOTAL		1.487,03

Tabla 7.4.29 : Simulación de costes de facturación anual de la situación propuesta. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del proyecto.

7.4.2.3 Resumen de resultados

A continuación se presenta una recopilación de los resultados obtenidos de manera individual para cada sector, de forma que se pueda tener una visión global del cumplimiento de los objetivos perseguidos para la propuesta realizada

Energía consumida antes de la actuación (kWh)	230.067,20
Energía consumida después de la actuación (kWh)	25.154,33
Ahorro de energía final (kWh)	204.912,87
Ahorro de energía primaria (kWh)	209.523,41
% Ahorro obtenido	89,07
Reducción de emisiones de CO2 (tCO2)	67,62
Ahorro de energía final TEP	17,62

Ahorros obtenidos en la facturación eléctrica por año:

COSTE FACTURACION INICIAL	39.173,37 €
COSTE FACTURACION PROYECTADO	3.701,38 €
AHORROS CONSEGUIDOS	35.471,99 €

7.4.2.4 Estudio de viabilidad económica

A continuación se realiza el estudio de la rentabilidad de la inversión en el proyecto del mismo modo que se ha realizado para la propuesta de actuación 1. Para ello se procederá a calcular el periodo de retorno simple de la inversión, el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR).

En primer lugar se calcula el período de retorno de la inversión. El coste total de la inversión puede consultarse en el Documento Nº 4: Presupuesto actuación 2, el valor económico de la energía ahorrada se ha obtenido de acuerdo a los cálculos realizados en el apartado 7.4.2.2 Ahorros económicos en la facturación, los valores obtenidos para ambos datos se indican a continuación:

I	E
242.640,33 €	35.471,99 €

Aplicando la fórmula $T = \frac{I}{E}$, se obtiene:

PERIODO DE RETORNO $T = 6,84$ años.

Las premisas tenidas en cuenta para calcular el VAN son las mismas que las formuladas para la propuesta de actuación 1. En este caso difieren los datos de inversión inicial y los flujos de caja correspondientes a los ahorros energéticos que son algo superiores a los obtenidos con la propuesta anterior. El VAN calculado se obtiene de acuerdo a la tabla

AÑO	INVERSION	AHORROS ENERGETICOS	AHORROS MANTENIMIENTO	FLUJO CAJA ACTUALIZADO	TOTAL ACUMULADO
1	-242.640,33	39.173,37 €		38.143,50 €	- 204.496,83€
2		39.251,72 €		37.214,98 €	- 167.281,86 €
3		39.330,22 €		36.309,06 €	- 130.972,79 €
4		39.408,88 €		35.425,20 €	- 95.547,59 €
5		39.487,70 €	5423,62	39.310,05 €	- 56.237,54 €
6		39.566,67 €		33.721,50 €	- 22.516,04 €
7		39.645,81 €		32.900,63 €	10.384,58 €
8		39.725,10 €	11.714,36 €	41.565,48 €	51.950,07 €
9		39.804,55 €		31.318,34 €	83.268,41 €
10		39.884,16 €	5423,62	34.711,10 €	117.979,50 €
11		39.963,93 €		29.812,15 €	147.791,65 €
12		40.043,85 €		33.025,96 €	180.817,61 €

VAN = 180.817,61 €

A continuación se calcula la Tasa Interna de Retorno:

AÑO	INVERSION	AHORROS ENERGIA	AHORROS MANTENIMIENTO	FLUJO CAJA ACTUALIZADO	TOTAL ACUMULADO	TIR
1	-242.640,33	39.173,37 €		34.920,10 €	- 207.720,23 €	0,1218
2		39.251,72 €		31.190,89 €	- 176.529,34 €	
3		39.330,22 €		27.859,93 €	- 148.669,40 €	
4		39.408,88 €		24.884,70 €	- 123.784,71 €	
5		39.487,70 €	5423,62	22.227,19 €	- 101.557,51 €	
6		39.566,67 €		19.853,49 €	- 81.704,02 €	
7		39.645,81 €		17.733,29 €	- 63.970,73 €	
8		39.725,10 €	11.714,36 €	15.839,50 €	- 48.131,23 €	
9		39.804,55 €		14.147,96 €	- 33.983,27 €	
10		39.884,16 €	5423,62	12.637,06 €	- 21.346,21 €	
11		39.963,93 €		11.287,52 €	- 10.058,70 €	
12		40.043,85 €		10.082,09 €	23,39 €	

TIR = 12,18%

8 NORMATIVA Y REFERENCIAS

LEGISLACION

REEIAE. REAL DECRETO 1890/2008, de 14 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.

REBT. Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT-01 a ITC-BT-51.

BIBLIOGRAFIA

Agencia Andaluza de la Energía. Ahorro energético en las instalaciones de alumbrado exterior. 2011.

Angel Sánchez de Vera - Jefe Departamento Servicios y Agricultura. IDAE - Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Inventario. 2015 consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España

ANFALUM. Enero 2010 Comunica nº 12. Seleccionar y comparar luminarias LED's para aplicaciones de alumbrado exterior.

ARELSA. Sistemas de telegestión para alumbrado exterior www.arelsa.es Consultada junio 2016.

CEI - IDAE. Comité Español de la Iluminación - Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía. Enero 2014. Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior.

CPER. Centro provincial de energías renovables de Diputación. "Jornada: como interpretar las necesidades de iluminación de su municipio". Noviembre 2015.

ELT. Soluciones tecnológicas eficientes para el sector de la iluminación www.elt.es. Consultada mayo 2016.

FENERCOM. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. 2012. Guía de gestión energética en el Alumbrado Público.

FENERCOM. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. 2015. Guía sobre tecnología LED en el alumbrado.

GVA: Generalitat Valenciana. Conselleria de medi ambient, aigua, urbanisme i habitatge. Octubre 2010. Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Público

IDAE. marzo 2001 Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.

IDAE. octubre 2008. Protocolo de Auditoria Energética de las instalaciones de alumbrado público exterior.

IDAIE. Diciembre 2015. Ahorro y eficiencia energética en parques nacionales y reservas de la biosfera.

INDAL. 2002. Manual de luminotecnia.

LAYRTON: Manual técnico Balastos.

MULTILAMP. Control y telegestión de alumbrado exterior www.multilamp.es Consultada junio 2016.

Pacto de los Alcaldes. www.pactodelosalcaldes.eu. Consultada mayo 2016

PHILIPS LIGHTING, 2016. Catálogo de alumbrado Urbano.

Schreder, 2014. Soluciones de iluminación LED.

SECE abril 2010. Ponencia incorporación de la Tecnología LED en alumbrado público.

SYLVANIA. Lámparas. www.sylvania.com. Consultada mayo 2016.

TRIDONIC. Iluminación eficiente para calles, puentes y plazas. www.tridonic.es. Consultada mayo 2016.

SOFTWARE

DIALUX. Programa de calculo de iluminación interior y exterior.

AUTOCAD. Diseño Gráfico.

9 CONCLUSIONES

Debido a la escasa reglamentación existente sobre el diseño y funcionamiento adecuado en las instalaciones de alumbrado exterior con anterioridad al año 2008 que consistían principalmente en recomendaciones al respecto, actualmente muchas instalaciones se encuentran sobredimensionadas, con niveles de iluminación excesivos, luminarias poco eficientes e instalaciones obsoletas, por lo que existe un elevado potencial de ahorro en las actuales instalaciones de alumbrado público de los municipios.

Los ahorros se obtienen principalmente por la modernización de sus luminarias, lámparas y equipos de regulación, actuaciones que se han visto acrecentadas en los últimos años con avances legislativos, tecnológicos y de contratación de servicios que potencian y facilitan la obtención de estos elevados ahorros:

- La publicación del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior REEIAE (RD 1890/2008).

- La irrupción de la tecnología LED como nueva fuente de iluminación.

- La utilización cada vez mayor de la contratación de empresas de servicios energéticos por las administraciones públicas para la reforma de los sistemas de alumbrado exterior.

Los beneficios conseguidos dependerán en gran medida de un análisis y estudio pormenorizado de la situación inicial de las instalaciones, por lo que la realización de una adecuada auditoría energética es fundamental en este aspecto.

Las soluciones a implementar pueden ser de diferentes tipos dependiendo del estado inicial de las instalaciones, sus niveles lumínicos y funcionamiento, así como tipología, de los diferentes elementos y equipos que conforman la instalación.

Las nuevas tecnologías y el abaratamiento de coste de las mismas, están contribuyendo en gran medida a la consecución de elevados ahorros mediante la implantación en la renovación de instalaciones existentes y consiguiendo que mediante su instalación en nuevas instalaciones se consiga una mayor eficiencia energética en las mismas, repercutiendo tanto en beneficios económicos como medioambientales.

Las tendencias futuras apuestan por las ciudades inteligentes en las que se utilicen los últimos avances en las comunicaciones y las tecnologías, intercambio de datos, análisis y control, unidos a un diseño inteligente para hacer las ciudades más habitables, económicamente viables y sostenibles, en esto se basa el concepto de Smart Cities que pretende integrar, comunicar y gestionar todos los servicios en la ciudad, movilidad urbana, gestión de la semaforización, transporte urbano, recogida de residuos, alumbrado público...

Los sensores inteligentes para el alumbrado público, nuevas tecnologías LED que permiten la disminución de potencia y sistemas de telegestión junto con una infraestructura abierta que incluiría el resto de servicios, conectada a crear una capa distribuida de inteligencia que puede ahorrar energía, optimizar las operaciones y hacer que los ciudadanos se sienten más felices y más seguros.

ANEXO 1: TOMA DE DATOS DE LA INSTALACION EXISTENTE

A continuación se procede a recopilar los datos necesarios para realizar la auditoría, tanto disponibles en inventario municipal, como datos y mediciones realizadas en campo. En primer lugar se detalla el inventario desglosado de aquellos componentes de la instalación que como se ha dicho anteriormente tienen una mayor incidencia en cuanto a la eficiencia energética de la instalación, estos son lámparas, luminarias y equipos existentes.

Las luminarias existentes actualmente en las instalaciones y sus características son las siguientes:

En la Avenida Rey D. Jaime, como alumbrado vial funcional, se encuentran instaladas luminarias modelo QS-10 cuyo fabricante es Carandini (figura 12.1). Sus características funcionales son las siguientes:

Se trata de una luminaria de fundición inyectada de aluminio, con acceso al equipo por su parte superior mediante tapa de este mismo material. El reflector es de Aluminio de una sola pieza anodizado y sellado. Con Cierre de Vidrio templado curvado. El acceso a la lámpara se realiza por la parte inferior. La Protección contra choques eléctricos es de Clase I. La protección del grupo óptico es IP65.



También en la Avenida, como alumbrado vial ambiental, se encuentran instalados proyectores modelo Tempo cuyo fabricante es Philips (figura 12.2). Sus características funcionales son las siguientes:

Se trata de un proyector con carcasa de inyección de aluminio con recubrimiento en acabado rugoso resistente a la corrosión. Con difusor de vidrio termoendurecido, 4 mm grosor. Con junta de sellado en silicona de primera calidad y clips de fijación de acero inoxidable. El reflector es de aluminio anodizado de alta pureza.



En la Calle Ruiz Zorrilla, como alumbrado vial funcional, se encuentran instaladas luminarias modelo Palacio cuyo fabricante es La Nave (figura 12.3). Sus características funcionales son las siguientes:

Se trata de una Luminaria de fundición de aluminio inyectado EN-1706 4300, con cuerpo y varillas de fundición de aluminio de una sola pieza, incluyendo todo el cerco perimetral. Con difusores de policarbonato. Protección contra choques eléctricos Clase I. En la instalación la lámpara va colocada en posición vertical, el bloque óptico no lleva reflector y el difusor es traslúcido.



En cuanto a los equipos instalados, ambos sectores disponen de equipos electromagnéticos instalados en las luminarias. Estos incorporan la regulación de flujo por Doble Nivel cuyo funcionamiento se regula con una línea de mando tendida hasta cada punto desde el cuadro de mando y protección. Los equipos son marca LAYRTON de las siguientes características:

Son equipos de doble nivel de potencia para lámparas de vapor de sodio alta presión, hasta 400V. Estos equipos llevan incorporados: una reactancia que está configurada para poder suministrar un doble nivel de potencia como se ha visto en la parte teórica de este documento; un condensador para la corrección del factor de potencia y el arrancador de encendido para dar el impulso de tensión necesario para provocar el encendido de la lámpara. (figura 12.4)

:



El fabricante garantiza que en los equipos de doble nivel de potencia LAYRTON está previsto que se pueda obtener una reducción de potencia acorde a la máxima admisible por los fabricantes de lámparas. En el caso de los equipos para lámparas de

sodio alta presión se pueden conseguir reducciones de potencia entre el 40% y el 45% de la potencia total.

Para las lámparas de 250 W instaladas, se determinan los siguientes parámetros:

Nivel Nominal		
P (W)	IL _{BF/LF} (A)	ΔT (K)
277	3	75

En segundo lugar se han recogido los datos relativos a los cuadros generales de alumbrado, donde se contempla la descripción y la medida de los parámetros siguientes: localización; acometida eléctrica; protecciones; equipos de medida; datos de facturación de la compañía eléctrica y los circuitos que de él parten hacia el resto de la instalación. A partir de los datos recogidos se cumplimentan las siguientes fichas que tienen su base en el protocolo de auditoría energética establecido por el IDAE.

Se indican a continuación los datos relativos al sector 1 que se encuentra alimentado eléctricamente desde el Cuadro de mando 144 con dirección Avda. Rey D. Jaime, 45 (figura A.1).



Figura A.1. Cuadro de mando y protección CM 144. Fuente: Propia, fotografía en campo.

DATOS GENERALES DEL CUADRO			
Localidad	Castellón	Provincia	Castellón
Dirección	Avd rey Don Jaime, 45-1	C.P.	12001
CIF	P1204000B	752.726	4.430.496
Abonado			
Nº contrato		0457983700	
CUPS		ES0021000002621940BY	
Nº Contador		95663542	

Tabla A.1. Datos generales del cuadro. Fuente: Elaboración propia a partir de datos municipales.

PROTECCIONES GENERALES			
INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO	CORTE OMNIPOLAR		SI
	Nº POLOS	4	INTENSIDAD (A) 100
			PODER DE CORTE (kA) 36
	REARMABLE		NO
SECCION DERIVACION INDIVIDUAL (mm2)	35	TIPO CONDUCTOR	Cobre RV 06/1 kV

Tabla A.2. Protecciones Generales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

PUESTA A TIERRA DEL CUADRO			
Existe	SI	TIPO	PICA
Sección de la línea principal	Cobre desnudo 35 mm ²	RESISTENCIA (Ω)	16

Tabla A.3. Protecciones Generales. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas tomadas en campo.

ELEMENTOS CORRECTORES ENERGÍA REACTIVA	
Condensadores fijos cabecera	NO
Condensadores fijos + contactor	NO
Batería automática	NO
Compensación punto de luz	SI

Tabla A.4. Elementos correctores de energía reactiva. Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

CARACTERÍSTICAS CONTROL Y REGULACIÓN CUADRO			
SISTEMA DE CONTROL DE ENCENDIDO	CÉLULA FOTOELÉCTRICA		
	RELOJ		
	PROGRAMADOR ASTRONÓMICO		SI
	OTROS		
MANIOBRA DEL 50%	SI	NO	X
SISTEMA DE REGULACIÓN DE FLUJO	SI	DOBLE NIVEL	SI
		TRIPLE NIVEL	NO
		ESTABILIZADOR-REDUCTOR	NO
		BALASTO ELECTRÓNICO	NO

Tabla A.5. Control y regulación del cuadro. Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

Se han efectuado las medidas de los parámetros eléctricos por fases según se indica en el protocolo de auditoría, obteniendo los resultados siguientes:

MEDIDAS ELECTRICAS EN HORARIO ORDINARIO					
P (KW)			Fase R	14,00	
			Fase S	13,58	
			Fase T	12,8	
I (A)			Fase R	72	
			Fase S	70	
			Fase T	66	
Tensión (V)			Fase R	232	
			Fase S	231	
			Fase T	231	
Cos ϕ			Fase R	0,84	
			Fase S	0,84	
			Fase T	0,84	
P(kW)	40,6	Q(kVAr)	26,2	S(VA)	48,3

Tabla A.6. Medidas eléctricas en horario ordinario. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas tomadas en campo.

MEDIDAS ELECTRICAS EN HORARIO REDUCIDO					
P (KW)			Fase R	10,52	
			Fase S	9,89	
			Fase T	9,50	
I (A)			Fase R	54	
			Fase S	51	
			Fase T	49	
Tensión (V)			Fase R	232	
			Fase S	231	
			Fase T	231	
Cos ϕ			Fase R	0,84	
			Fase S	0,84	
			Fase T	0,84	

Tabla A.7. Medidas eléctricas en horario reducido. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas tomadas en campo.

PROTECCIÓN, DIMENSIONADO Y CONSUMO DE LOS CIRCUITOS DE SALIDA					
CIRCUITO Nº		1	2	3	4
INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO	Nº POLOS	4	4	4	4
	INTENSIDAD (A)	32	32	32	32
DIFERENCIAL	Nº POLOS	4	4	4	4
	INTENSIDAD (A)	40	40	40	40
	SENSIBILIDAD (mA)	300	300	300	300
SECCIÓN (mm ²)		10	25	25	10
INTENSIDAD	Fase R	15	20	20	17
	Fase S	13	21	20	15
	Fase T	16	18	17	14

Tabla A.8. Protección, dimensionado y consumo de los circuitos de salida. Fuente: Elaboración propia a partir de datos y medidas tomadas en campo.

DATOS CORRESPONDIENTES A LA FACTURACIÓN							
MES	Fecha lectura anterior	Fecha lectura actual	Potencia maxímetro	Consumo por periodos	Consumo total kWh	Consumo reactiva	Cos f
ene	24/12/14	28/01/15	47	6.886,4	15.502,4	9.958	0,84
				4.098			
				4.518			
feb	28/01/15	20/02/15	47	4.025	9.285	6.042	0,84
				2.375			
				2.885			
mar	sin consumo						
abr	20/02/15	27/04/15	50	5.840	22.705	14.179	0,84
				8.935			
				7.930			
may	27/04/15	22/05/15	43	22	6.535	4.311	0,84
				3.759			
				2.754			
jun	22/05/15	22/06/15	43	15	7.264	4.792	0,84
				4.010			
				3.239			
jul	22/06/15	23/07/15	43	15	6.917	4.595	0,84
				3.692			
				3.210			
ago	23/07/15	28/08/15	43	18	8.695	5.864	0,84
				4.754			
				3.923			
sep	28/08/15	24/09/15	43	13	8.140	5.368	0,84
				4.961			
				3.166			
oct	24/09/15	26/10/15	43	200	10.556	7.063	0,84
				6.486			
				3.870			
nov	26/10/15	23/11/15	42	4.940	11.432	7.534	0,84
				2.788			
				3.704			
dic	23/11/15	22/12/15	45	5.580	12.998	7.708	0,84
				3.424			
				3.994			
TOTAL					120.029,40	77,414	

Tabla A.9. Datos correspondientes a la facturación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos municipales.

Se indican a continuación los datos relativos al sector 2 que se encuentra alimentado eléctricamente desde el Cuadro de mando 153 con dirección Plaza del Real, 1-1 (figura A.2).



Figura A.2. Cuadro de mando y protección CM 153. Fuente: Propia, fotografía en campo.

DATOS GENERALES DEL CUADRO			
Localidad	Castellón	Provincia	Castellón
Dirección	Avd. Rey Don Jaime, 1-1 esc. 1	C.P.	12001
CIF Abonado	P1204000B	752.726	4.430.496
	Nº contrato	0457984545	
	CUPS	ES0021000002621618CY	
	Nº Contador	623794	

Tabla A.10. Datos generales del cuadro. Fuente: Elaboración propia a partir de datos municipales.

PROTECCIONES GENERALES			
INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO	CORTE OMNIPOLAR		SI
	Nº POLOS	4	INTENSIDAD (A)
			PODER DE CORTE (Ka)
			80
		PODER DE CORTE (Ka)	25
	REARMABLE		NO
SECCION DERIVACION INDIVIDUAL (mm2)	25		TIPO CONDUCTOR
			Cobre RV 06/1 kV

Tabla A.11. Protecciones Generales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

PUESTA A TIERRA DEL CUADRO			
Existe	SI	TIPO	PICA
Sección de la línea principal	Cobre desnudo 35 mm ²	RESISTENCIA (Ω)	17

Tabla A.12. Protecciones Generales. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas tomadas en campo.

ELEMENTOS CORRECTORES ENERGÍA REACTIVA	
Condensadores fijos cabecera	NO
Condensadores fijos + contactor	NO
Batería automática	NO
Compensación punto de luz	SI

Tabla A.13. Elementos correctores de energía reactiva. Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

CARACTERÍSTICAS CONTROL Y REGULACIÓN CUADRO				
SISTEMA DE CONTROL DE ENCENDIDO	CÉLULA FOTOELÉCTRICA			
	RELOJ			
	PROGRAMADOR ASTRONÓMICO			SI
	OTROS			
MANIOBRA DEL 50%	SI		NO	X
SISTEMA DE REGULACIÓN DE FLUJO	SI	DOBLE NIVEL		SI (circuitos 1 y 2)
		TRIPLE NIVEL		NO
		ESTABILIZADOR-REDUCTOR		SI (circuito 3 y 4)
		BALASTO ELECTRÓNICO		NO

Tabla A.14. Control y regulación del cuadro. Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados en campo.

Se han efectuado las medidas de los parámetros eléctricos por fases, obteniendo los resultados siguientes:

MEDIDAS ELECTRICAS EN HORARIO ORDINARIO					
Potencia Sin reducción de flujo	(KW)	Fase R	12,54		
		Fase S	12,20		
		Fase T	11,53		
Intensidad Sin reducción de flujo	(A)	Fase R	65		
		Fase S	63		
		Fase T	59		
Tensión Sin reducción de flujo	(V)	Fase R	227		
		Fase S	228		
		Fase T	230		
Coseno Sin reducción de flujo	phi	Fase R	0,85		
		Fase S	0,85		
		Fase T	0,85		
P(kW)	37,3	Q(kVAr)	24,1	S(VA)	44,5

Tabla A.15. Medidas eléctricas en horario ordinario. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas tomadas en campo.

MEDIDAS ELECTRICAS EN HORARIO REDUCIDO					
Potencia Con reducción de flujo	(KW)	Fase R	9,84		
		Fase S	9,69		
		Fase T	8,99		
Intensidad Con reducción de flujo	(A)	Fase R	51		
		Fase S	50		
		Fase T	46		
Tensión Con reducción de flujo	(V)	Fase R	227		
		Fase S	228		
		Fase T	230		
Coseno Con reducción de flujo	phi	Fase R	0,85		
		Fase S	0,85		
		Fase T	0,85		

Tabla A.16. Medidas eléctricas en horario reducido. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas tomadas en campo.

PROTECCIÓN, DIMENSIONADO Y CONSUMO DE LOS CIRCUITOS DE SALIDA					
CIRCUITO Nº		1	2	3	4
INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO	Nº POLOS	4	4	4	4
	INTENSIDAD (A)	32	32	32	32
DIFERENCIAL	Nº POLOS	4	4	4	4
	INTENSIDAD (A)	40	40	40	40
	SENSIBILIDAD (mA)	300	300	300	300
SECCIÓN (mm ²)		16	16	16	16
INTENSIDAD	Fase R	25	26	6,9	6,7
	Fase S	24	25	7	6,5
	Fase T	23	23	6,7	6,4

Tabla A.17. Protección, dimensionado y consumo de los circuitos de salida. Fuente: Elaboración propia a partir de datos y medidas tomadas en campo.

DATOS CORRESPONDIENTES A LA FACTURACIÓN							
MES	Fecha lectura anterior	Fecha lectura actual	Potencia maxímetro	Consumo por periodos	Consumo total	Consumo reactiva	Cos ϕ
ene	15/12/14	21/01/15	39,18	6.241	16.616	8.884	0,85
				4.025			
				6.350			
feb	21/01/15	19/02/15	42,01	4.421	12.253	6.655	0,85
				2.950			
				4.882			
mar	19/02/15	22/03/15	42	4157	12.309	6.464	0,85
				3.179			
				4.973			
abr	22/03/15	21/04/15	46	803	9967	5160	0,85
				4.406			
				4.758			
may	21/04/15	21/05/15	38,5	136	8.878	4.602	0,85
				4.169			
				4.573			
jun	21/05/15	19/06/15	38,21	132	7.631	3.924	0,85
				3.683			
				3.816			
jul	19/06/15	19/07/15	37,82	134	7.747	3.947	0,85
				3.681			
				3.932			
ago	19/07/15	22/08/15	37,91	159	9.615	4.903	0,85
				4.701			
				4.755			
sep	sin consumo				0	0	
oct	sin consumo				0	0	
nov	22/08/15	21/11/15	38,12	4.740	33.339	17.708	0,85
				14.504			
				14.095			
dic	21/11/15	15/12/15	37,62	3.766	10.584	5.809	0,85
				2.574			
				4.244			
			TOTAL		128.939,00	68.056,00	

Tabla A.18. Datos correspondientes a la facturación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos municipales.

En cuanto a las mediciones luminotécnicas realizadas, se ha obtenido la iluminancia media de las instalaciones mediante el método de los nueve puntos. Se detallan los resultados obtenidos para cada una de las calles en las tablas siguientes:

Avenida Rey D. Jaime tramo Sector 1 desde C/ Arrufat Alonso hasta C/ Zaragoza:

	1	2	3	4	5
B	11	11	10	11	13
C	103	92	71	94	107
D	191	139	99	139	193

Tabla A.19. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 2. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 83,56 \text{ lux (Acera 2)}$$

	1	2	3	4	5
B	44	41	37	41	42
C	90	73	66	71	86
D	309	235	154	233	307

Tabla A.20. Iluminancia en lux rejilla calculo Calzada 2. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 105,5 \text{ lux (Calzada 2)}$$

	1	2	3	4	5
B	17	13	11	15	19
C	107	88	58	88	109
D	197	141	93	145	199

Tabla A.21. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 1. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 82,37 \text{ lux (Acera 1)}$$

	1	2	3	4	5
B	46	42	37	40	40
C	130	104	94	104	128
D	328	225	139	225	324

Tabla A.22. Iluminancia en lux rejilla calculo Calzada 1. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 121,18 \text{ lux (Calzada 1)}$$

Iluminancia media de la sección de calzada completa: $E_m = 98,15 \text{ lux}$.

Avenida Rey D. Jaime tramo Sector 2 desde C/ Zaragoza hasta C/ Ruiz Zorrilla:

	1	2	3	4	5
B	11	10	9	11	13
C	73	65	49	67	74
D	189	133	91	133	191

Tabla A.23. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 2. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 68,62 \text{ lux (Acera 2)}$$

	1	2	3	4	5
B	41	36	33	40	45
C	82	66	61	68	86
D	301	226	133	228	305

Tabla A.24. Iluminancia en lux rejilla calculo Calzada 2. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 100 \text{ lux (Calzada 2)}$$

	1	2	3	4	5
B	17	13	10	13	17
C	97	82	45	82	97
D	195	136	82	136	195

Tabla A.25. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 1. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 75,87 \text{ lux (Acera 1)}$$

	1	2	3	4	5
B	50	45	40	45	50
C	107	98	76	98	107
D	319	228	135	228	319

Tabla A.26. Iluminancia en lux rejilla calculo Calzada 1. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 115,5 \text{ lux (Calzada 1)}$$

Iluminancia media de la sección de calzada completa: $E_m = 89,98 \text{ lux}$.

Calle Ruiz Zorrilla:

	1	2	3	4	5
B	102	63	62	63	102
C	135	65	55	65	135
D	164	82	55	82	164

Tabla A.27. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 2. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 82 \text{ lux (Acera 2)}$$

	1	2	3	4	5
B	89	57	70	57	89
C	139	99	94	99	139
D	221	141	84	141	221

Tabla A.28. Iluminancia en lux rejilla calculo Calzada. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 107,62 \text{ lux (Calzada)}$$

	1	2	3	4	5
B	111	91	42	91	111
C	142	110	44	110	142
D	165	133	55	133	165

Tabla A.29. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 1. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 102,06 \text{ lux (Acera 1)}$$

Iluminancia media de la sección de calzada completa: $E_m = 97,25 \text{ lux}$.

Calle San Vicente:

	1	2	3	4	5
B	71	39	20	39	71
C	118	42	29	42	118
D	160	62	43	62	160

Tabla A.30. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 2. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 59,87 \text{ lux (Acera 2)}$$

	1	2	3	4	5
B	76	70	73	70	76
C	143	97	82	97	143
D	195	110	73	110	195

Tabla A.31. Iluminancia en lux rejilla calculo Calzada. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 100,93 \text{ lux (Calzada)}$$

	1	2	3	4	5
B	78	40	20	40	78
C	117	43	30	43	117
D	167	62	43	62	167

Tabla A.32. Iluminancia en lux rejilla calculo Acera 1. Fuente: Elaboración propia a partir de medidas en campo.

$$E_m = 61,12 \text{ lux (Acera 1)}$$

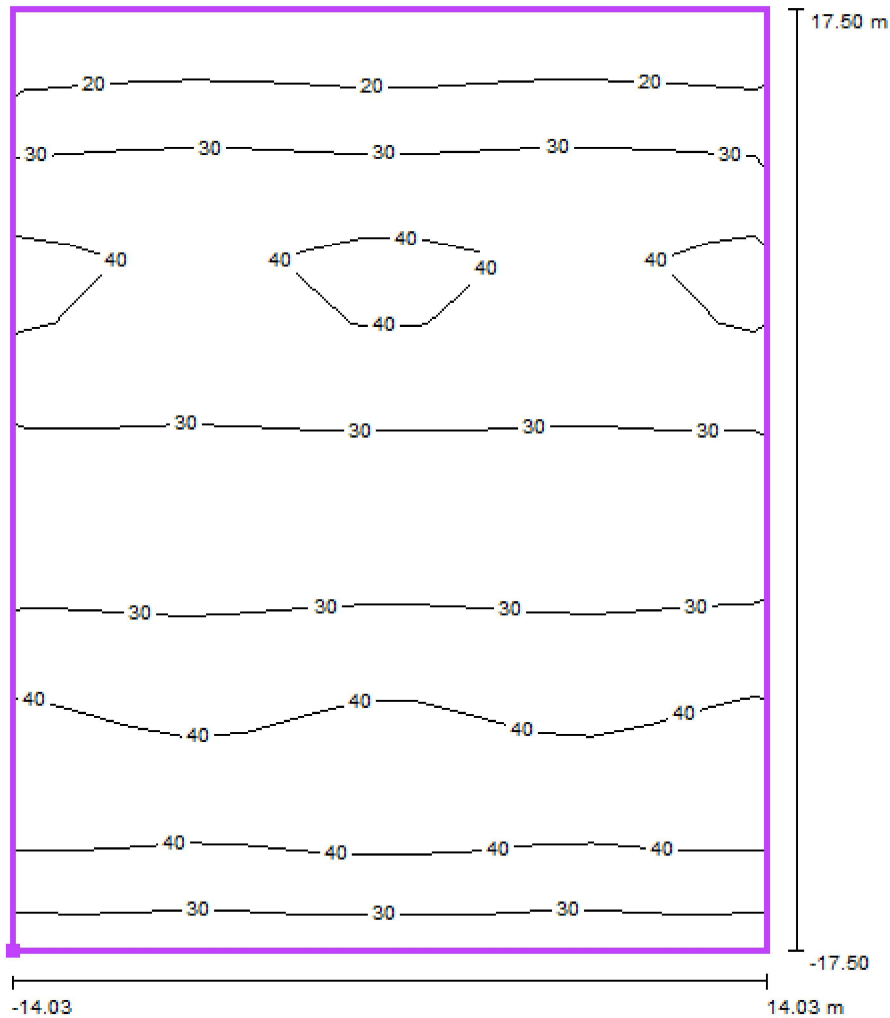
Iluminancia media de la sección de calzada completa: $E_m = 73,97 \text{ lux}$.

ANEXO 2: ESTUDIOS LUMINOTÉCNICOS



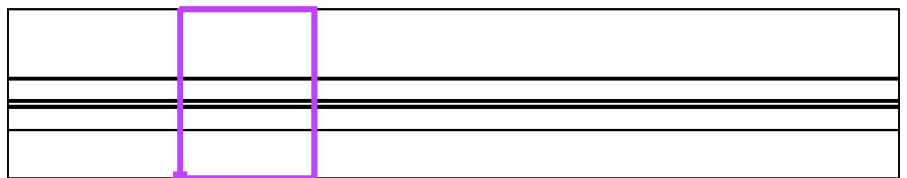
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 281

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (36.000 m, 17.500 m, 0.500 m)



Trama: 13 x 15 Puntos

E_m [lx]
33

E_{min} [lx]
13

E_{max} [lx]
48

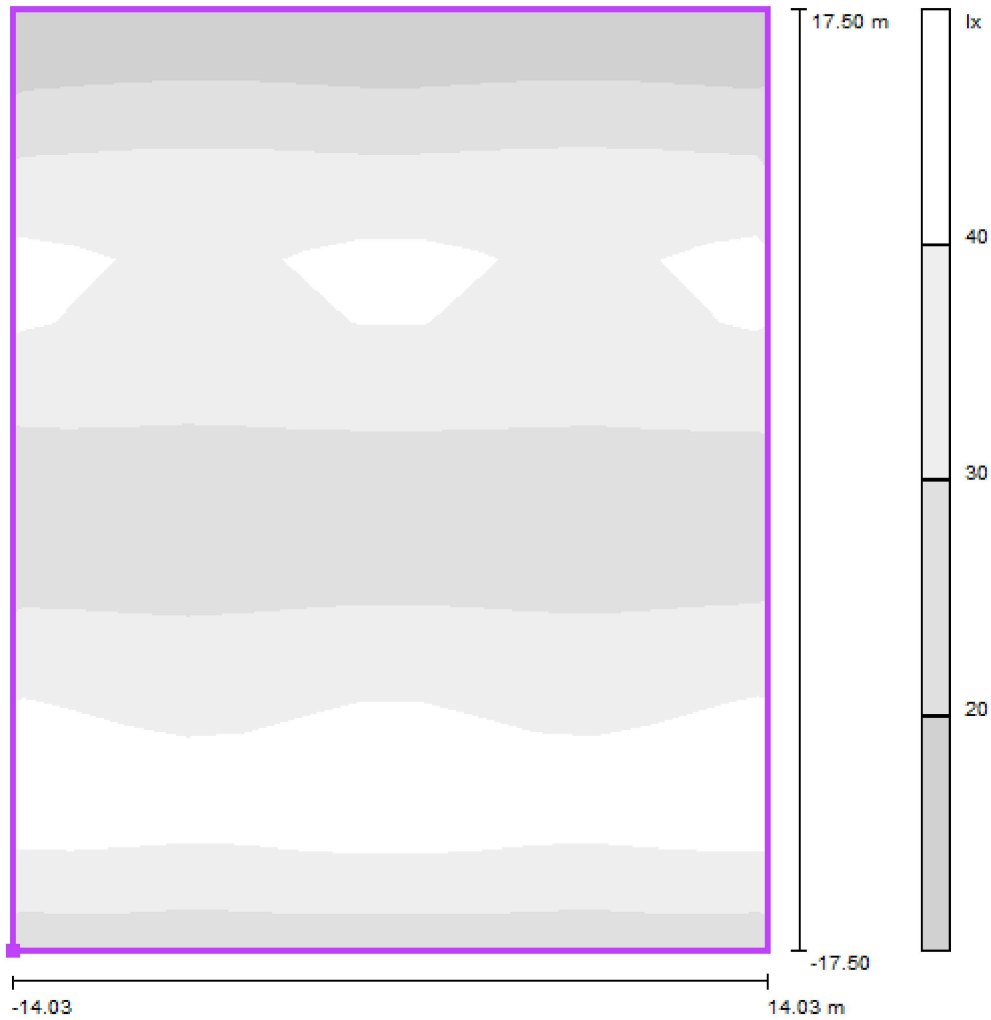
E_{min} / E_m
0.40

E_{min} / E_{max}
0.27



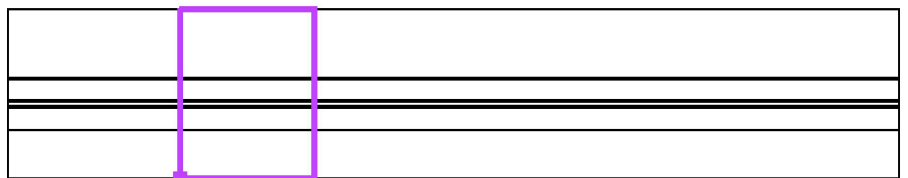
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 281

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (36.000 m, 17.500 m, 0.500 m)



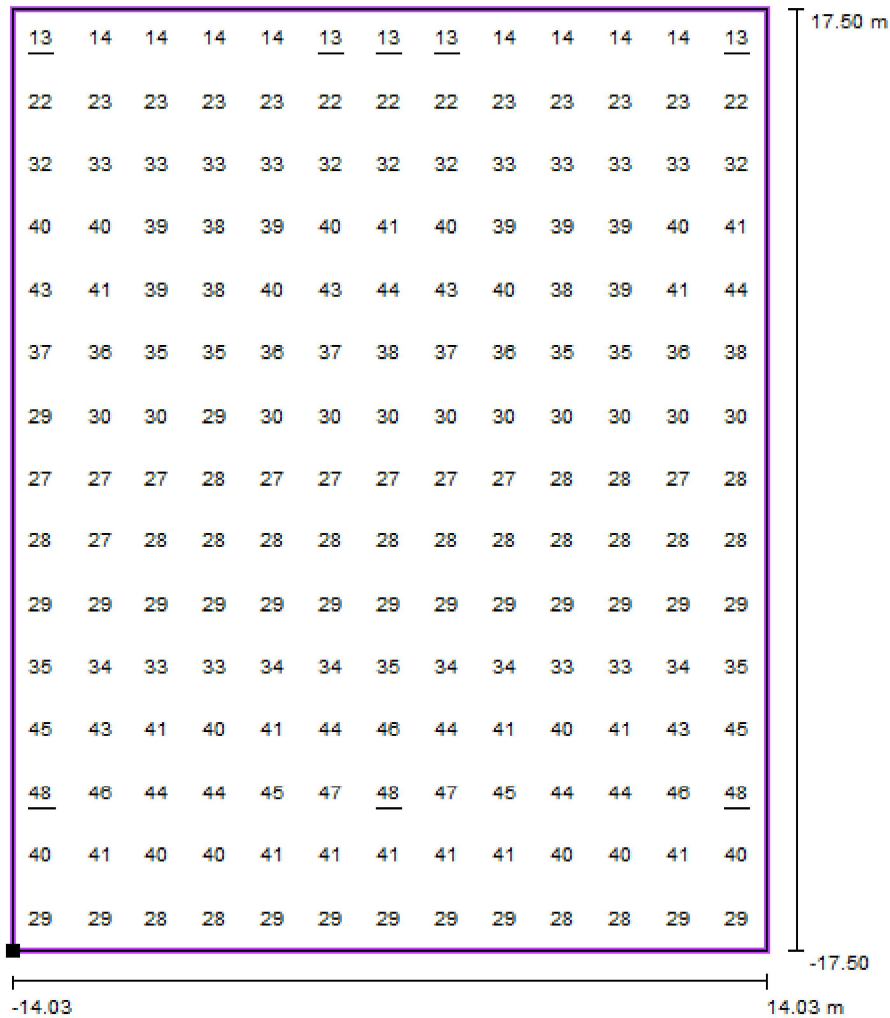
Trama: 13 x 15 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
33	13	48	0.40	0.27



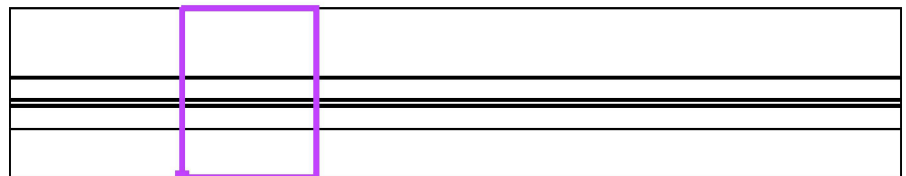
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 281

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (36.000 m, 17.500 m, 0.500 m)



Trama: 13 x 15 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
33	13	48	0.40	0.27

Estudio ilum Av Rey D. Jaime Sector CM 144

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 02.10.2016
Proyecto elaborado por:



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Estudio ilum Av Rey D. Jaime Sector CM 144	
Portada del proyecto	1
Índice	2
PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A	
Hoja de datos de luminarias	3
PHILIPS BPP435 T15 1xGRN40/740 DM	
Hoja de datos de luminarias	4
Calle 1	
Datos de planificación	5
Lista de luminarias	8
Resultados luminotécnicos	9
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Camino peatonal 1	
Isolíneas (E)	11
Gama de grises (E)	12
Gráfico de valores (E)	13
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Gráfico de valores (E)	14
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	15
Gama de grises (L)	16
Recuadro de evaluación Calzada 2	
Gráfico de valores (E)	17
Observador	
Observador 2	
Isolíneas (L)	18
Gama de grises (L)	19
Recuadro de evaluación Camino peatonal 2	
Isolíneas (E)	20
Gama de grises (E)	21
Gráfico de valores (E)	22



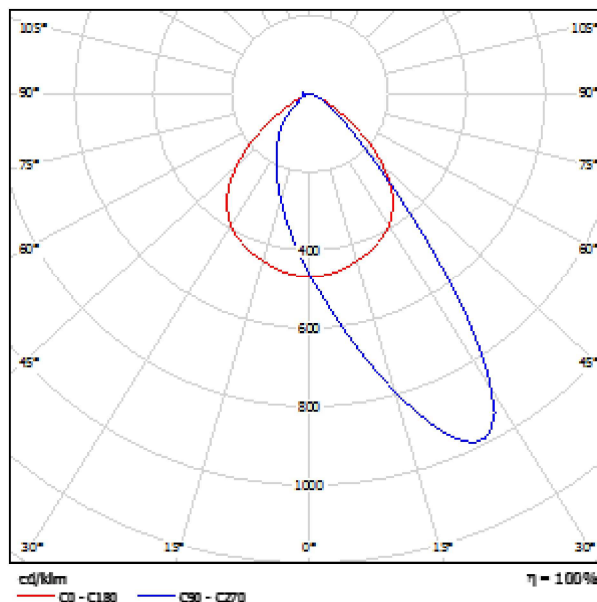
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 72 95 99 100 100



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



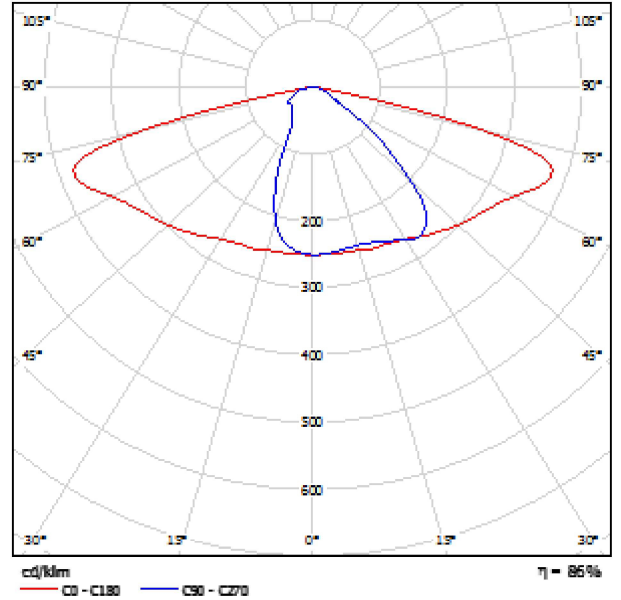
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BPP435 T15 1xGRN40/740 DM / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 40 73 97 100 86



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

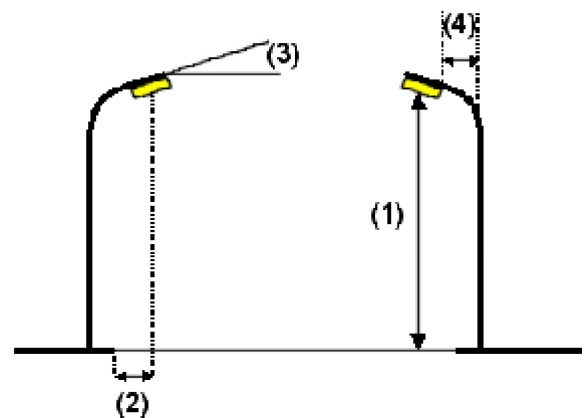
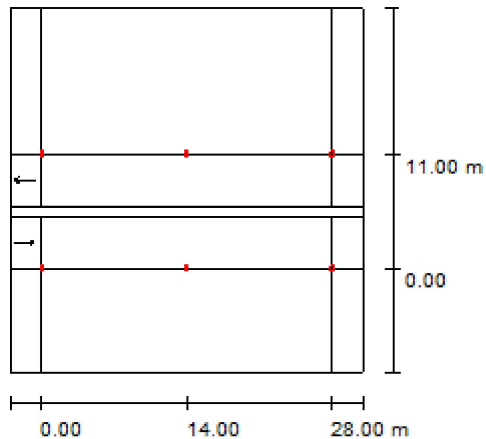
Calle 1 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 14.000 m)
Calzada 2	(Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central 1	(Anchura: 1.000 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 10.000 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BPP435 T15 1xGRN40/740 DM
Flujo luminoso (Luminaria):	3440 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	4000 lm
Potencia de las luminarias:	32.0 W
Organización:	bilateral frente a frente
Distancia entre mástiles:	14.000 m
Altura de montaje (1):	10.110 m
Altura del punto de luz:	10.000 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	1.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 616 cd/klm
con 80°: 82 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

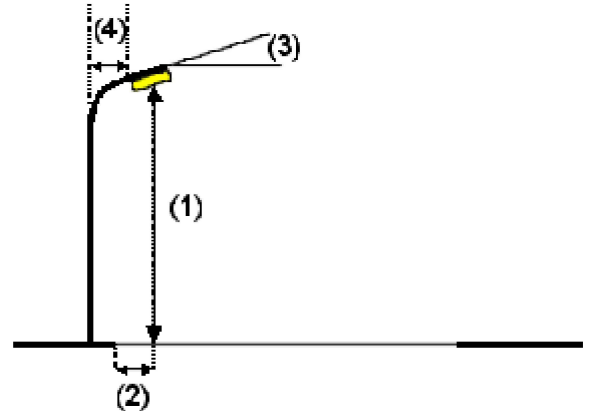
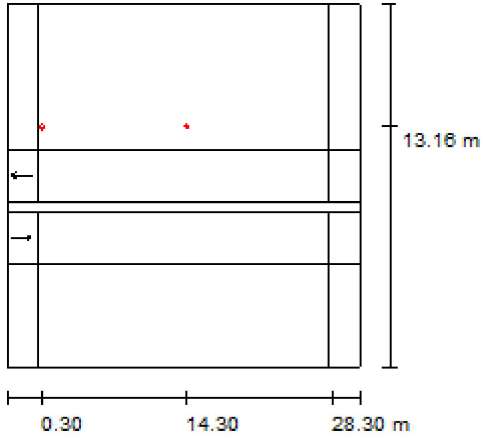
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias

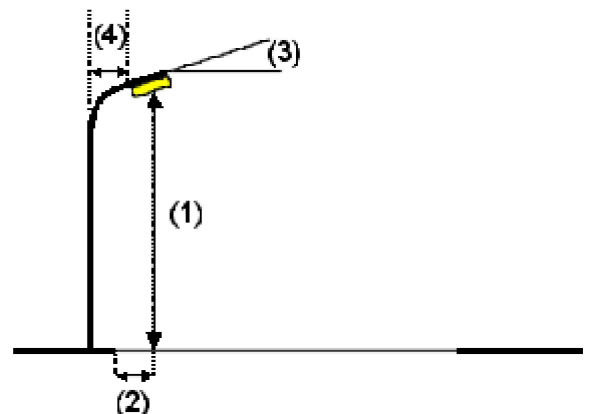
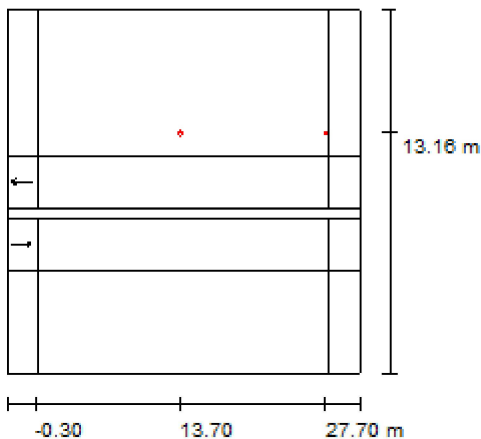


Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
 Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
 Potencia de las luminarias: 40.0 W
 Organización: unilateral arriba
 Distancia entre mástiles: 14.000 m
 Altura de montaje (1): 7.000 m
 Altura del punto de luz: 7.050 m
 Saliente sobre la calzada (2): -2.185 m
 Inclinación del brazo (3): 30.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 399 cd/klm
 con 80°: 127 cd/klm
 con 90°: 53 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
 Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
 Potencia de las luminarias: 40.0 W
 Organización: unilateral arriba
 Distancia entre mástiles: 14.000 m
 Altura de montaje (1): 7.000 m
 Altura del punto de luz: 7.050 m
 Saliente sobre la calzada (2): -2.185 m
 Inclinación del brazo (3): 30.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 399 cd/klm
 con 80°: 127 cd/klm
 con 90°: 53 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

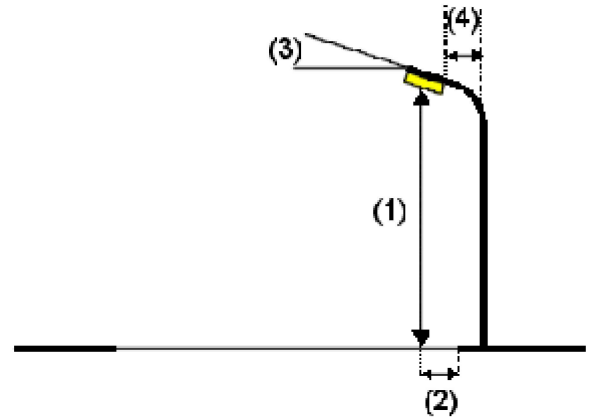
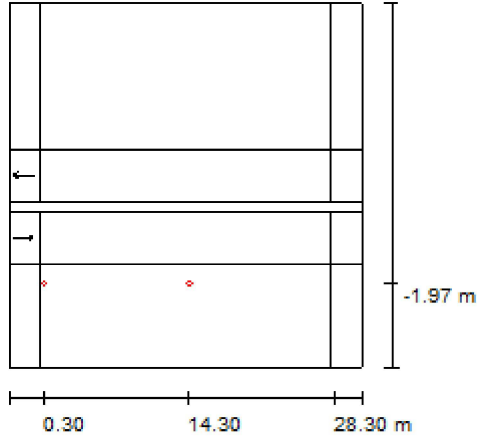
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



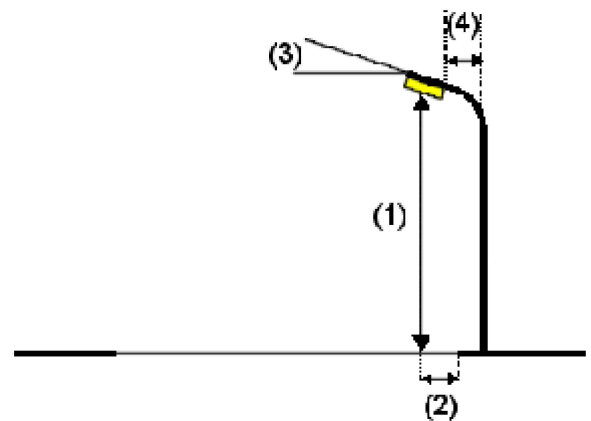
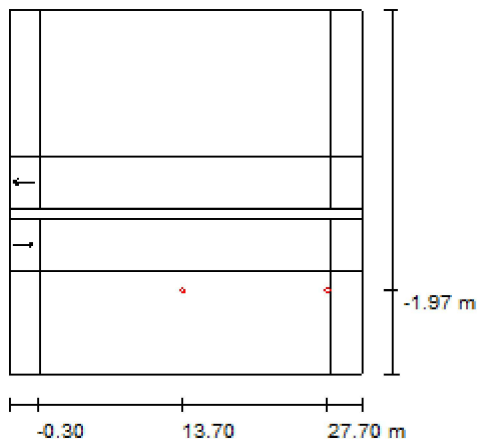
Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
 Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
 Potencia de las luminarias: 40.0 W
 Organización: unilateral abajo
 Distancia entre mástiles: 14.000 m
 Altura de montaje (1): 7.000 m
 Altura del punto de luz: 7.053 m
 Saliente sobre la calzada (2): -1.986 m
 Inclinación del brazo (3): 25.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 226 cd/klm
 con 80°: 82 cd/klm
 con 90°: 35 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
 Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
 Potencia de las luminarias: 40.0 W
 Organización: unilateral abajo
 Distancia entre mástiles: 14.000 m
 Altura de montaje (1): 7.000 m
 Altura del punto de luz: 7.053 m
 Saliente sobre la calzada (2): -1.986 m
 Inclinación del brazo (3): 25.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 226 cd/klm
 con 80°: 82 cd/klm
 con 90°: 35 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.

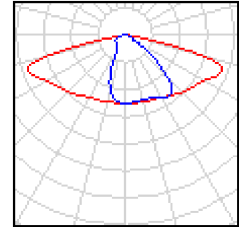
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



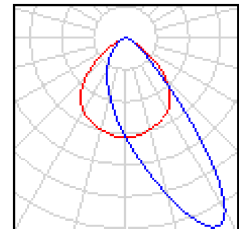
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Lista de luminarias

PHILIPS BPP435 T15 1xGRN40/740 DM
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3440 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 32.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 40 73 97 100 86
Lámpara: 1 x GRN40/740/- (Factor de corrección 1.000).



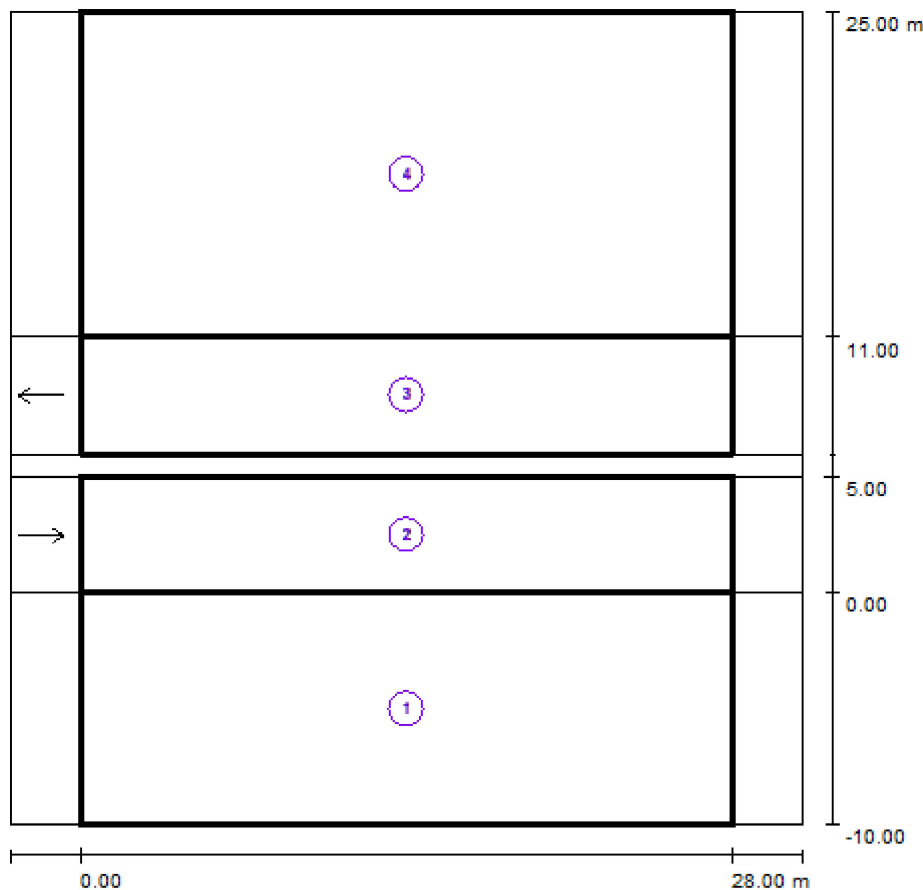
PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 72 95 99 100 100
Lámpara: 1 x LED40/NW/- (Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:325

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1
Longitud: 28.000 m, Anchura: 10.000 m
Trama: 10 x 3 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

- 2 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 28.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

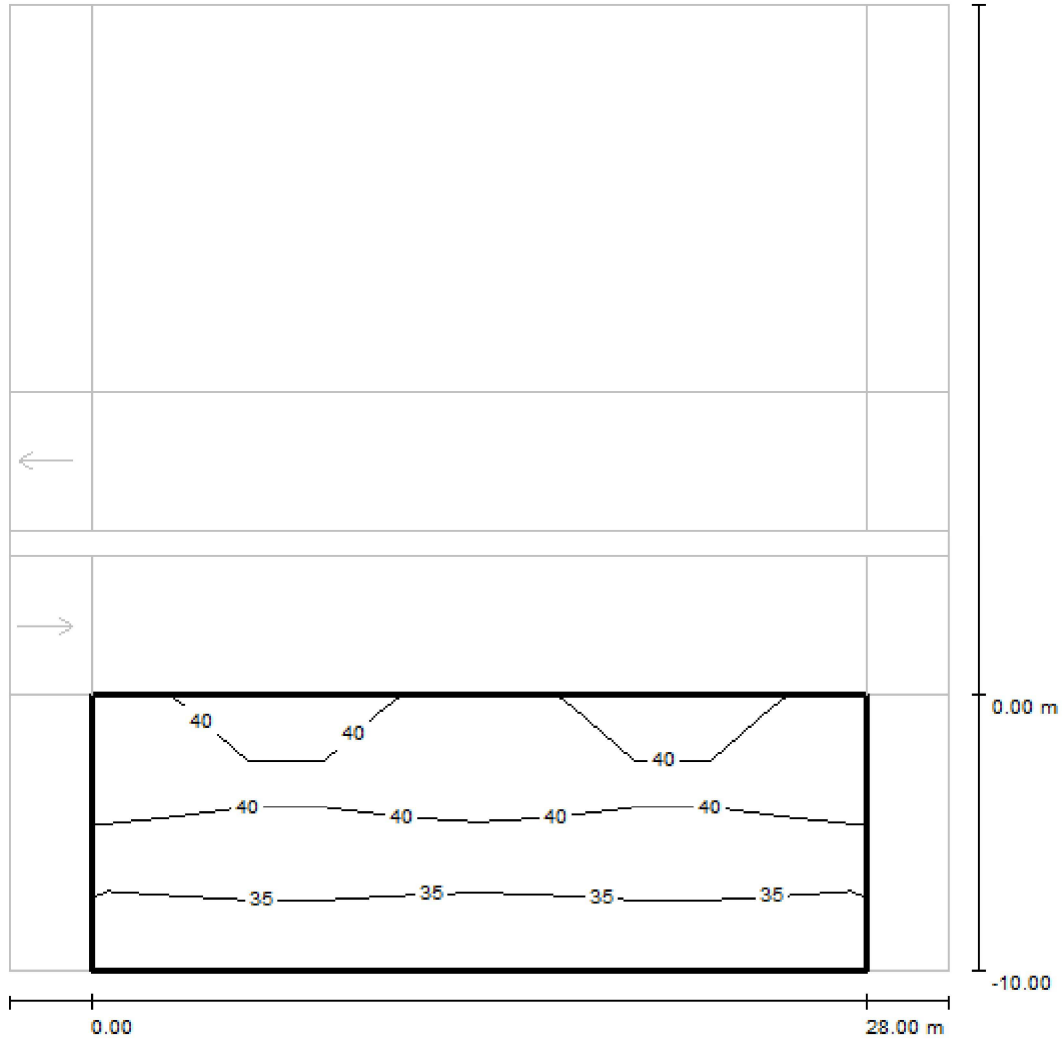
- 3 Recuadro de evaluación Calzada 2
 Longitud: 28.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.

- 4 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2
 Longitud: 28.000 m, Anchura: 14.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
38

E_{min} [lx]
31

E_{max} [lx]
42

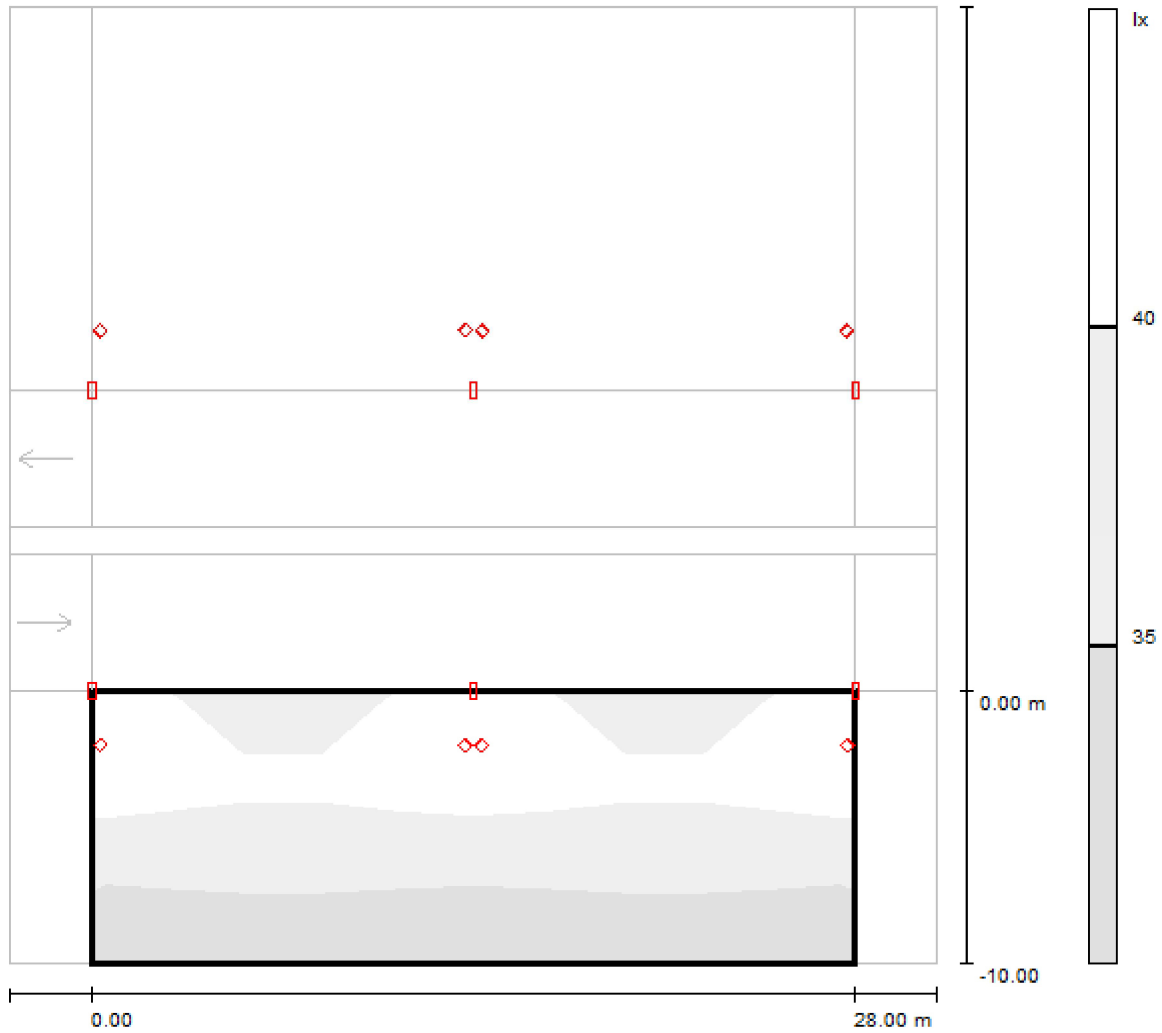
E_{min} / E_m
0.812

E_{min} / E_{max}
0.732



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 277

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
38

E_{min} [lx]
31

E_{max} [lx]
42

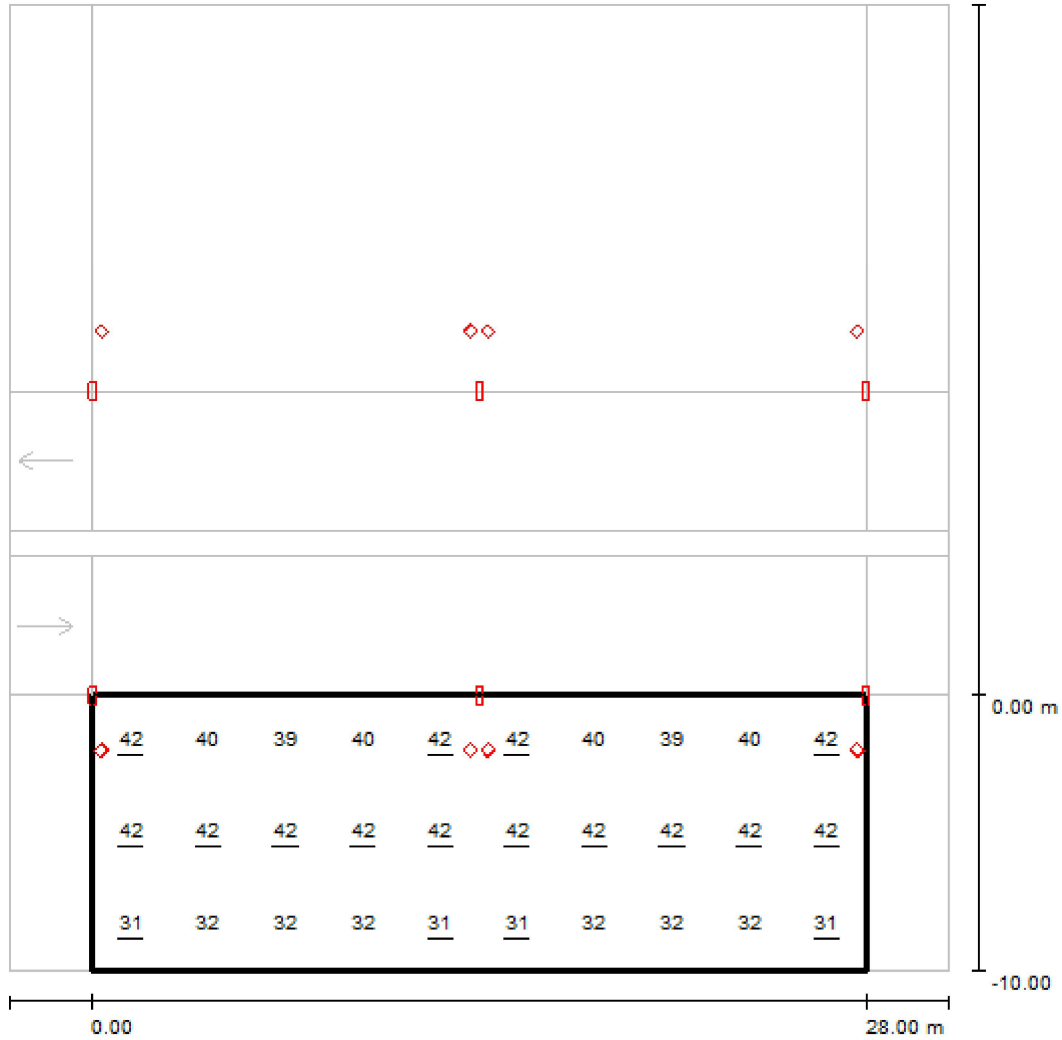
E_{min} / E_m
0.812

E_{min} / E_{max}
0.732



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

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



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
38

E_{min} [lx]
31

E_{max} [lx]
42

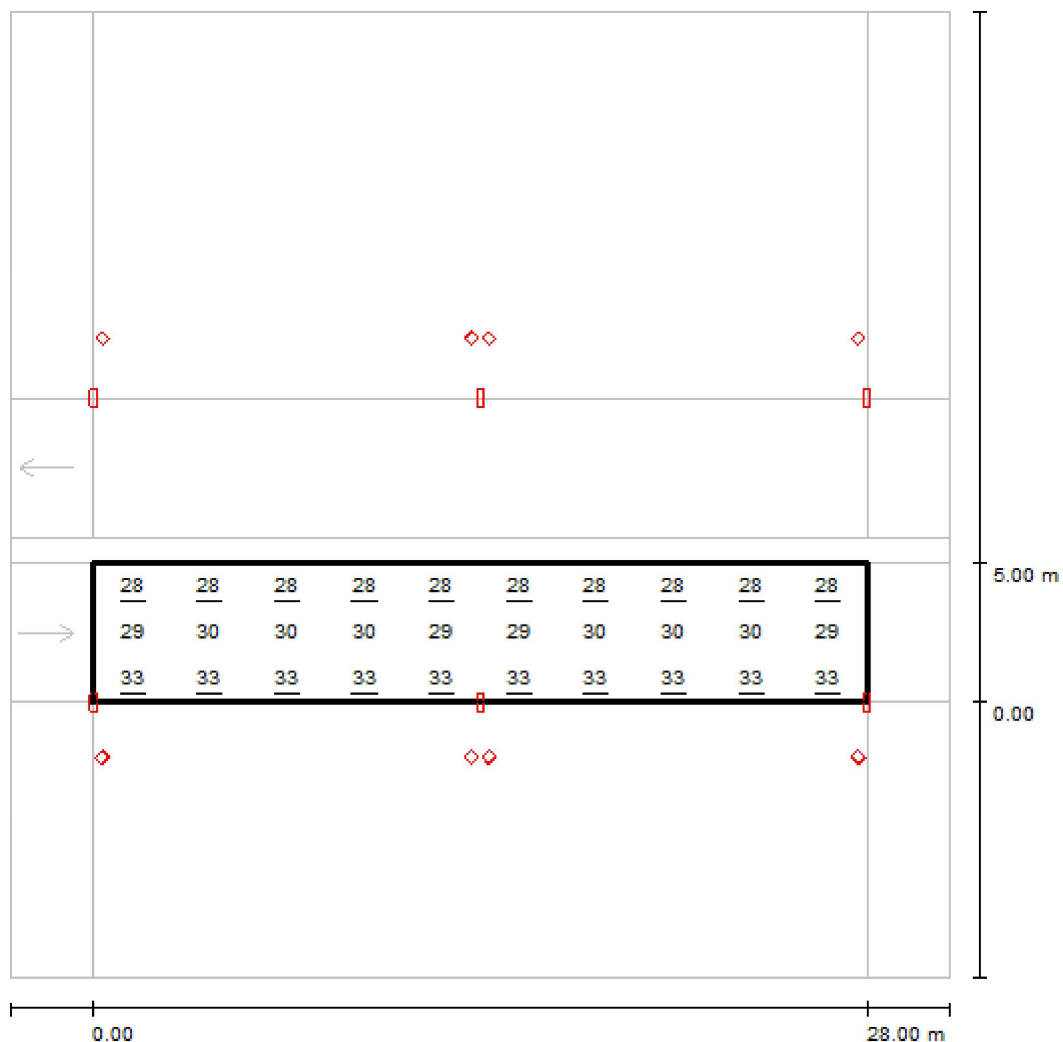
E_{min} / E_m
0.812

E_{min} / E_{max}
0.732



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
30

E_{min} [lx]
28

E_{max} [lx]
33

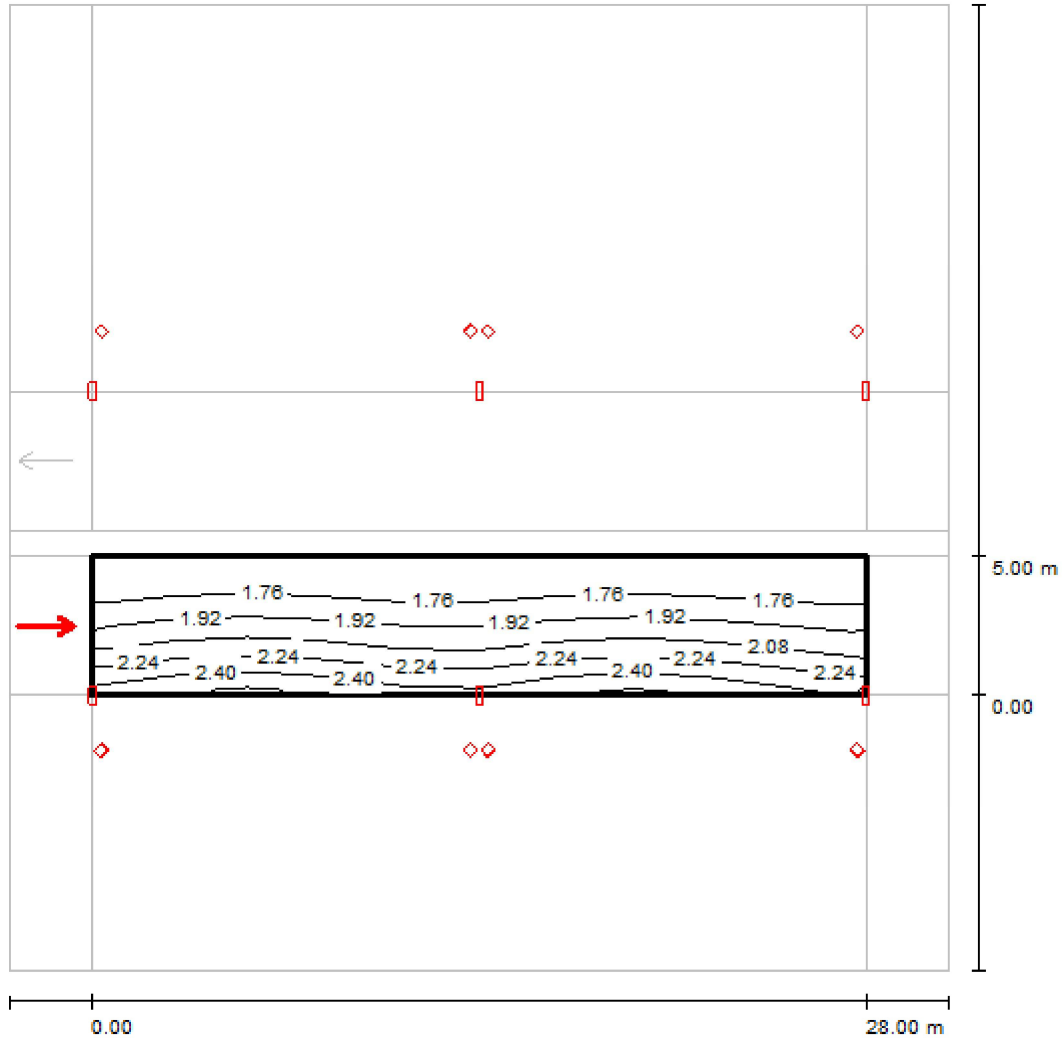
E_{min} / E_m
0.917

E_{min} / E_{max}
0.832



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

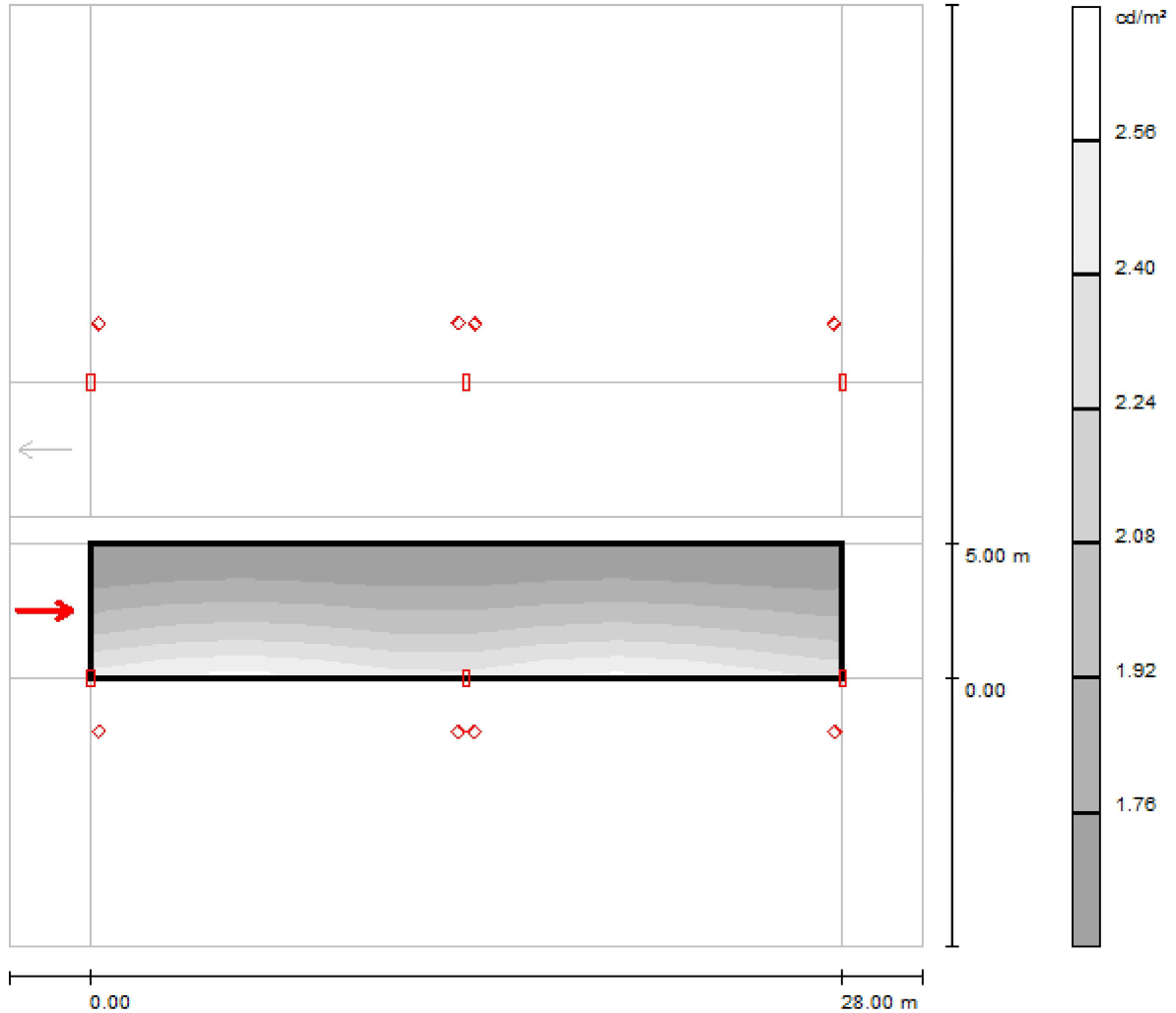
Posición del observador: (-60.000 m, 2.500 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.97	0.83	0.96	0.24	9



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Gama de grises (L)



Escala 1 : 277

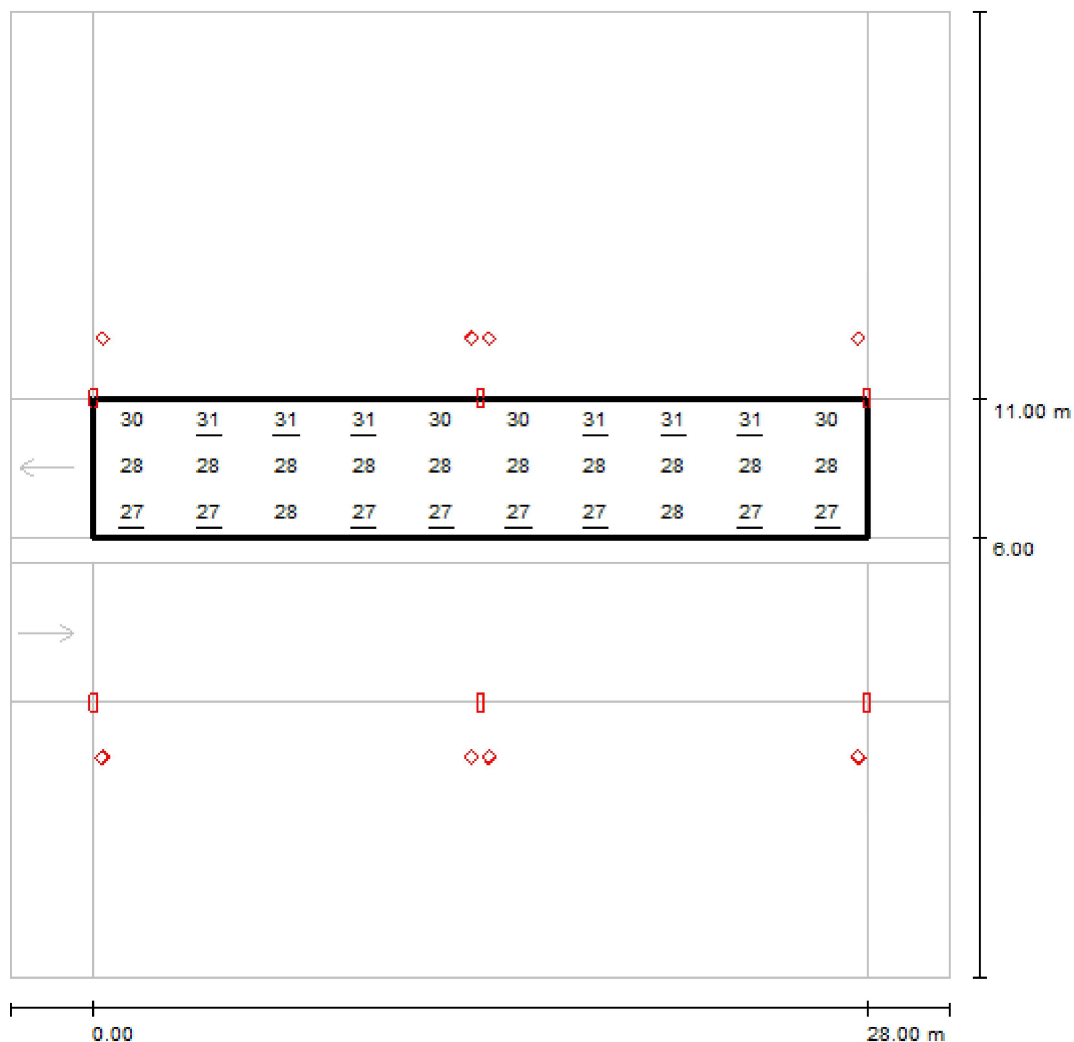
Trama: 10 x 3 Puntos
Posición del observador: (-60.000 m, 2.500 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.97	0.83	0.96	0.24	9



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
27

E_{max} [lx]
31

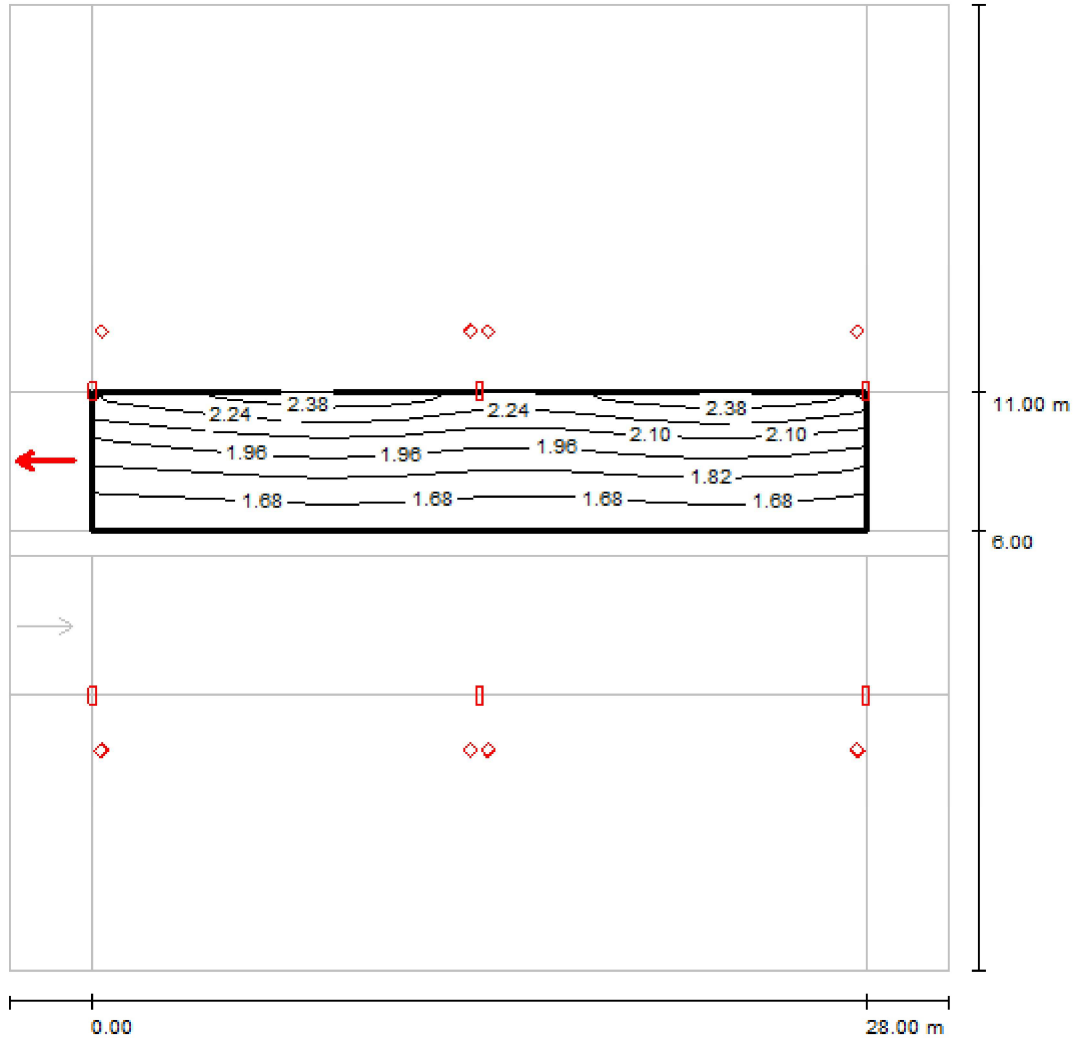
E_{min} / E_m
0.943

E_{min} / E_{max}
0.876



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

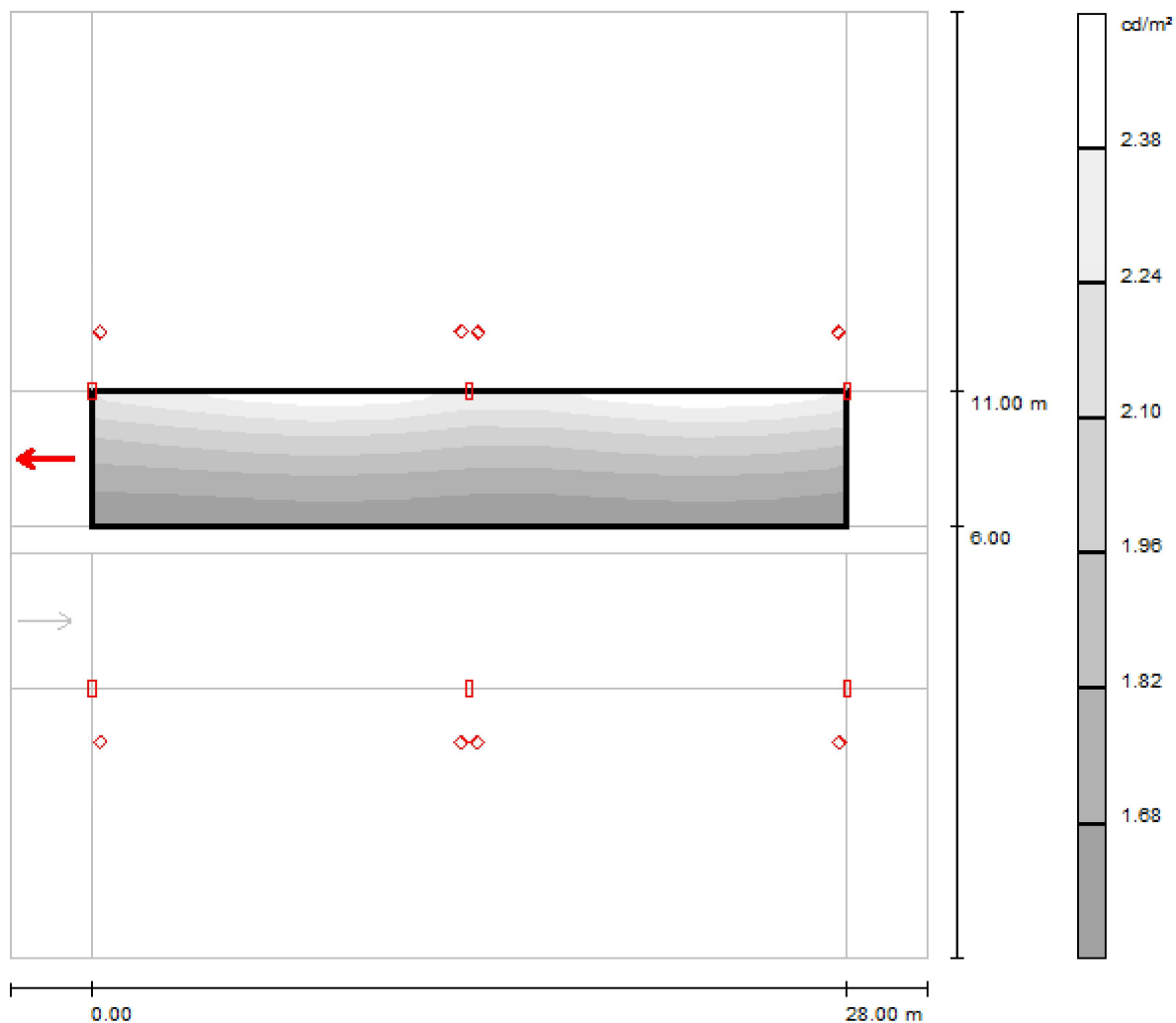
Posición del observador: (88.000 m, 8.500 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.92	0.85	0.96	0.34	12



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Observador 2 / Gama de grises (L)



Escala 1 : 277

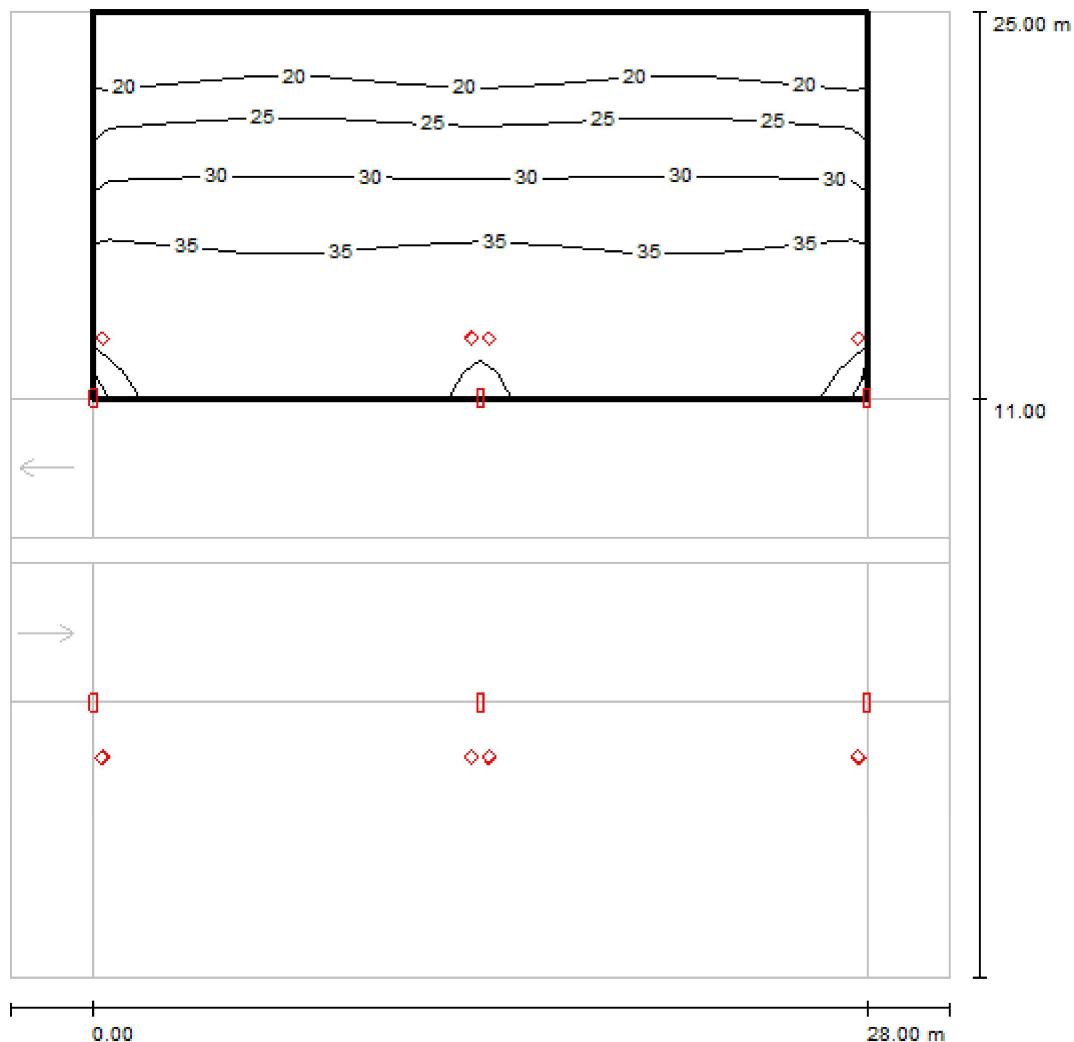
Trama: 10 x 3 Puntos
Posición del observador: (88.000 m, 8.500 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.92	0.85	0.96	0.34	12



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

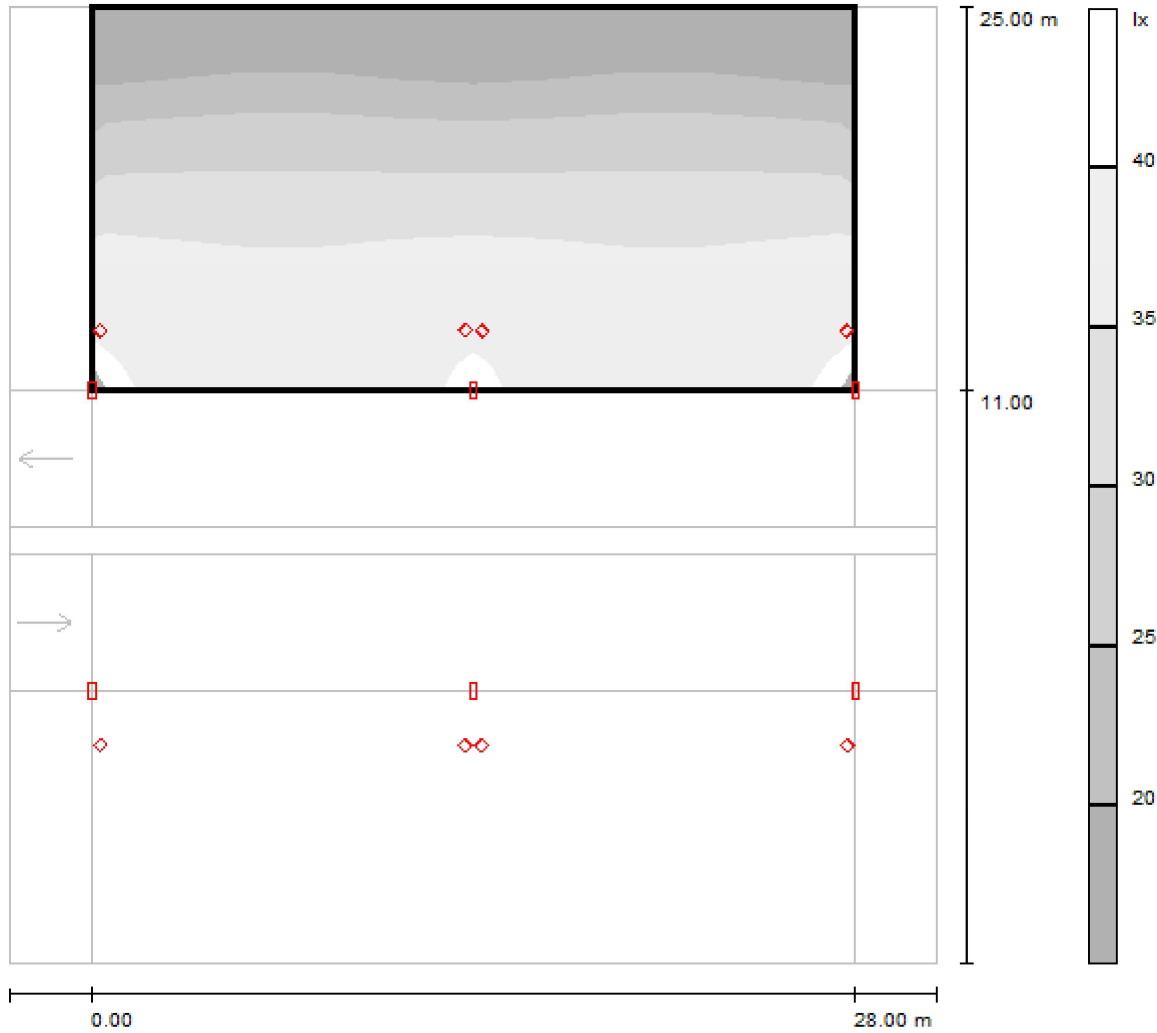
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
31	18	39	0.596	0.468



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 277

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
31

E_{min} [lx]
18

E_{max} [lx]
39

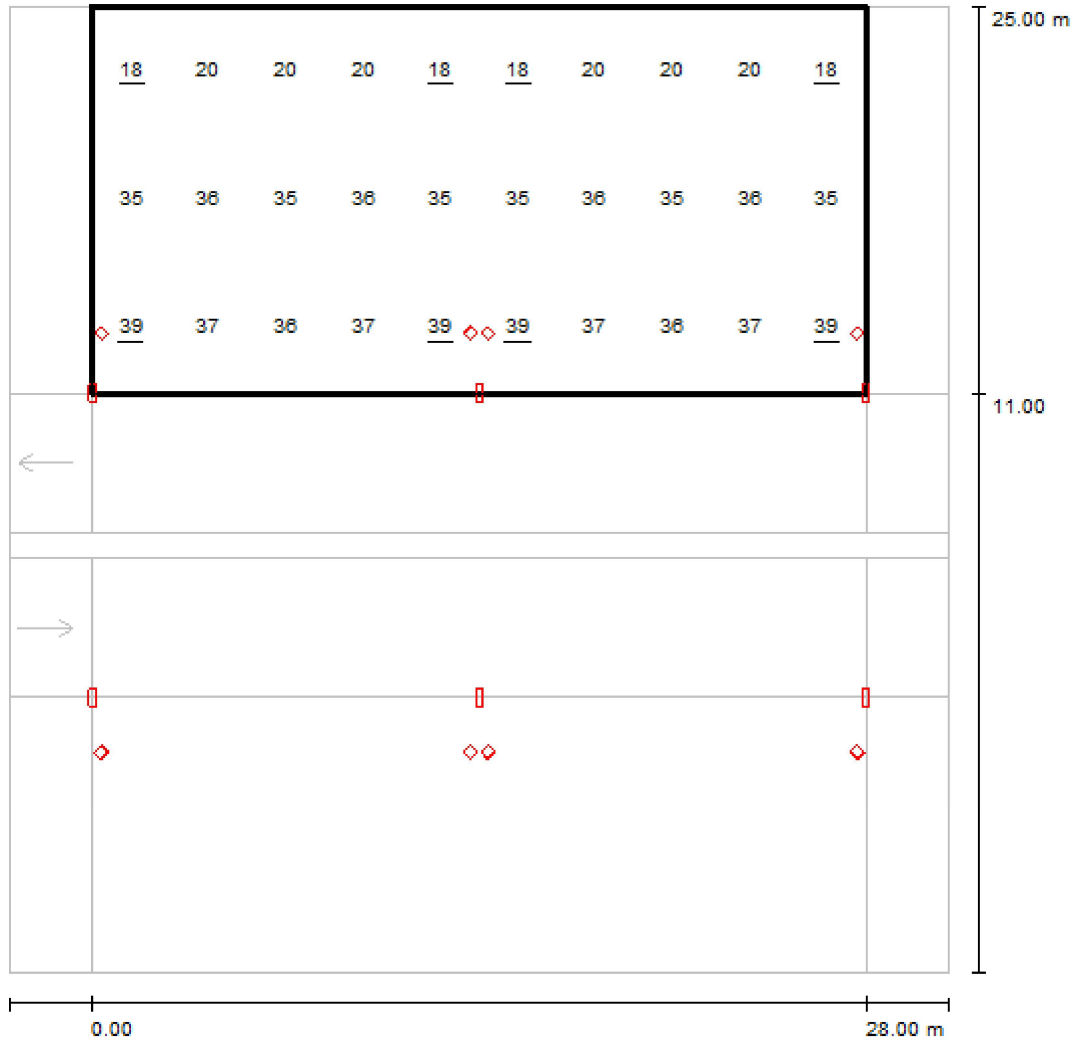
E_{min} / E_m
0.596

E_{min} / E_{max}
0.468



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
31

E_{min} [lx]
18

E_{max} [lx]
39

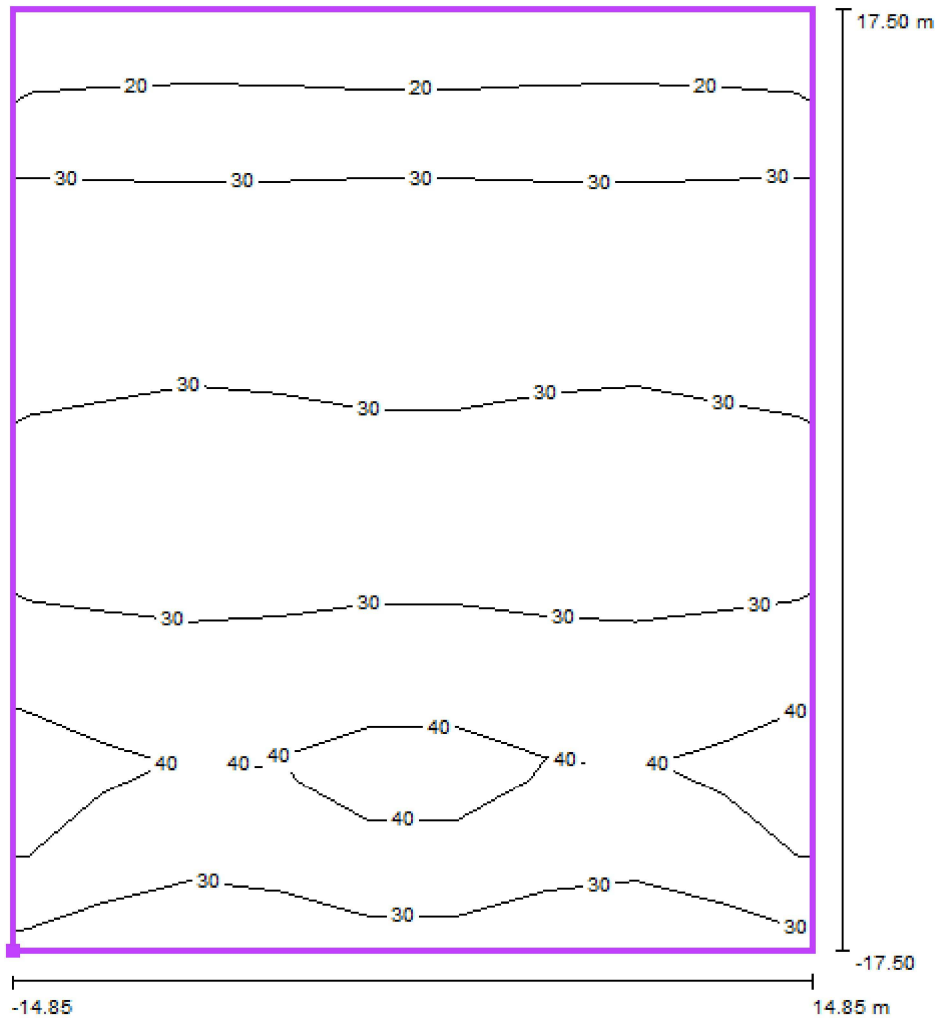
E_{min} / E_m
0.596

E_{min} / E_{max}
0.468



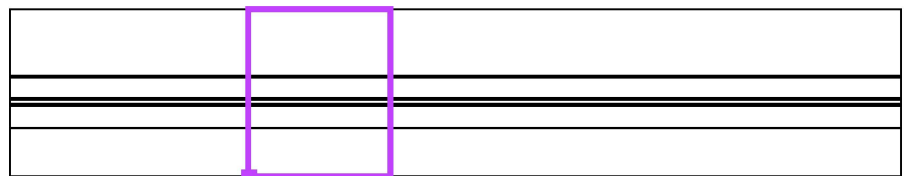
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior / Trama de cálculo 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 281

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado: (50.184 m,
17.500 m, 0.000 m)



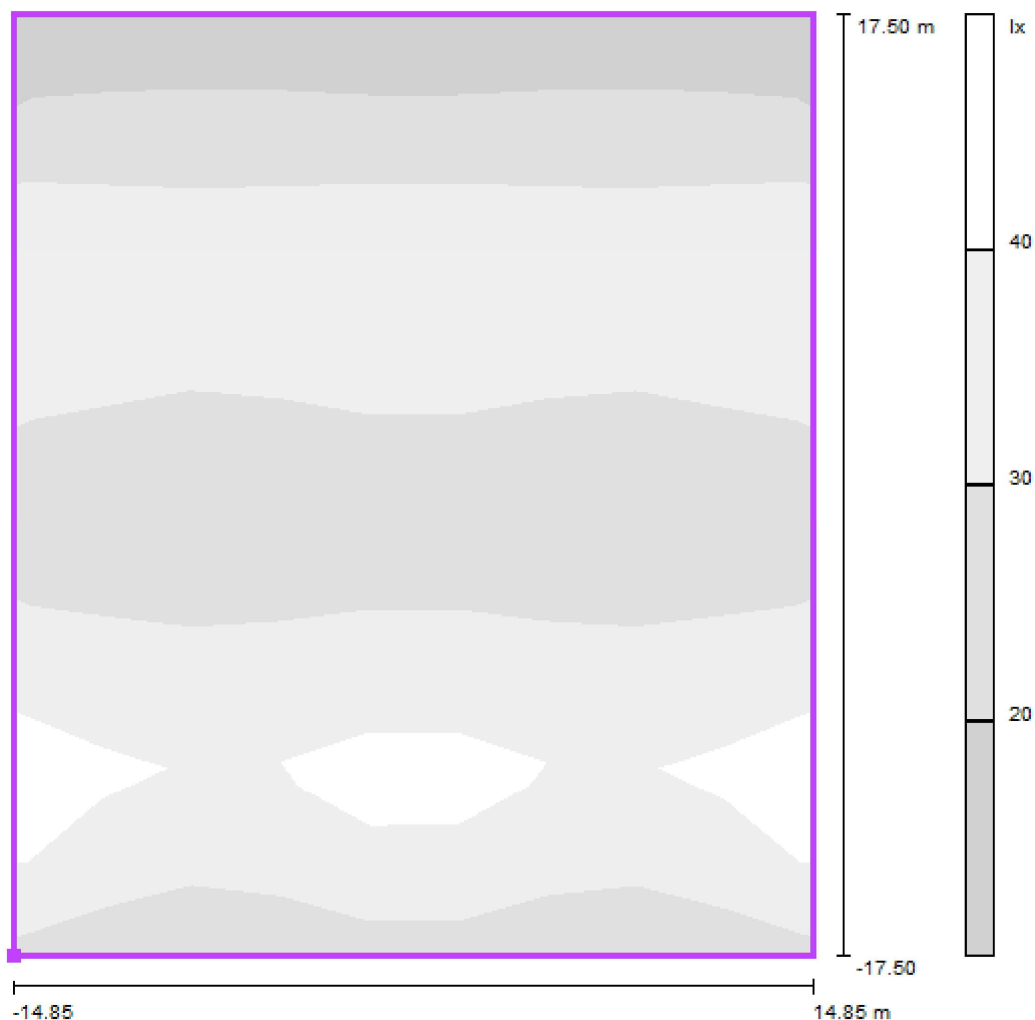
Trama: 9 x 10 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
31	15	45	0.50	0.34



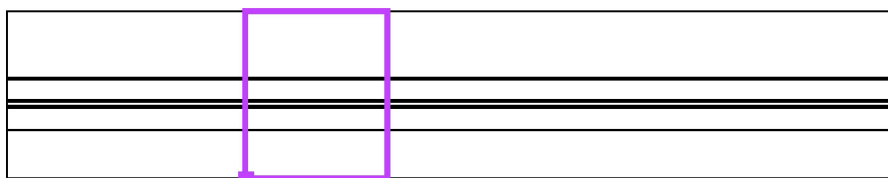
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior / Trama de cálculo 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 281

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (50.184 m, 17.500 m, 0.000 m)



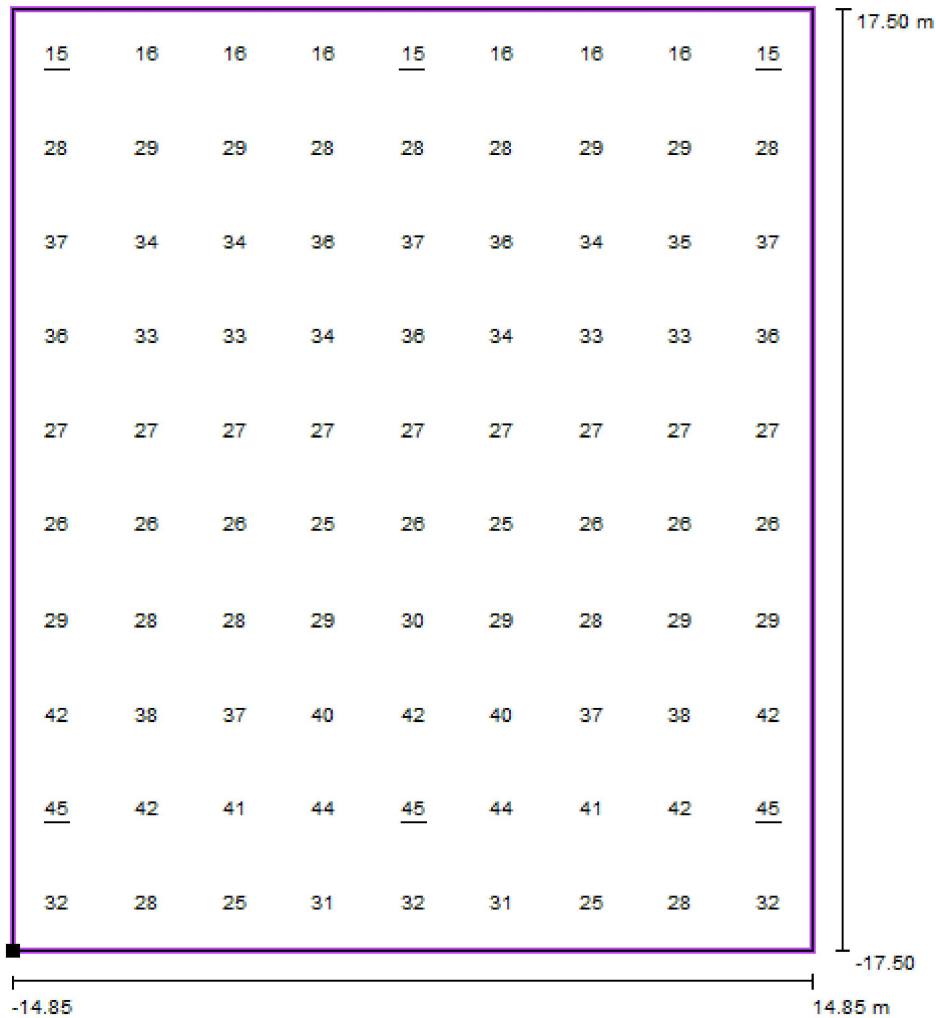
Trama: 9 x 10 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
31	15	45	0.50	0.34



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 281

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (50.184 m, 17.500 m, 0.000 m)



Trama: 9 x 10 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
31	15	45	0.50	0.34

Estudio ilum Av Rey D. Jaime Sector CM 153

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 02.10.2016
Proyecto elaborado por:

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Estudio ilum Av Rey D. Jaime Sector CM 153

Portada del proyecto	1
Índice	2
Calle 1	
Datos de planificación	3
Lista de luminarias	6
Resultados luminotécnicos	7
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Camino peatonal 1	
Isolíneas (E)	9
Gama de grises (E)	10
Gráfico de valores (E)	11
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Isolíneas (E)	12
Gama de grises (E)	13
Gráfico de valores (E)	14
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	15
Recuadro de evaluación Calzada 2	
Isolíneas (E)	16
Gama de grises (E)	17
Gráfico de valores (E)	18
Observador	
Observador 2	
Isolíneas (L)	19
Recuadro de evaluación Camino peatonal 2	
Isolíneas (E)	20
Gama de grises (E)	21
Gráfico de valores (E)	22



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

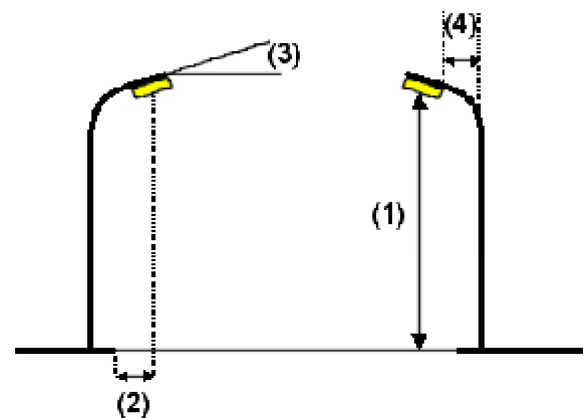
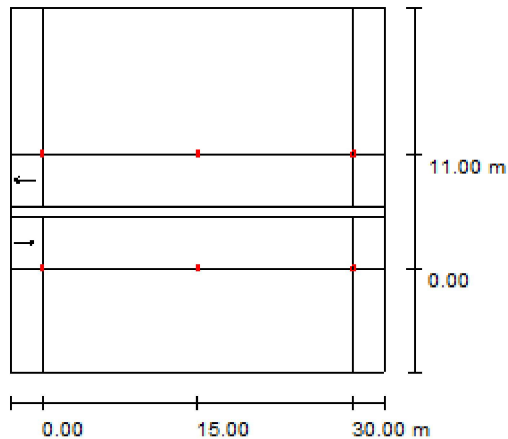
Calle 1 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 14.000 m)
Calzada 2	(Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central 1	(Anchura: 1.000 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 5.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Camino peatonal 1	(Anchura: 10.000 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BPP435 T15 1xGRN40/740 DM
Flujo luminoso (Luminaria):	3440 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	4000 lm
Potencia de las luminarias:	32.0 W
Organización:	bilateral frente a frente
Distancia entre mástiles:	15.000 m
Altura de montaje (1):	10.110 m
Altura del punto de luz:	10.000 m
Saliente sobre la calzada (2):	0.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	1.500 m

Valores máximos de la intensidad lumínica	
con 70°:	616 cd/klm
con 80°:	82 cd/klm
con 90°:	0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°. La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

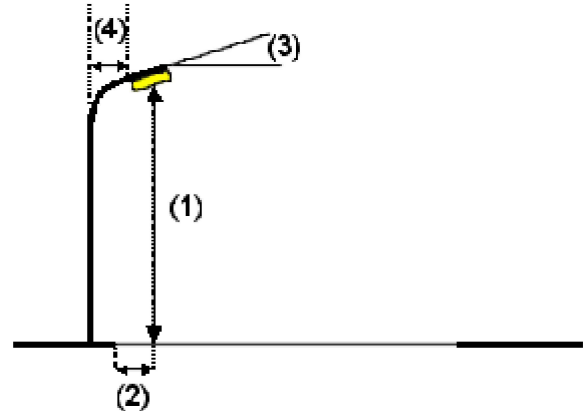
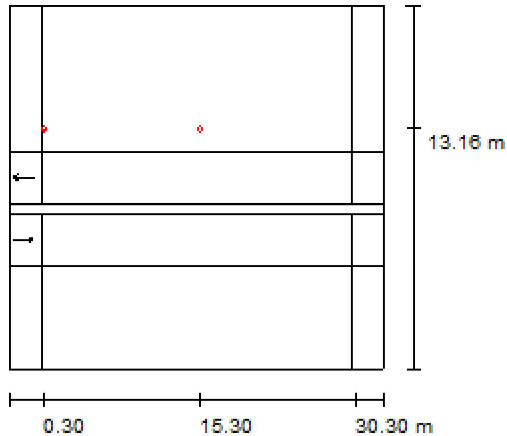
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias

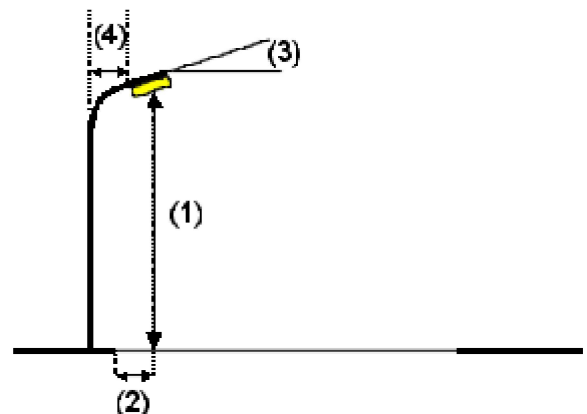
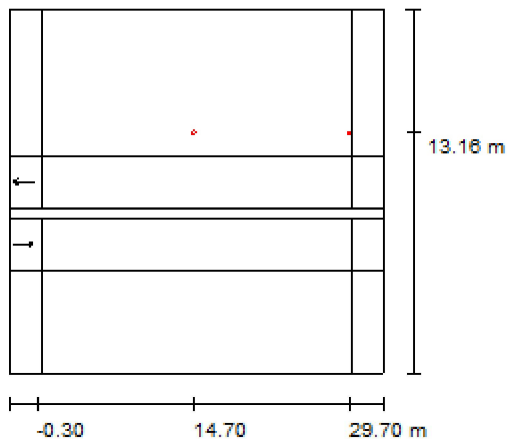


Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 15.000 m
Altura de montaje (1): 7.000 m
Altura del punto de luz: 7.050 m
Saliente sobre la calzada (2): -2.185 m
Inclinación del brazo (3): 30.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 399 cd/klm
con 80°: 127 cd/klm
con 90°: 53 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 40.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 15.000 m
Altura de montaje (1): 7.000 m
Altura del punto de luz: 7.050 m
Saliente sobre la calzada (2): -2.185 m
Inclinación del brazo (3): 30.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 399 cd/klm
con 80°: 127 cd/klm
con 90°: 53 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

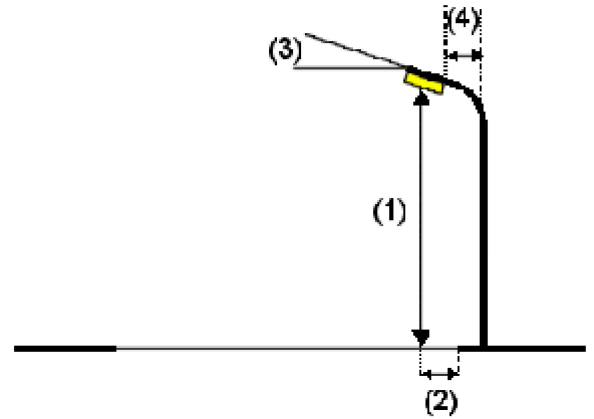
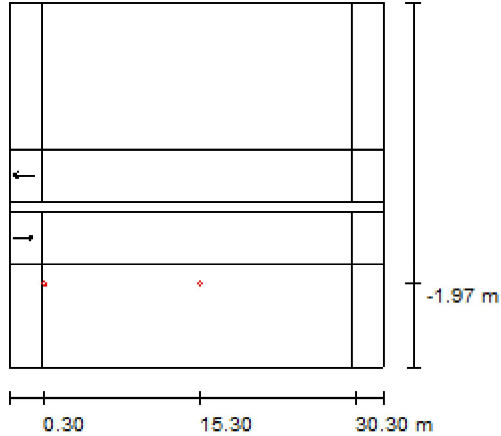
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



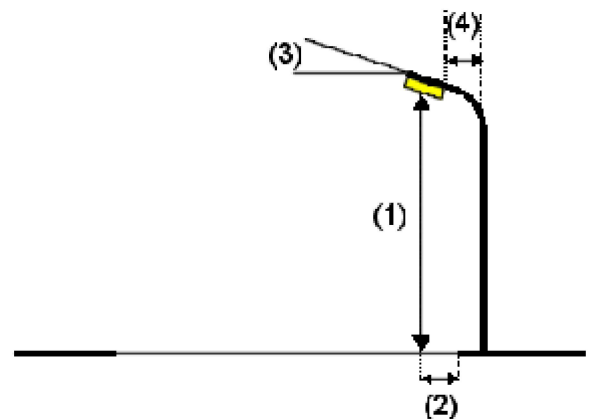
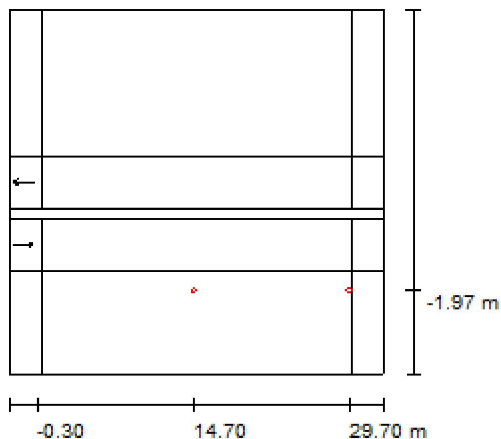
Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
 Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
 Potencia de las luminarias: 40.0 W
 Organización: unilateral abajo
 Distancia entre mástiles: 15.000 m
 Altura de montaje (1): 7.000 m
 Altura del punto de luz: 7.055 m
 Saliente sobre la calzada (2): -1.986 m
 Inclinación del brazo (3): 20.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 134 cd/klm
 con 80°: 55 cd/klm
 con 90°: 24 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Luminaria: PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A
 Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
 Potencia de las luminarias: 40.0 W
 Organización: unilateral abajo
 Distancia entre mástiles: 15.000 m
 Altura de montaje (1): 7.000 m
 Altura del punto de luz: 7.055 m
 Saliente sobre la calzada (2): -1.986 m
 Inclinación del brazo (3): 20.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 134 cd/klm
 con 80°: 55 cd/klm
 con 90°: 24 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Lista de luminarias

PHILIPS BPP435 T15 1xGRN40/740 DM

N° de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 3440 lm

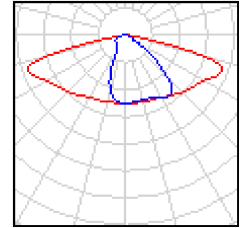
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm

Potencia de las luminarias: 32.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 40 73 97 100 86

Lámpara: 1 x GRN40/740/- (Factor de corrección 1.000).



PHILIPS BVP120 1xLED40/NW A

N° de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 4000 lm

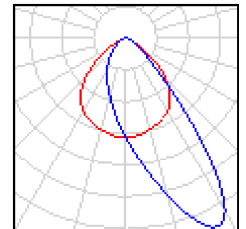
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm

Potencia de las luminarias: 40.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 72 95 99 100 100

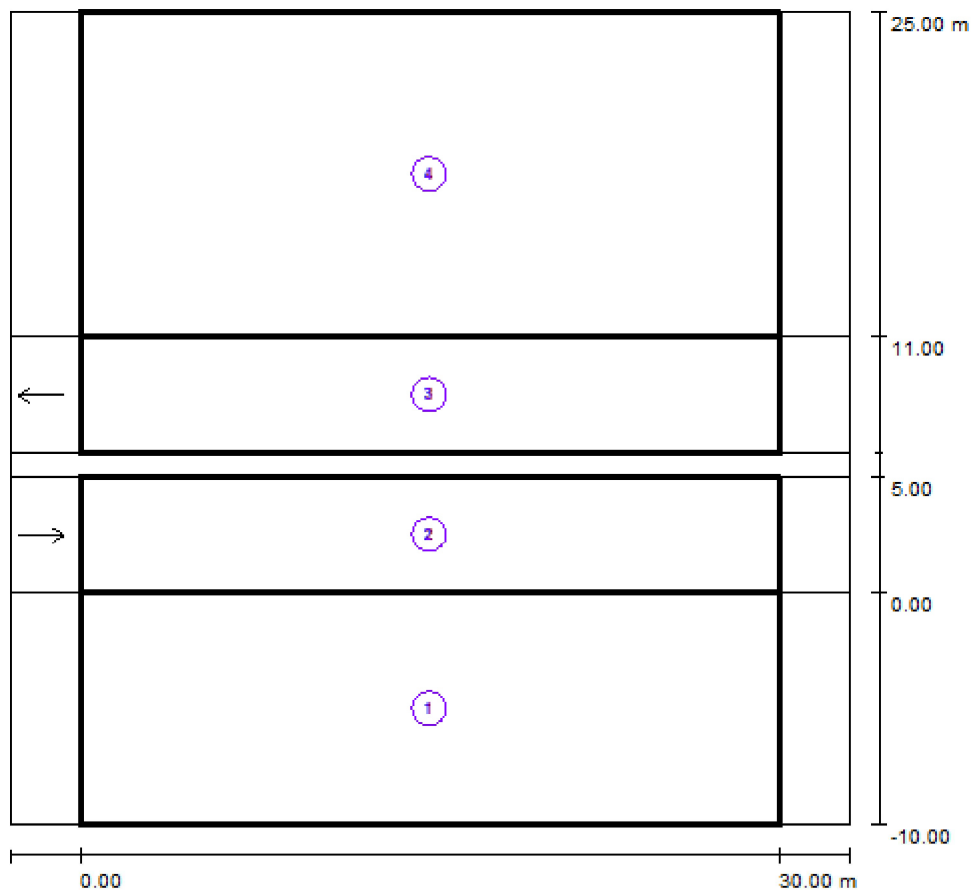
Lámpara: 1 x LED40/NW/- (Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:325

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1
Longitud: 30.000 m, Anchura: 10.000 m
Trama: 10 x 3 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos

Lista del recuadro de evaluación

- 2 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

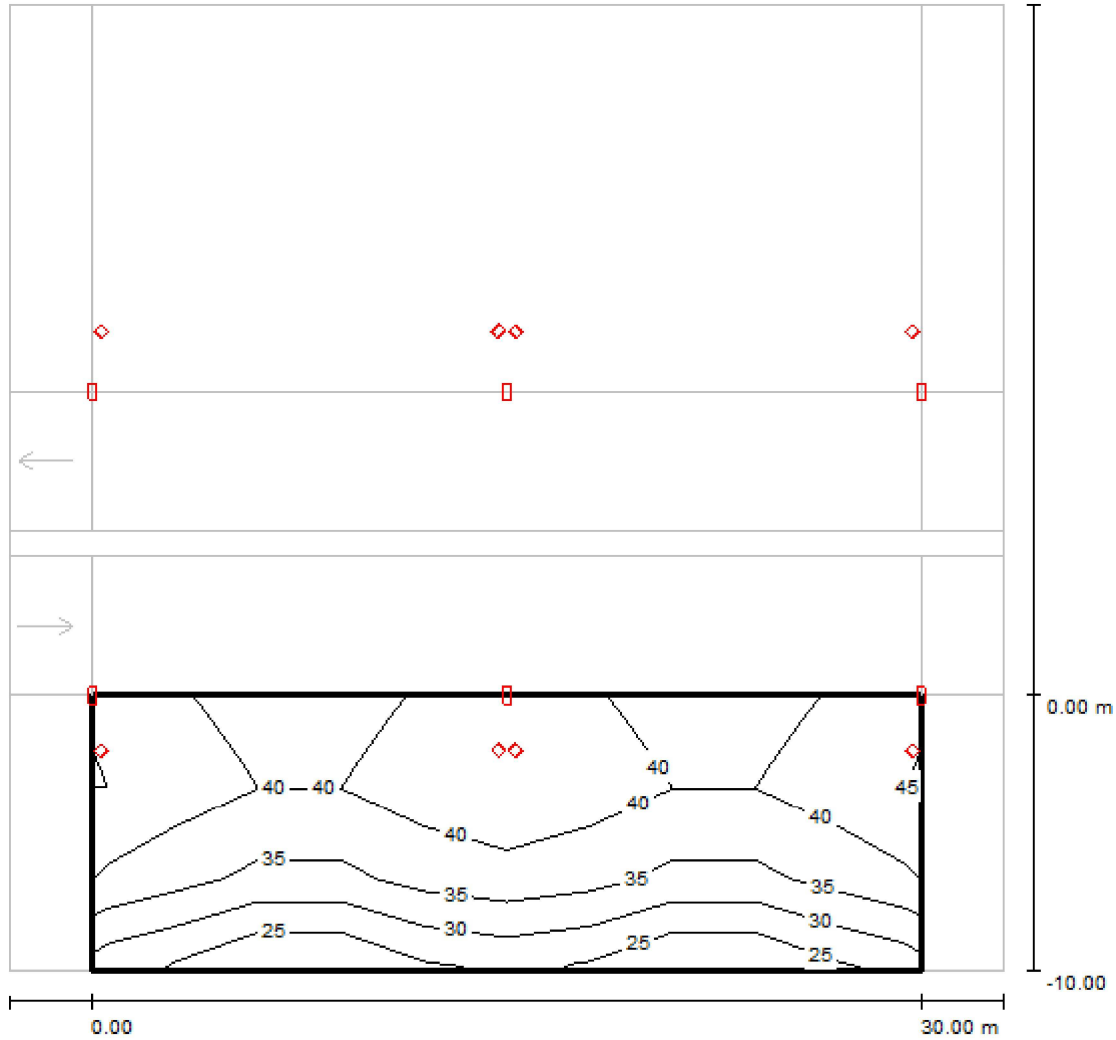
- 3 Recuadro de evaluación Calzada 2
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.

- 4 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2
 Longitud: 30.000 m, Anchura: 14.000 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

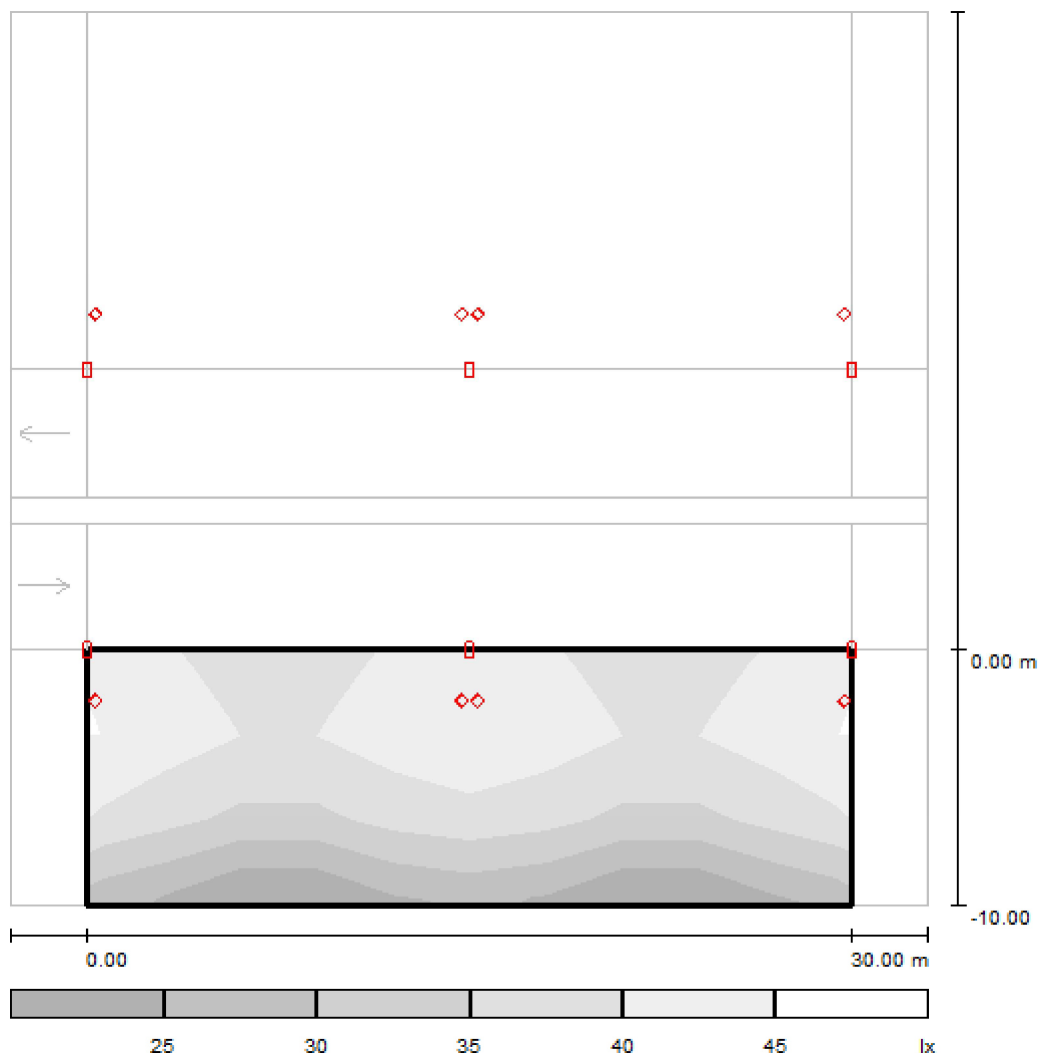
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
37	24	45	0.633	0.531



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 297

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
37

E_{min} [lx]
24

E_{max} [lx]
45

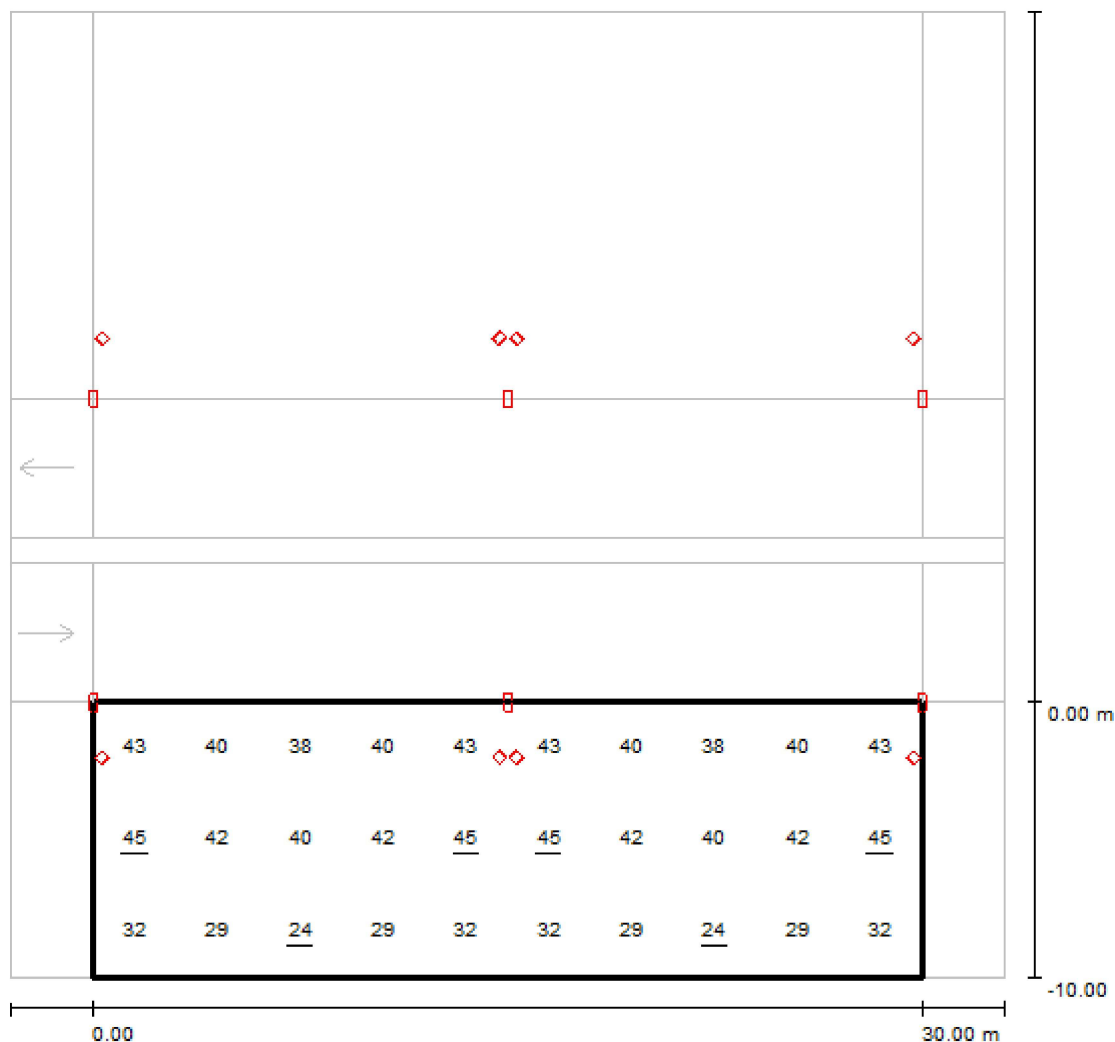
E_{min} / E_m
0.633

E_{min} / E_{max}
0.531



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

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



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
37

E_{min} [lx]
24

E_{max} [lx]
45

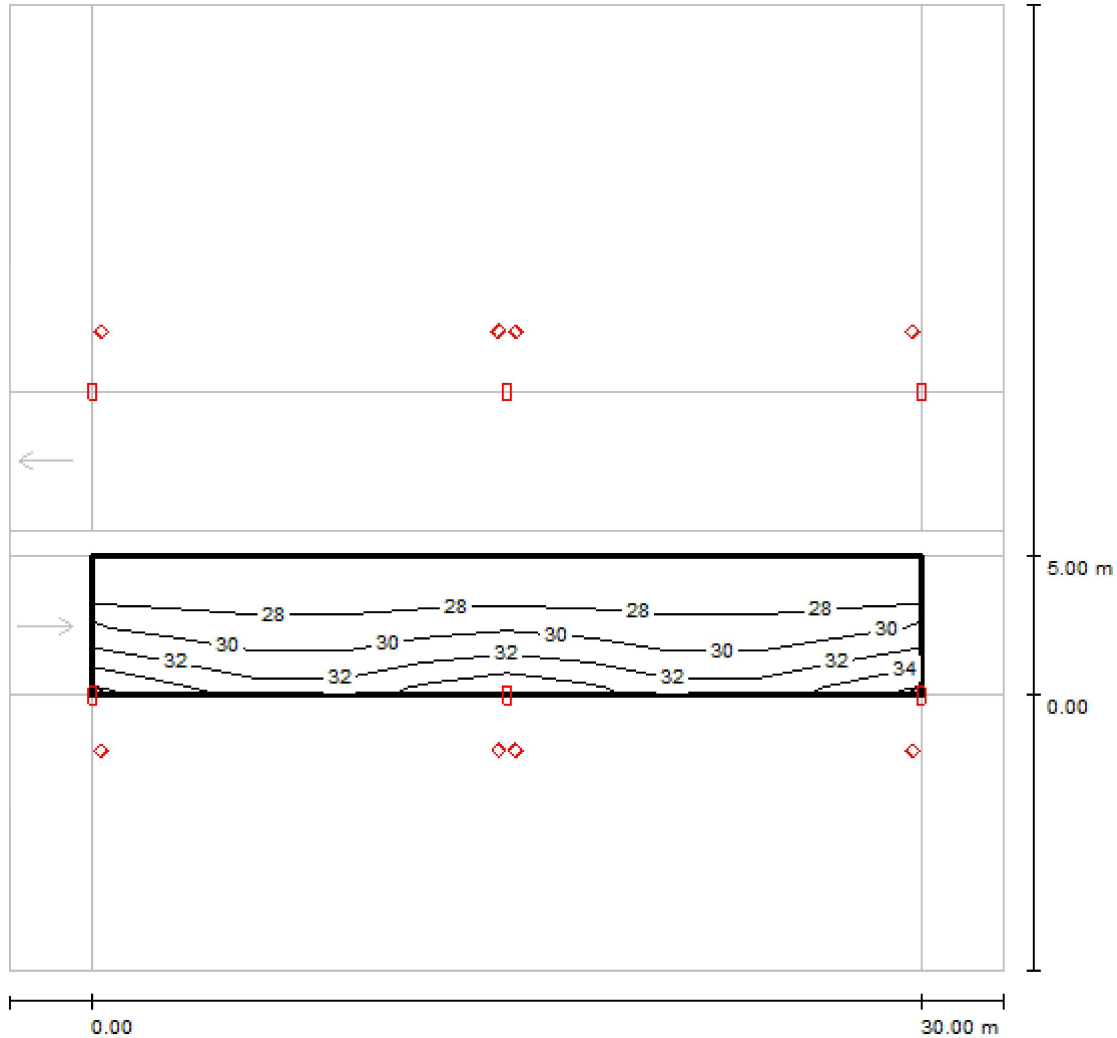
E_{min} / E_m
0.633

E_{min} / E_{max}
0.531



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
27

E_{max} [lx]
34

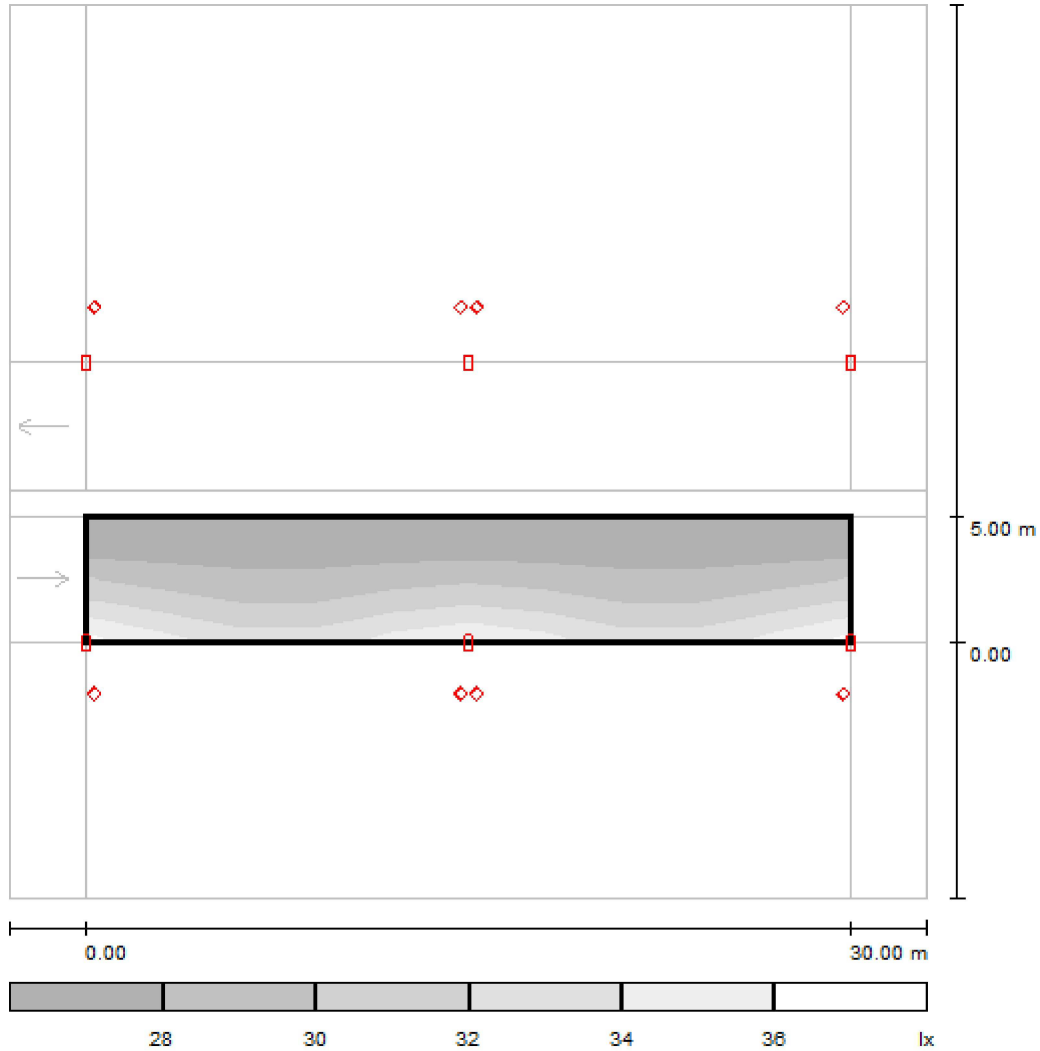
E_{min} / E_m
0.908

E_{min} / E_{max}
0.782



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 297

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
27

E_{max} [lx]
34

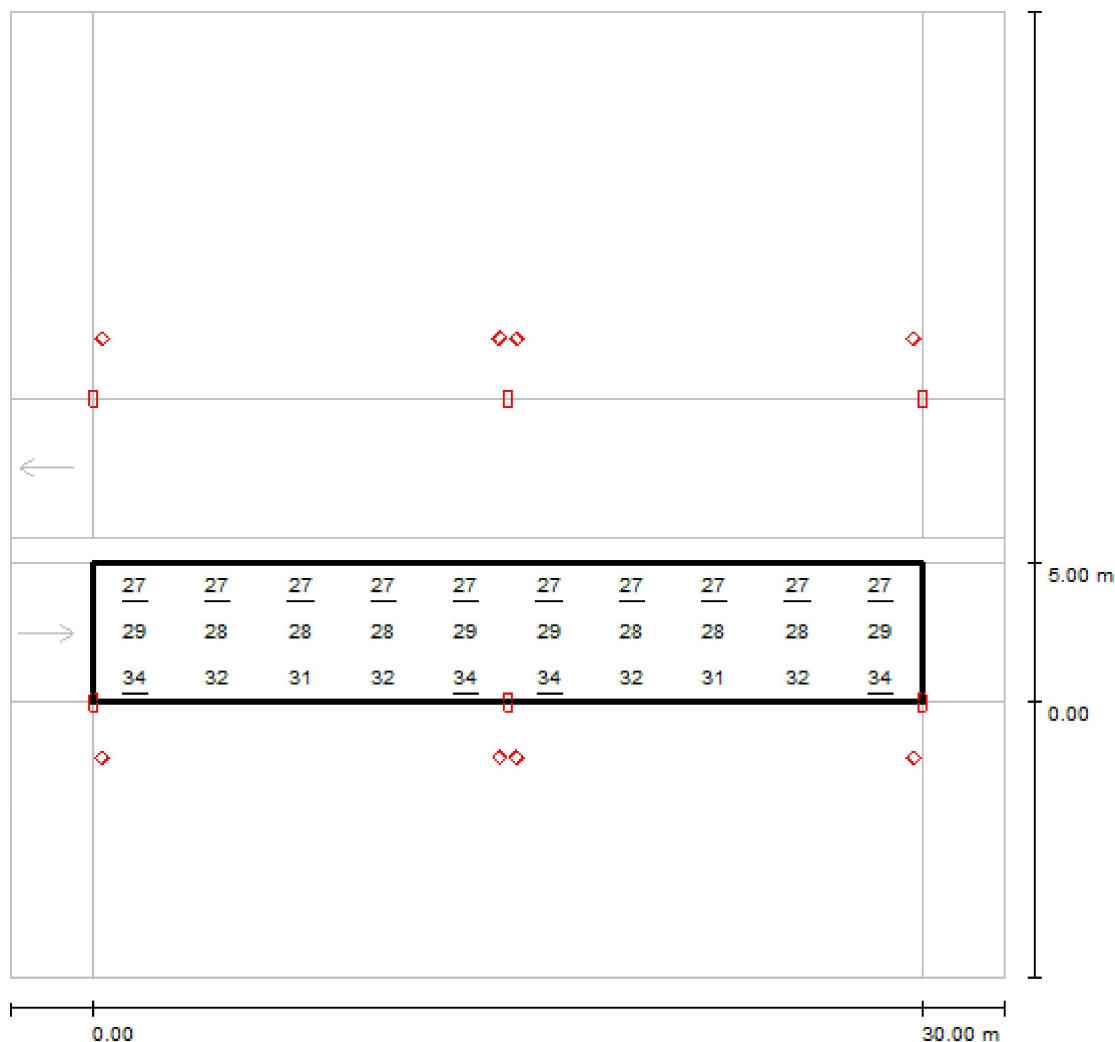
E_{min} / E_m
0.908

E_{min} / E_{max}
0.782



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
27

E_{max} [lx]
34

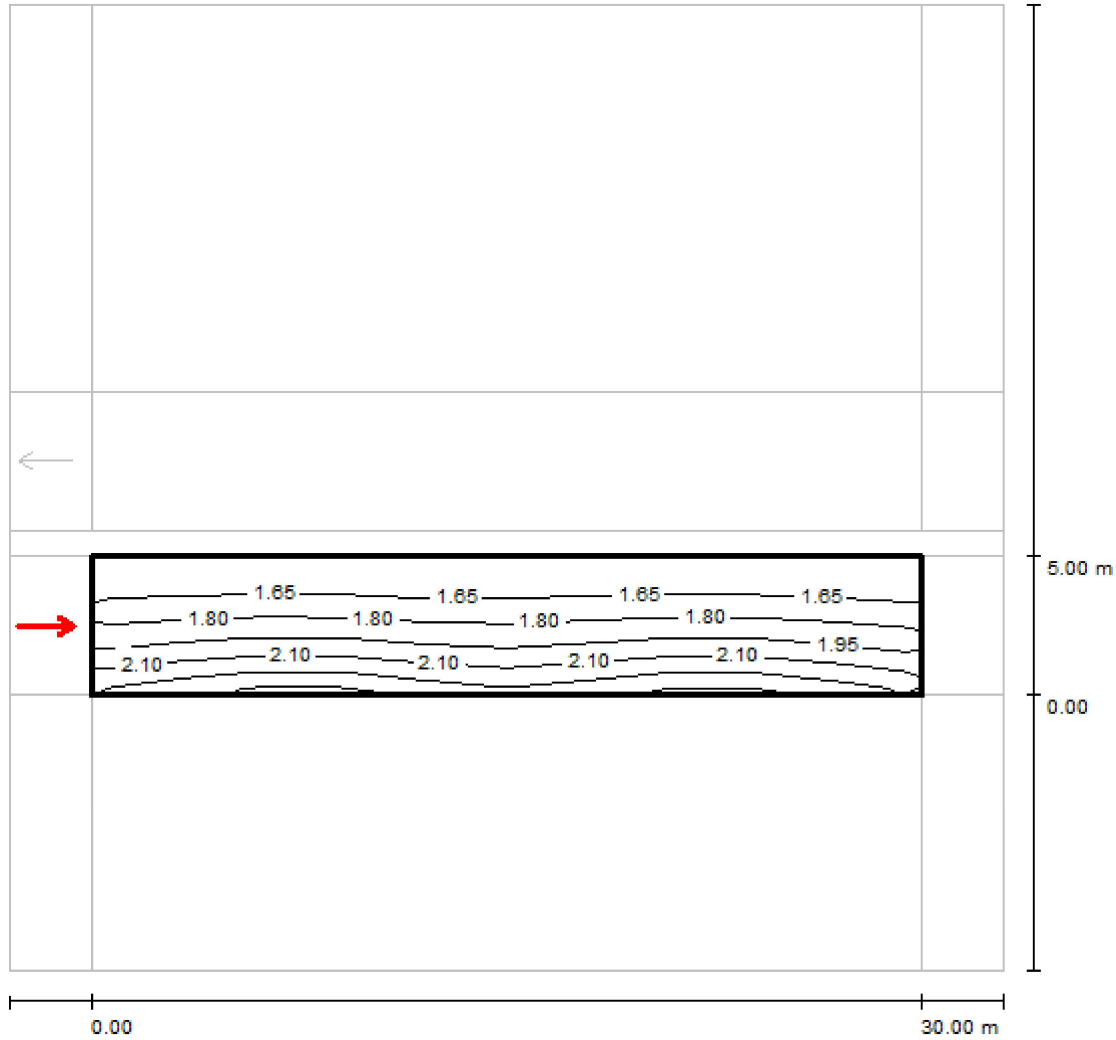
E_{min} / E_m
0.908

E_{min} / E_{max}
0.782



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

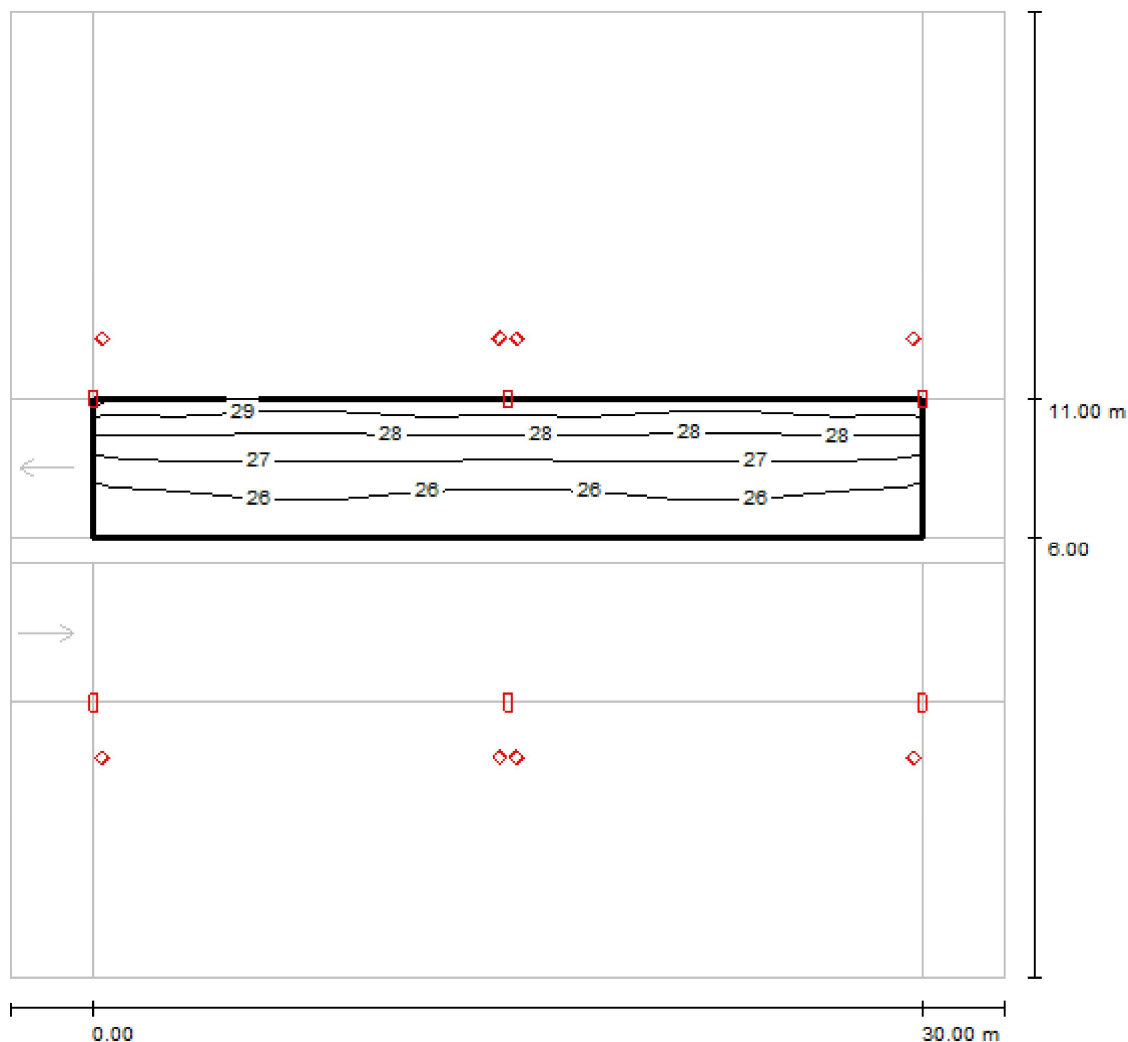
Posición del observador: (-60.000 m, 2.500 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.86	0.83	0.97	0.21	8



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

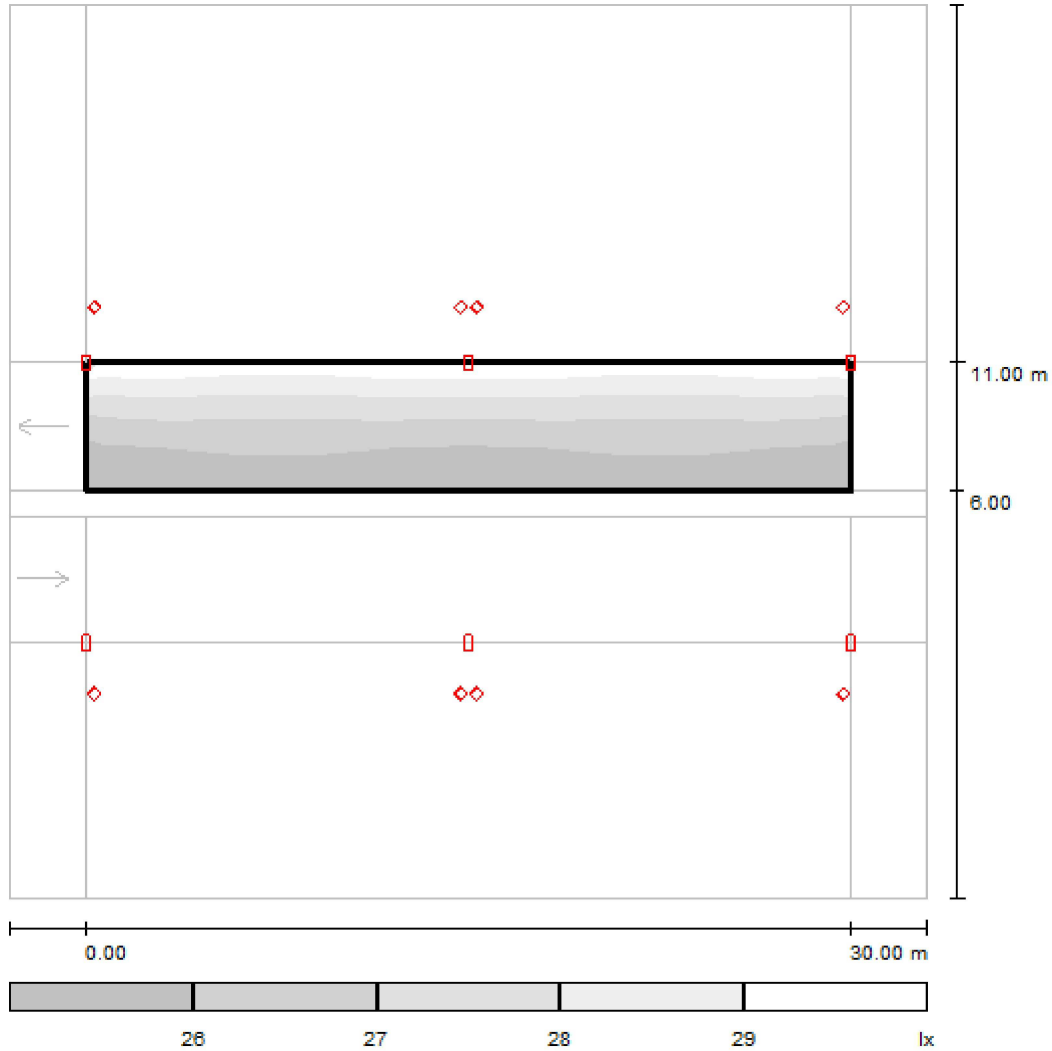
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
27	26	29	0.949	0.887



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 297

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
27

E_{min} [lx]
26

E_{max} [lx]
29

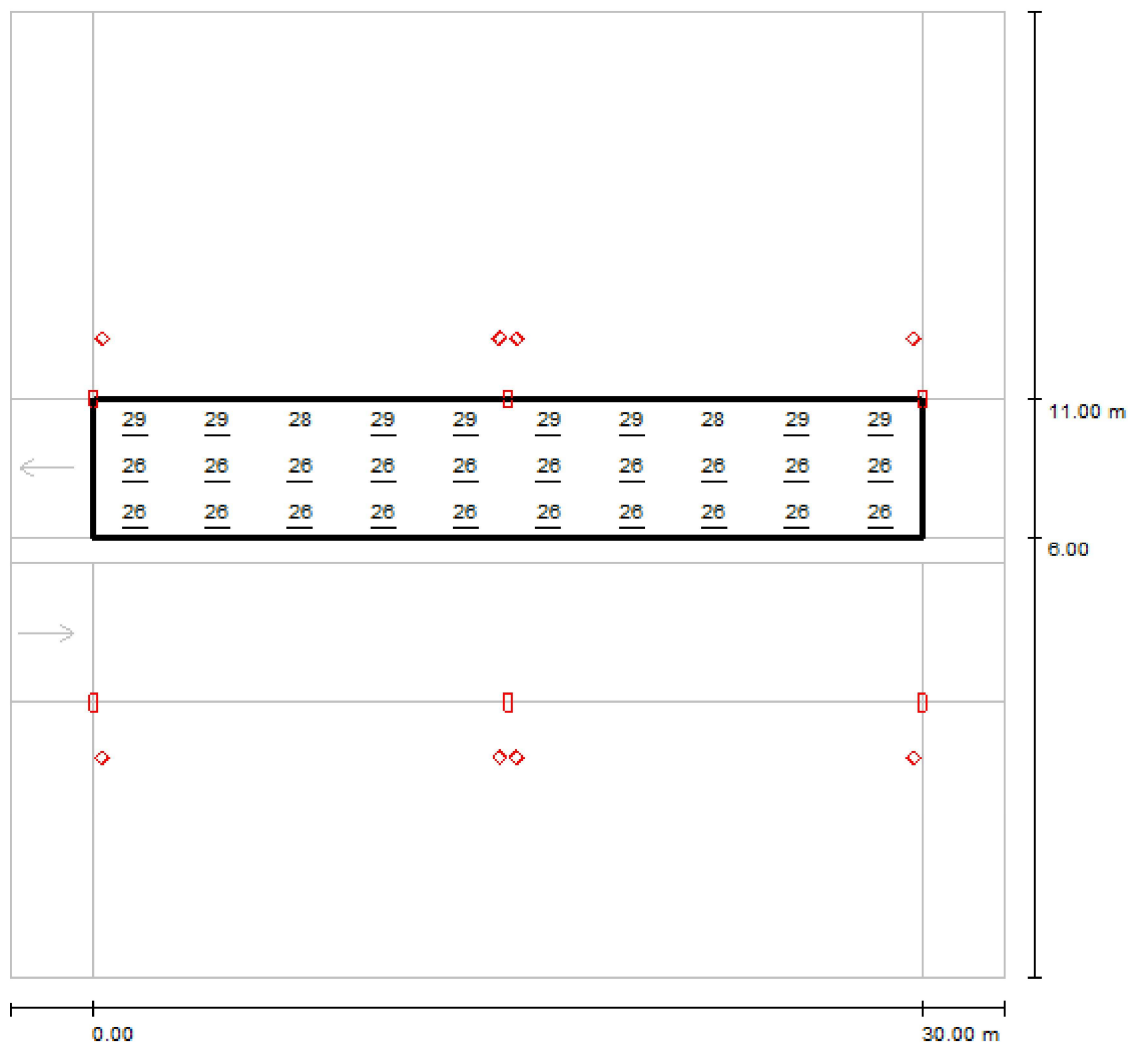
E_{min} / E_m
0.949

E_{min} / E_{max}
0.887



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
27

E_{min} [lx]
26

E_{max} [lx]
29

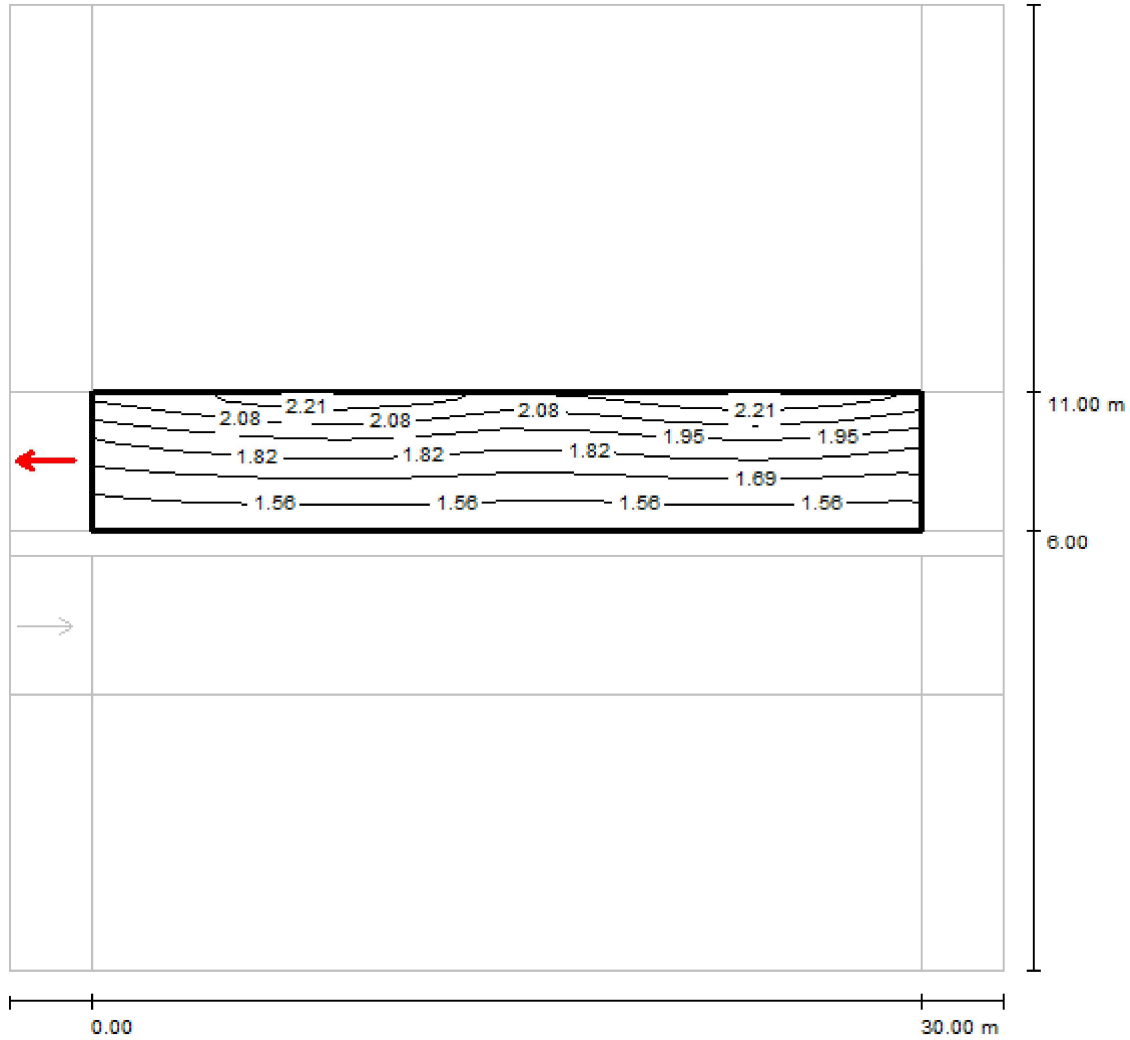
E_{min} / E_m
0.949

E_{min} / E_{max}
0.887



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Observador 2 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 274

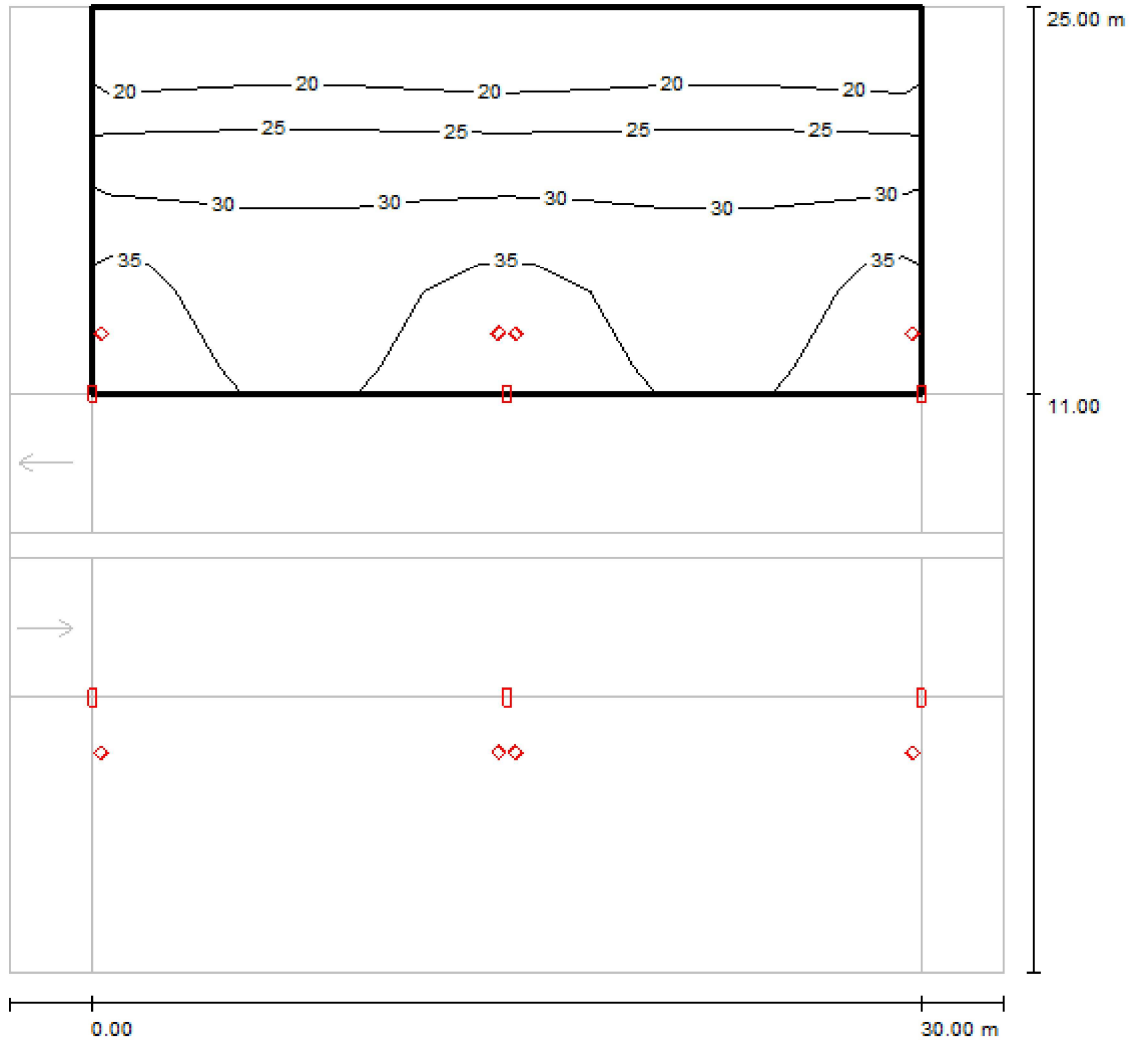
Trama: 10 x 3 Puntos
Posición del observador: (90.000 m, 8.500 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.80	0.85	0.97	0.33	11



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
17

E_{max} [lx]
37

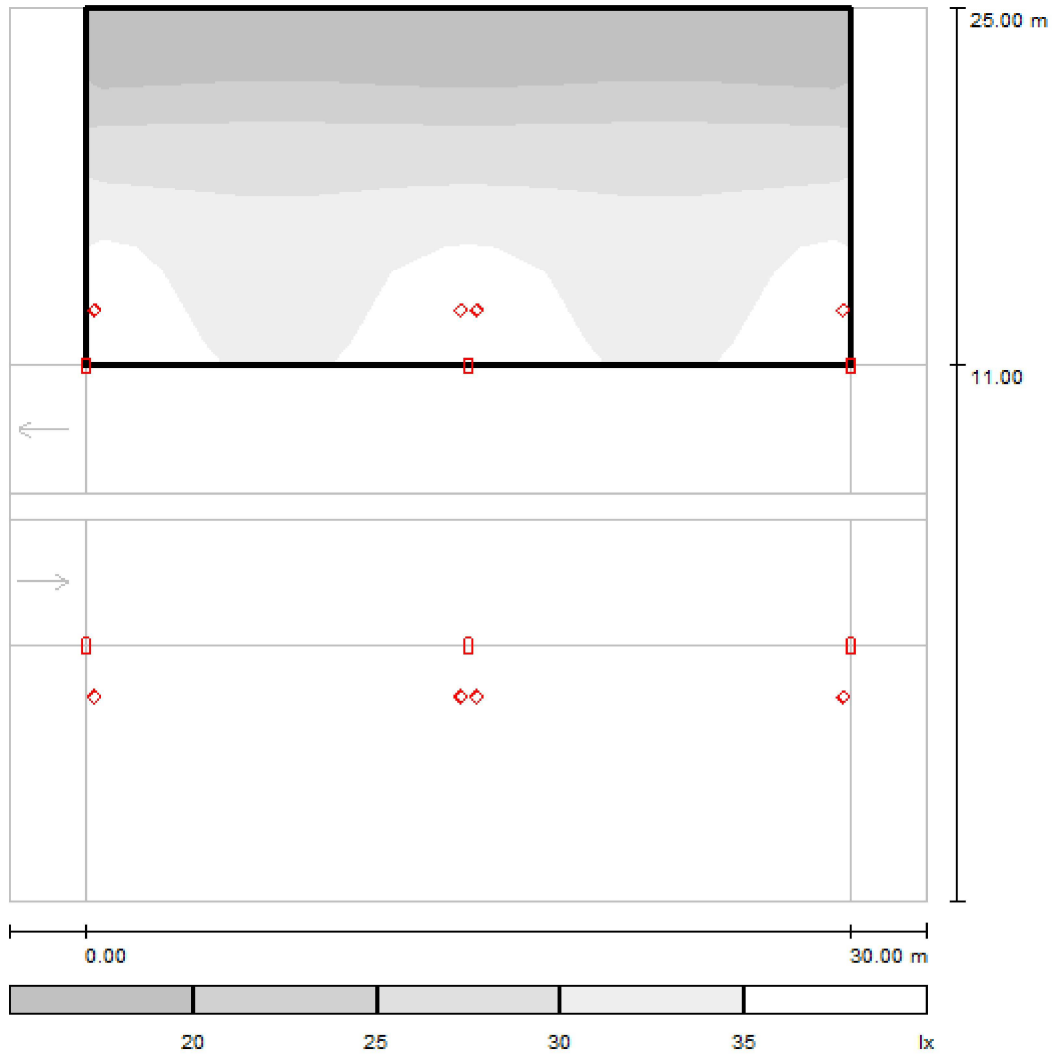
E_{min} / E_m
0.601

E_{min} / E_{max}
0.465



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 297

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
17

E_{max} [lx]
37

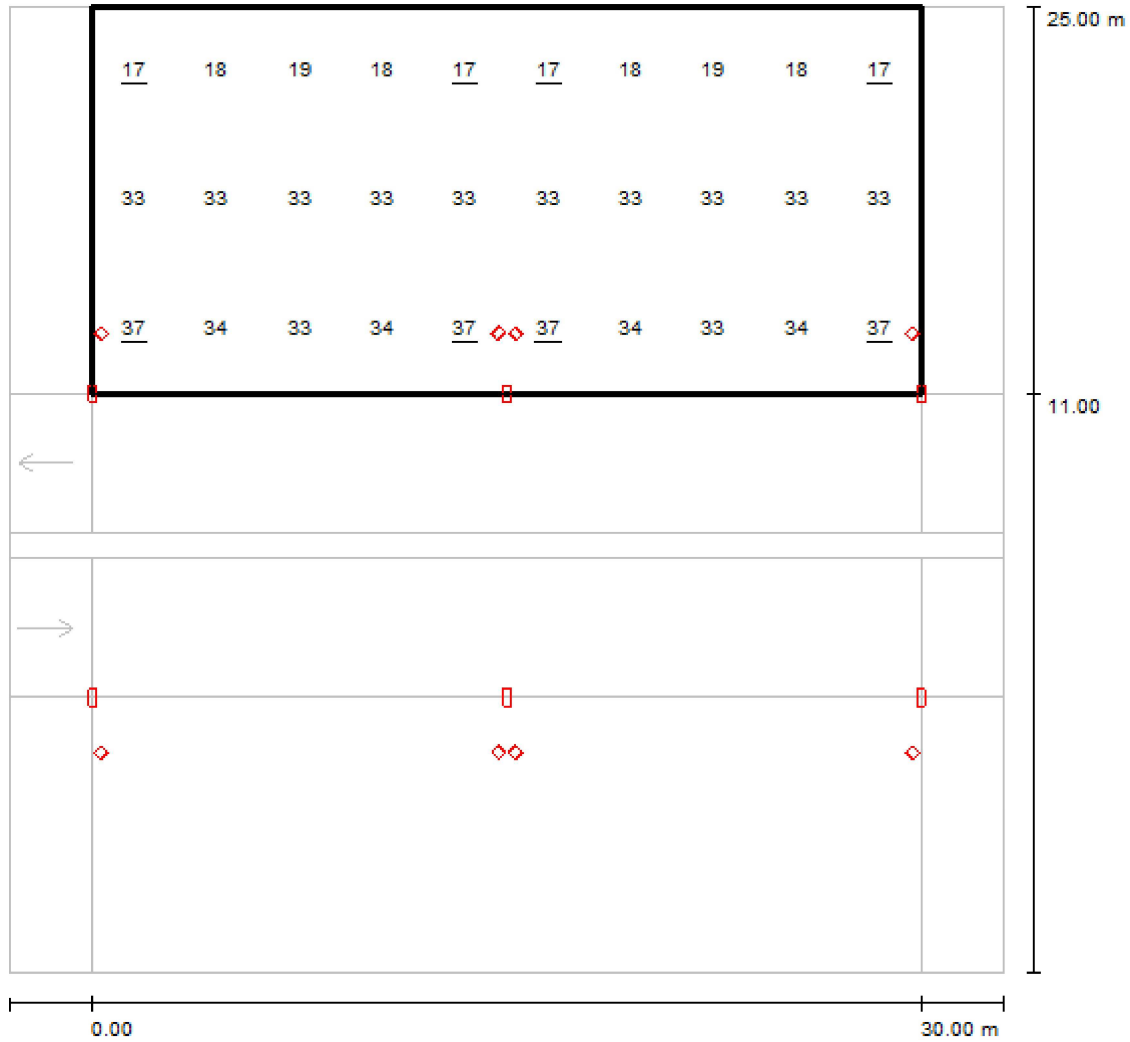
E_{min} / E_m
0.601

E_{min} / E_{max}
0.465



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 274

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
29

E_{min} [lx]
17

E_{max} [lx]
37

E_{min} / E_m
0.601

E_{min} / E_{max}
0.465

Estudio lum C/Ruiz Zorrilla

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 01.11.2016
Proyecto elaborado por:

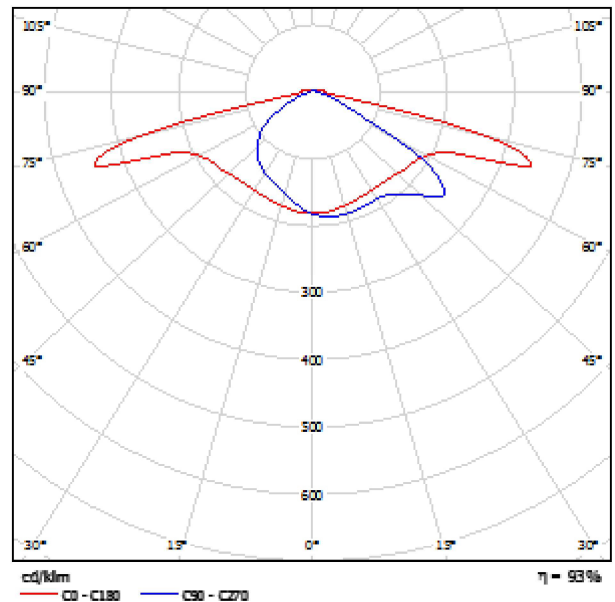


Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SALVI / PALACIO / 16LED 23W 3000K F3T3 / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 96
Código CIE Flux: 30 61 92 96 94

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

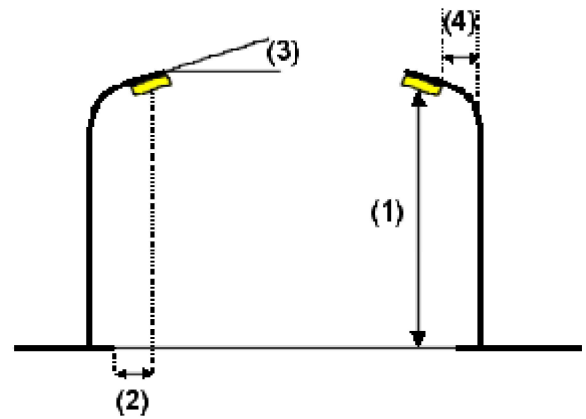
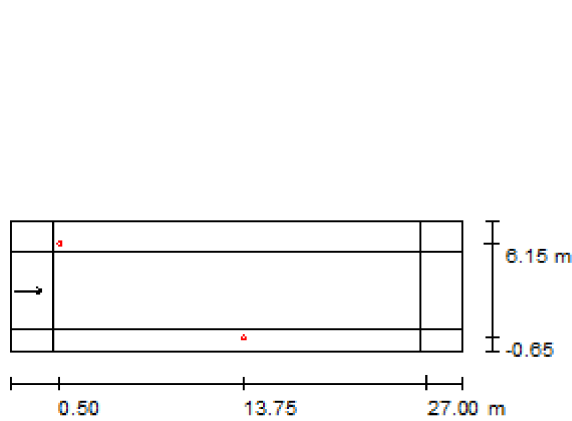
Camino peatonal 2 (Anchura: 2.300 m)

Calzada 1 (Anchura: 5.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Camino peatonal 1 (Anchura: 1.700 m)

Factor mantenimiento: 0.80

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SALVI / PALACIO / 16LED 23W 3000K F3T3
 Flujo luminoso (Luminaria): 2735 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 2950 lm
 Potencia de las luminarias: 23.0 W
 Organización: bilateral desplazado
 Distancia entre mástiles: 26.500 m
 Altura de montaje (1): 4.000 m
 Altura del punto de luz: 3.970 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.650 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 399 cd/klm
 con 80°: 103 cd/klm
 con 90°: 21 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

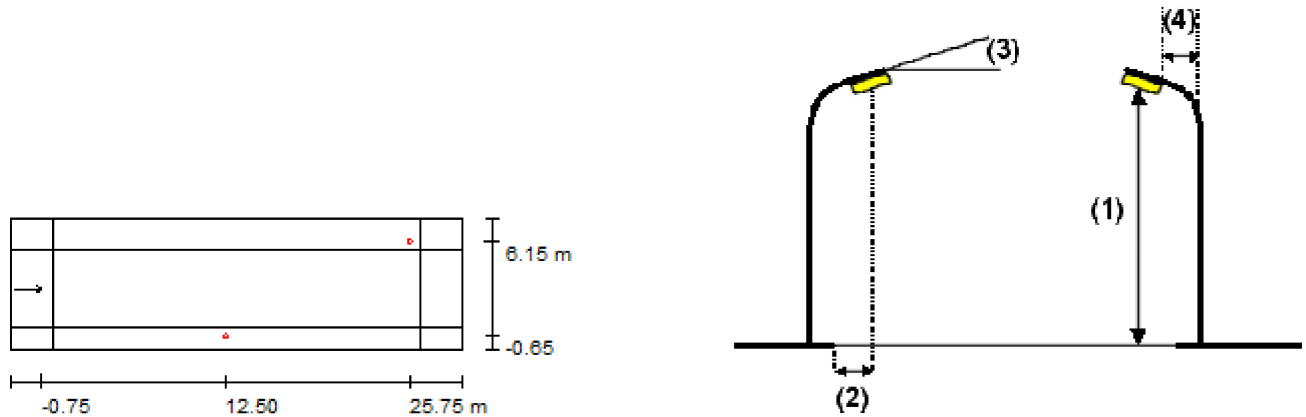
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SALVI / PALACIO / 16LED 23W 3000K F3T3
 Flujo luminoso (Luminaria): 2735 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 2950 lm
 Potencia de las luminarias: 23.0 W
 Organización: bilateral desplazado
 Distancia entre mástiles: 26.500 m
 Altura de montaje (1): 4.000 m
 Altura del punto de luz: 3.970 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.650 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°: 399 cd/klm
 con 80°: 103 cd/klm
 con 90°: 21 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

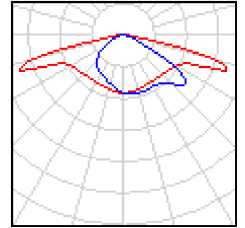


Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Lista de luminarias

SALVI / PALACIO / 16LED 23W 3000K F3T3
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2735 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2950 lm
Potencia de las luminarias: 23.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 96
Código CIE Flux: 30 61 92 96 94
Lámpara: 1 x 16 LTx 470mA (Factor de
corrección 1.000).

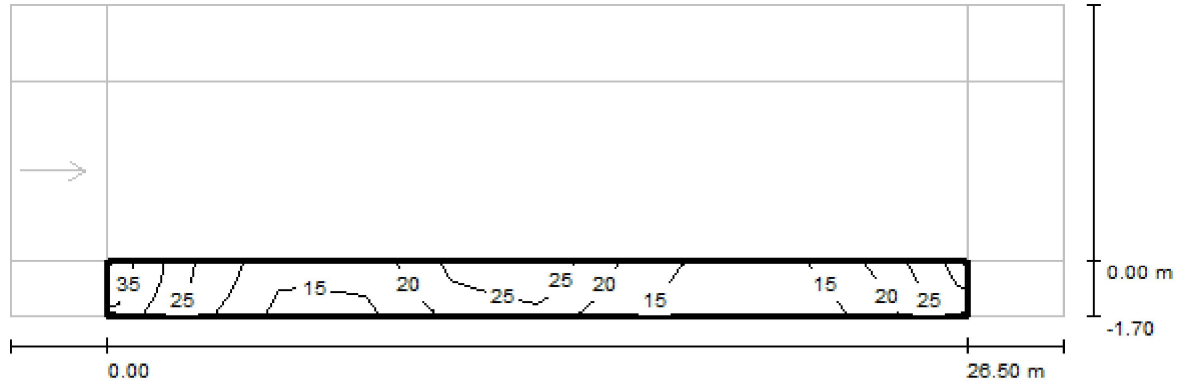
Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 233

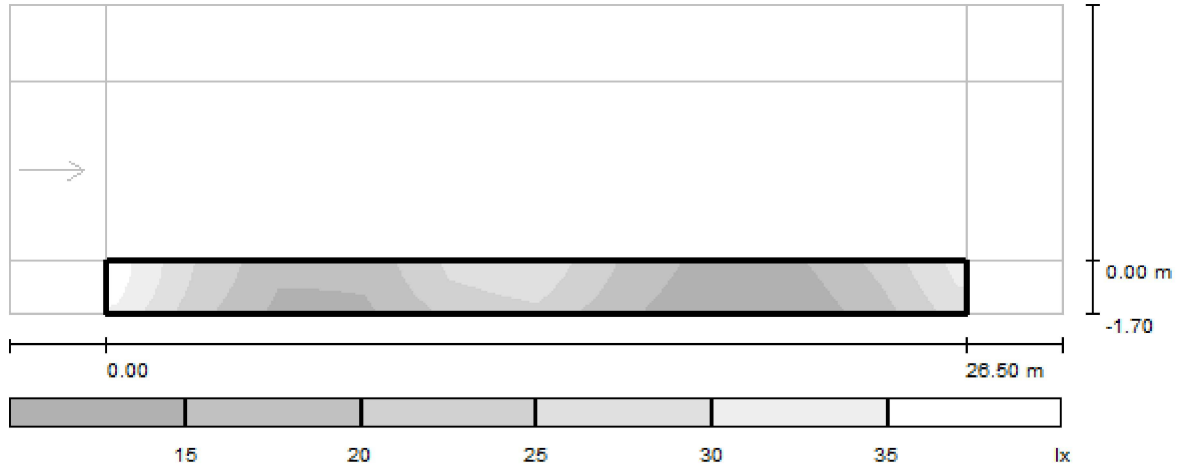
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
20	9.69	33	0.496	0.295



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 233

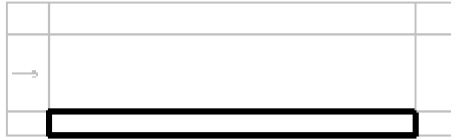
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
20	9.69	33	0.496	0.295



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Tabla (E)



1.417	32	18	14	19	<u>33</u>	24	14	11	15	27
0.850	32	17	13	18	31	23	13	11	14	26
0.283	29	16	12	17	28	21	12	<u>9.69</u>	13	24
m	1.325	3.975	6.625	9.275	11.925	14.575	17.225	19.875	22.525	25.175

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

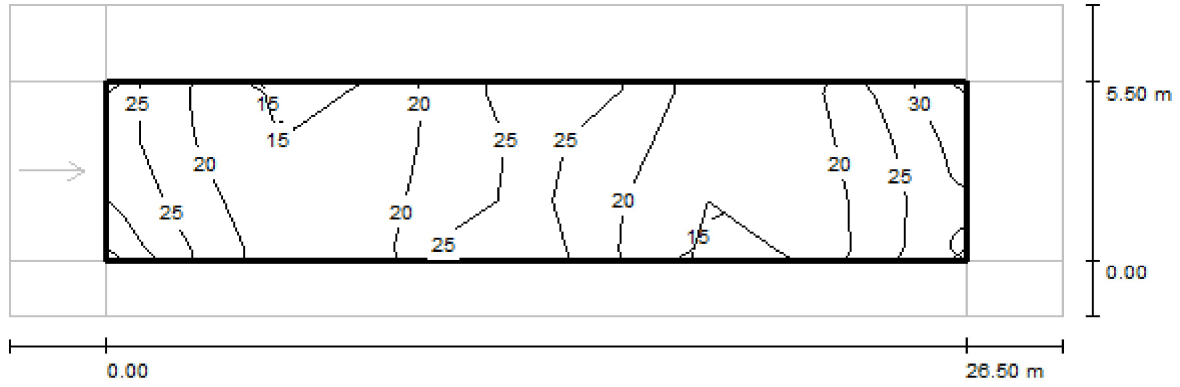
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
20	9.69	33	0.496	0.295



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 233

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
21

E_{min} [lx]
13

E_{max} [lx]
30

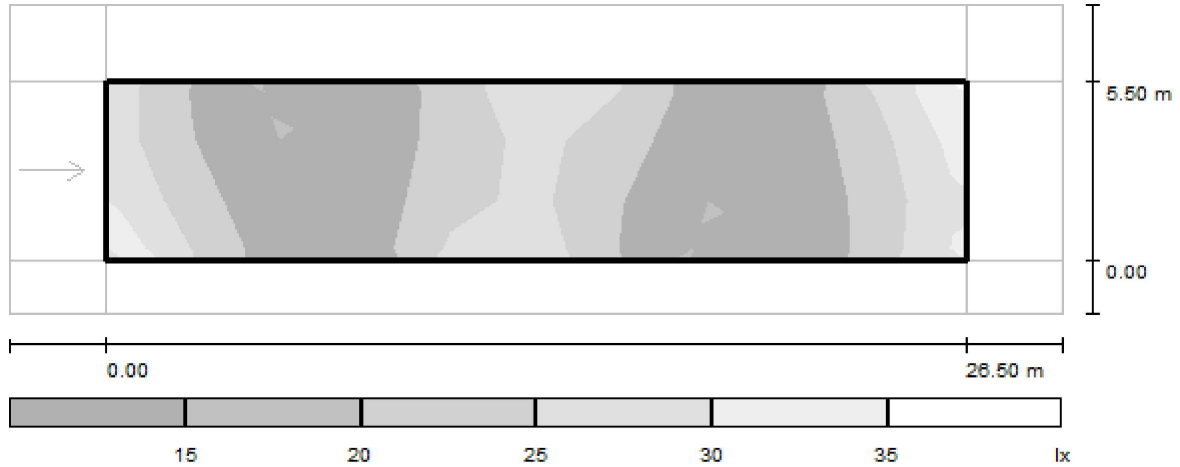
E_{min} / E_m
0.644

E_{min} / E_{max}
0.437



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 233

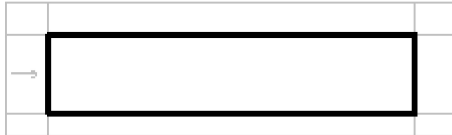
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	13	30	0.644	0.437



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Tabla (E)



4.583	24	16	<u>13</u>	18	27	29	19	15	19	<u>30</u>
2.750	24	17	14	19	26	24	17	14	19	26
0.917	29	19	15	19	<u>30</u>	24	16	<u>13</u>	18	27
m	1.325	3.975	6.625	9.275	11.925	14.575	17.225	19.875	22.525	25.175

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
21

E_{min} [lx]
13

E_{max} [lx]
30

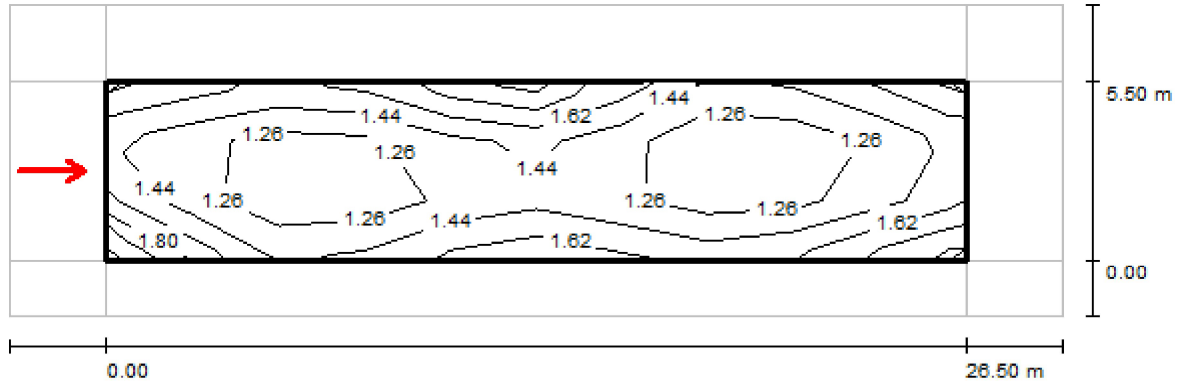
E_{min} / E_m
0.644

E_{min} / E_{max}
0.437



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 233

Trama: 10 x 3 Puntos

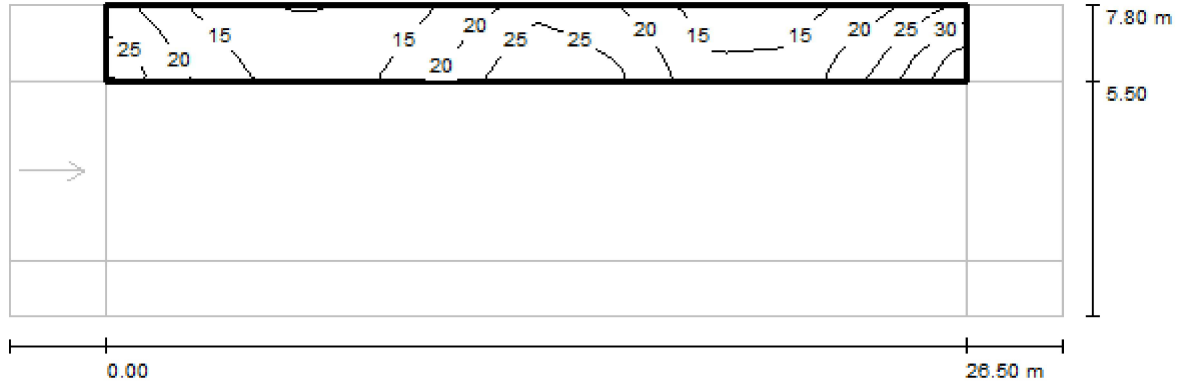
Posición del observador: (-60.000 m, 2.750 m, 1.500 m)

L_m [cd/m ²]	U0	UI	L_v [cd/m ²]	TI [%]
1.36	0.69	0.77	0.31	19



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 233

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
19

E_{min} [lx]
8.97

E_{max} [lx]
33

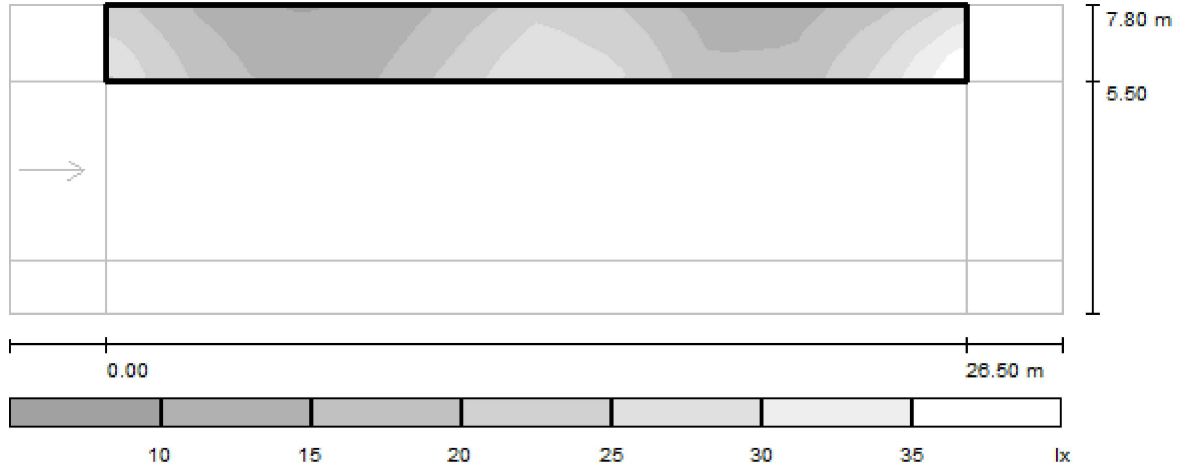
E_{min} / E_m
0.478

E_{min} / E_{max}
0.274



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 233

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
19	8.97	33	0.478	0.274



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 2 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Tabla (E)



1.917	20	11	<u>8.97</u>	12	22	27	15	11	16	24
1.150	22	13	10	13	25	31	17	12	17	30
0.383	24	14	11	15	27	32	18	13	19	<u>33</u>
m	1.325	3.975	6.625	9.275	11.925	14.575	17.225	19.875	22.525	25.175

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
19

E_{min} [lx]
8.97

E_{max} [lx]
33

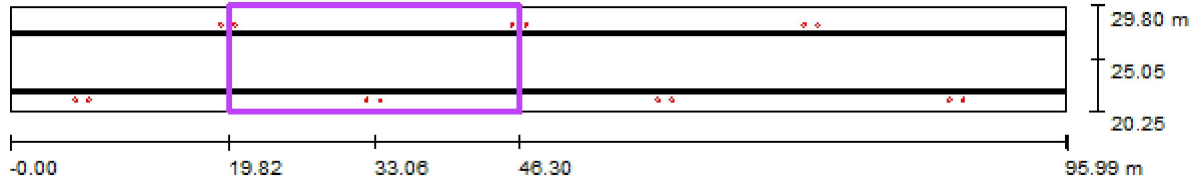
E_{min} / E_m
0.478

E_{min} / E_{max}
0.274



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Resumen



Escala 1 : 687

Posición: (33.058 m, 25.047 m, 0.000 m)
 Tamaño: (26.484 m, 9.505 m)
 Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)
 Tipo: Normal, Trama: 13 x 5 Puntos

Sumario de los resultados

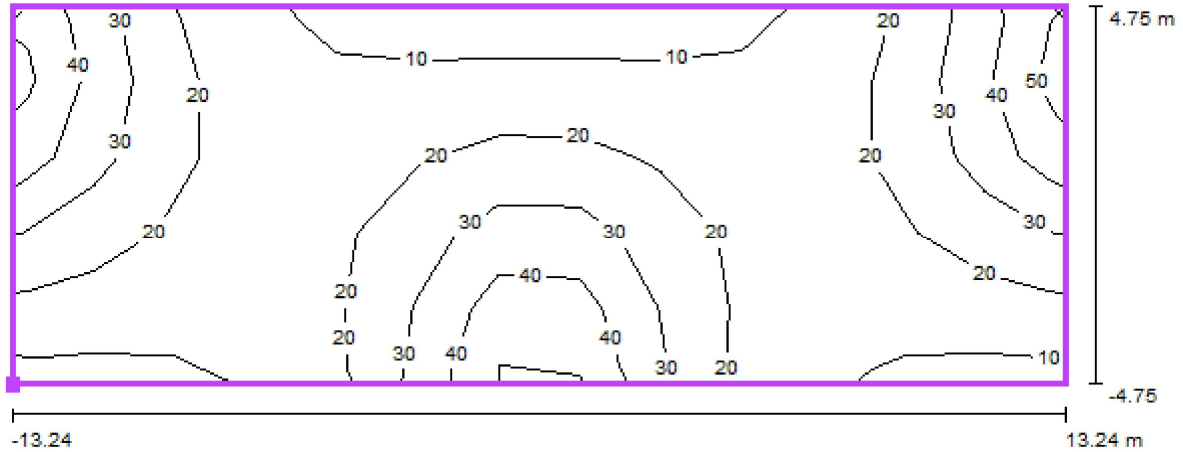
N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	22	7.83	55	0.36	0.14	/	0.000	/

$E_{h\ m} / E_m$ = Relación entre la intensidad lumínica central horizontal y vertical, H = Medición altura



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 190

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (19.816 m, 20.295 m, 0.000 m)



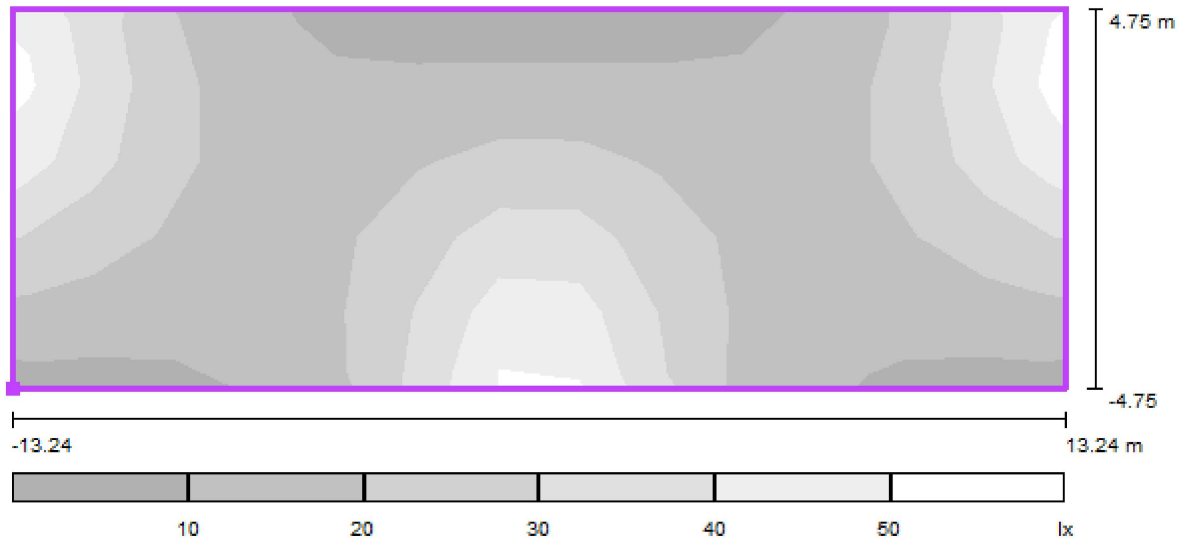
Trama: 13 x 5 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	7.83	55	0.36	0.14



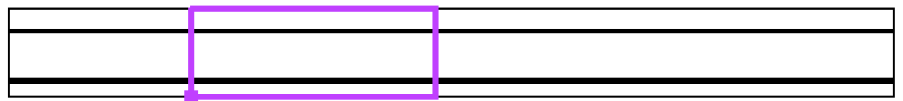
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 190

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado: (19.816 m,
20.295 m, 0.000 m)



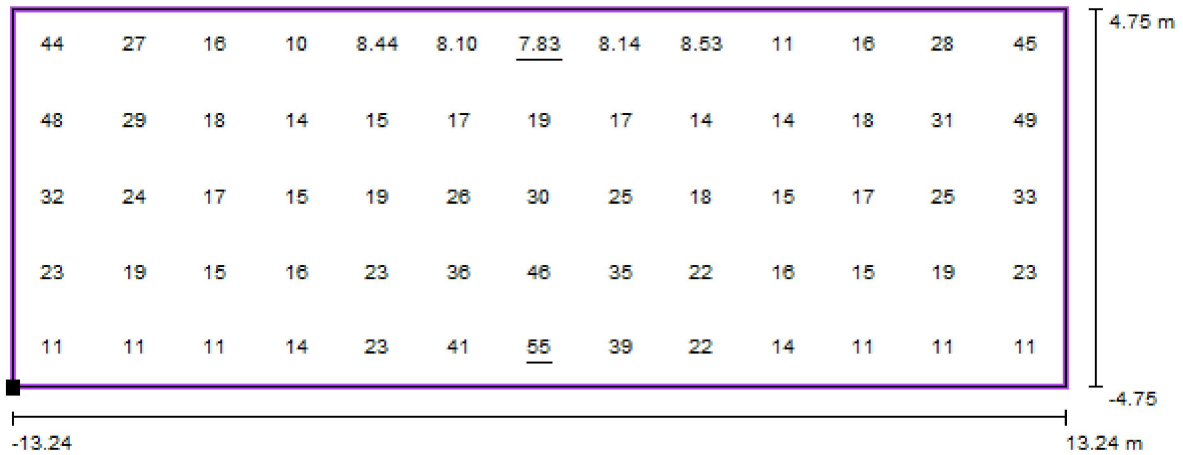
Trama: 13 x 5 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	7.83	55	0.36	0.14



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 2 / Trama de cálculo 1 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 190

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado: (19.816 m, 20.295 m, 0.000 m)



Trama: 13 x 5 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	7.83	55	0.36	0.14

Estudio luminotécnico C/San Vicente

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 04.10.2016
Proyecto elaborado por:



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Estudio luminotécnico C/San Vicente	
Portada del proyecto	1
Índice	2
SALVI / PALACIO / 32LED 37W 3000K F3T3	
Hoja de datos de luminarias	3
Calle 1	
Datos de planificación	4
Lista de luminarias	5
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Camino peatonal 1	
Isolíneas (E)	6
Gama de grises (E)	7
Gráfico de valores (E)	8
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Isolíneas (E)	9
Gama de grises (E)	10
Gráfico de valores (E)	11
Observador	
Observador 1	
Isolíneas (L)	12
Recuadro de evaluación Camino peatonal 2	
Isolíneas (E)	13
Gama de grises (E)	14
Gráfico de valores (E)	15

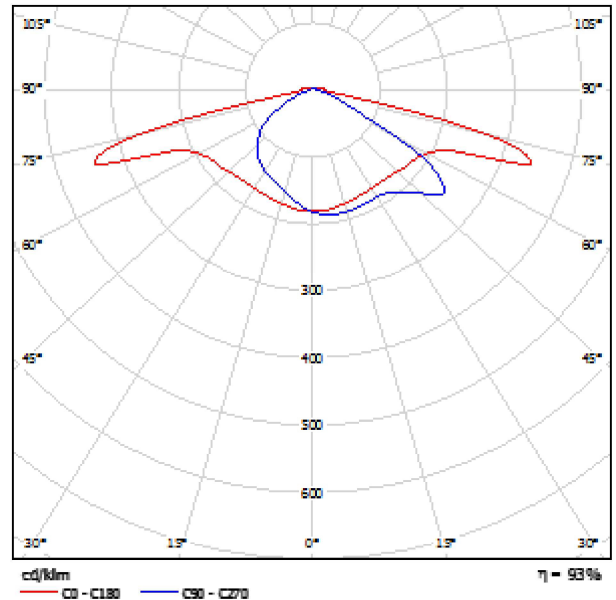


Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

SALVI / PALACIO / 32LED 37W 3000K F3T3 / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 96
Código CIE Flux: 30 61 92 96 94

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

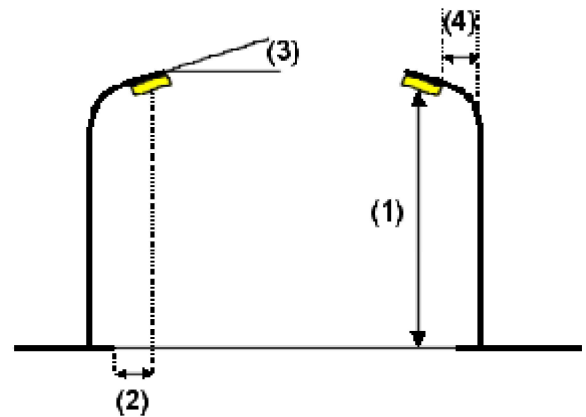
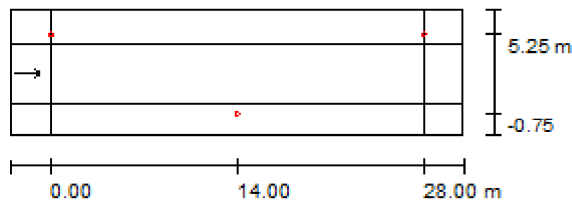
Camino peatonal 2 (Anchura: 2.600 m)

Calzada 1 (Anchura: 4.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Camino peatonal 1 (Anchura: 2.500 m)

Factor mantenimiento: 0.85

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: SALVI / PALACIO / 32LED 37W 3000K F3T3
 Flujo luminoso (Luminaria): 4560 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 4918 lm
 Potencia de las luminarias: 37.0 W
 Organización: bilateral desplazado
 Distancia entre mástiles: 28.000 m
 Altura de montaje (1): 4.530 m
 Altura del punto de luz: 4.500 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.750 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 399 cd/klm
 con 80°: 103 cd/klm
 con 90°: 21 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G2.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

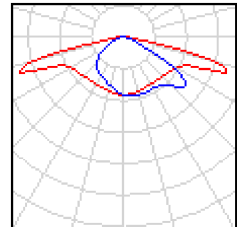


Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Lista de luminarias

SALVI / PALACIO / 32LED 37W 3000K F3T3
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 4560 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4918 lm
Potencia de las luminarias: 37.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 96
Código CIE Flux: 30 61 92 96 94
Lámpara: 1 x 32 LTx 380mA (Factor de corrección 1.000).

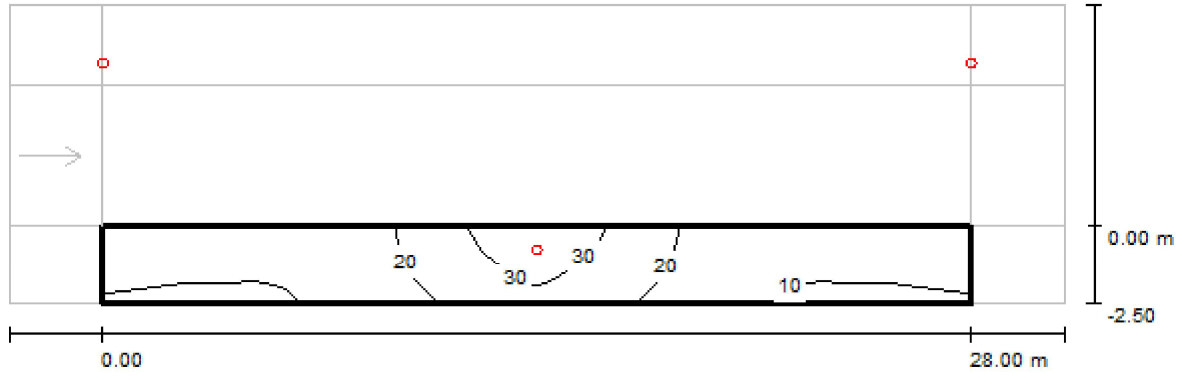
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

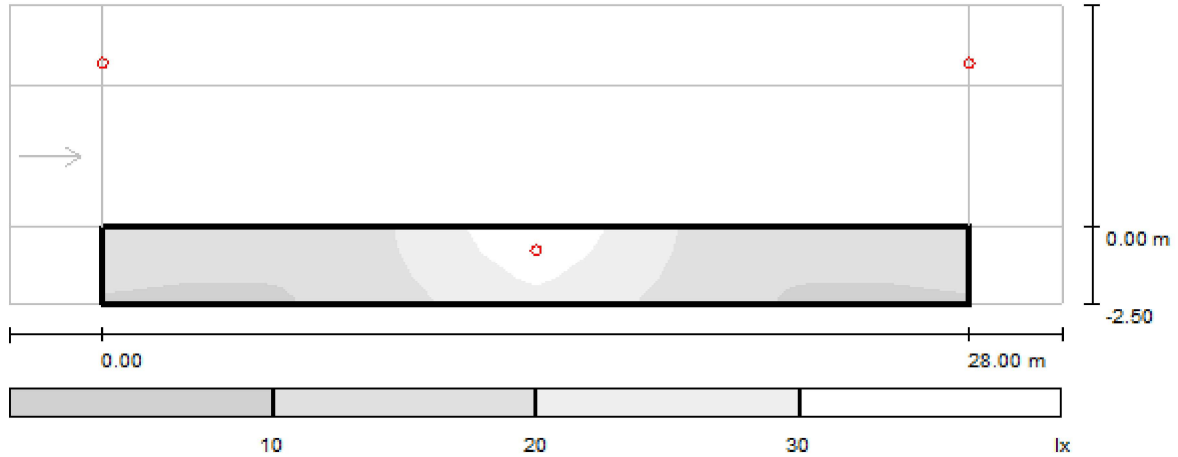
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	8.90	37	0.521	0.244



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

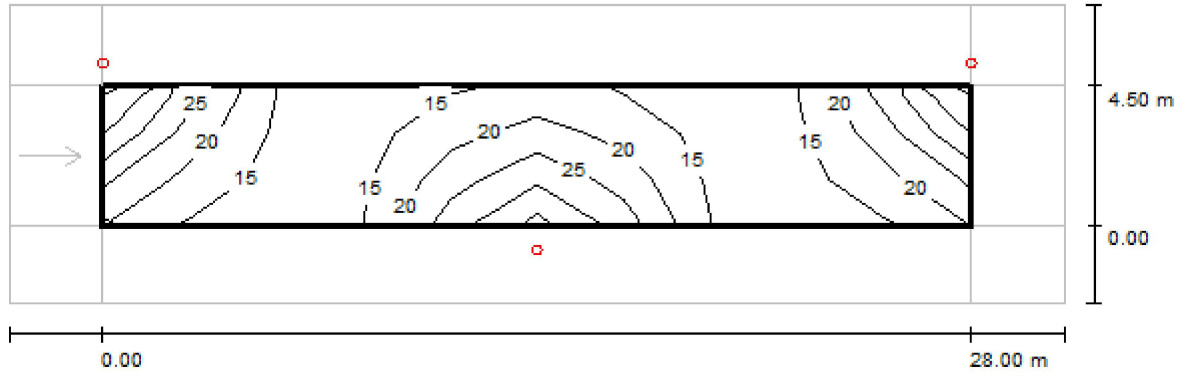
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	8.90	37	0.521	0.244



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
19

E_{min} [lx]
12

E_{max} [lx]
33

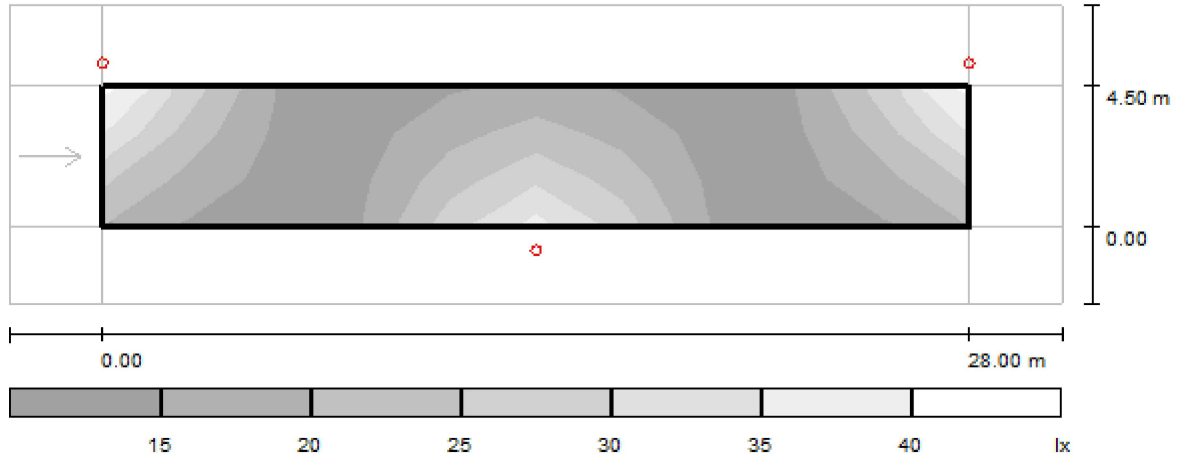
E_{min} / E_m
0.626

E_{min} / E_{max}
0.356



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
19

E_{min} [lx]
12

E_{max} [lx]
33

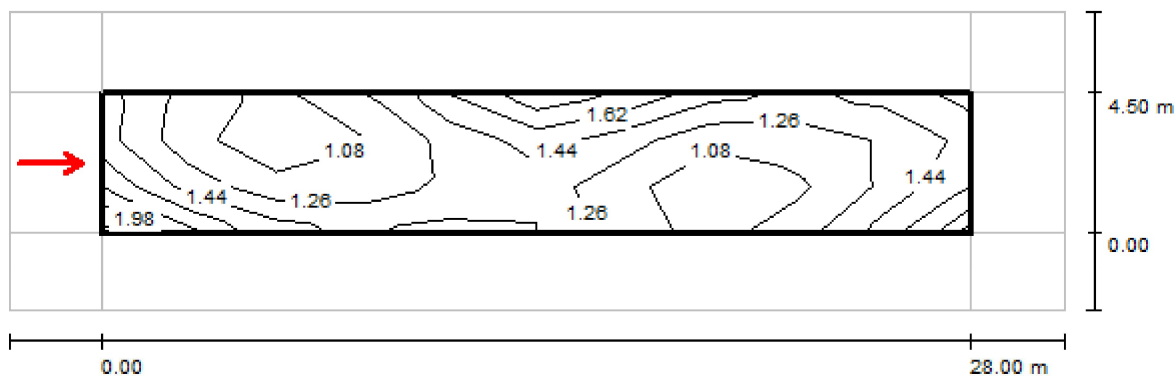
E_{min} / E_m
0.626

E_{min} / E_{max}
0.356



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Observador 1 / Isolíneas (L)



Valores en Candela/m², Escala 1 : 244

Trama: 10 x 3 Puntos

Posición del observador: (-60.000 m, 2.250 m, 1.500 m)

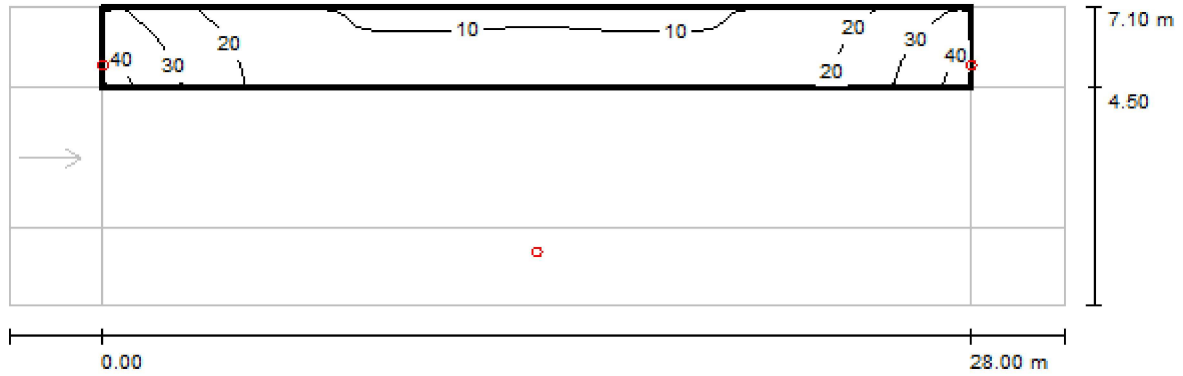
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070

L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]
1.27	0.72	0.70	20



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
17

E_{min} [lx]
8.73

E_{max} [lx]
37

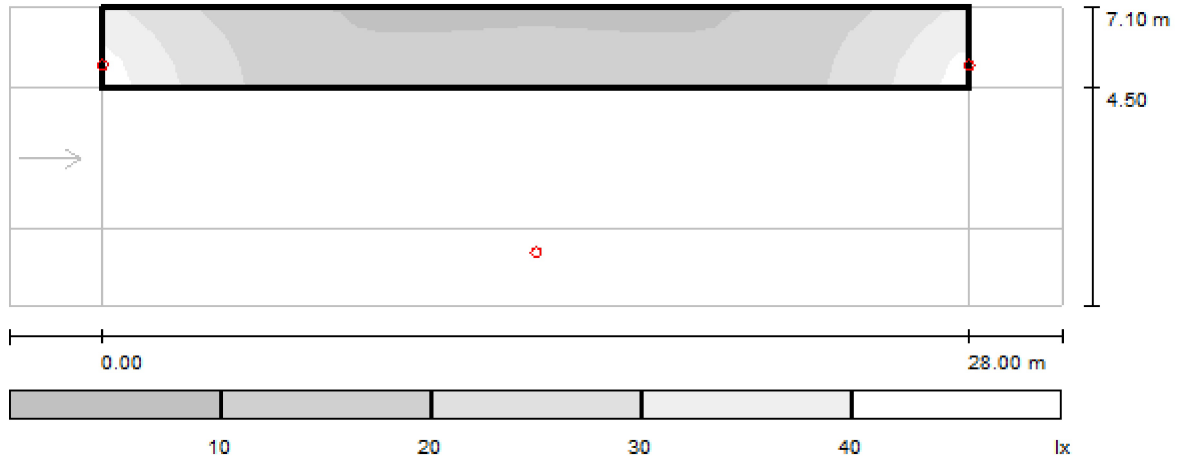
E_{min} / E_m
0.515

E_{min} / E_{max}
0.239



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

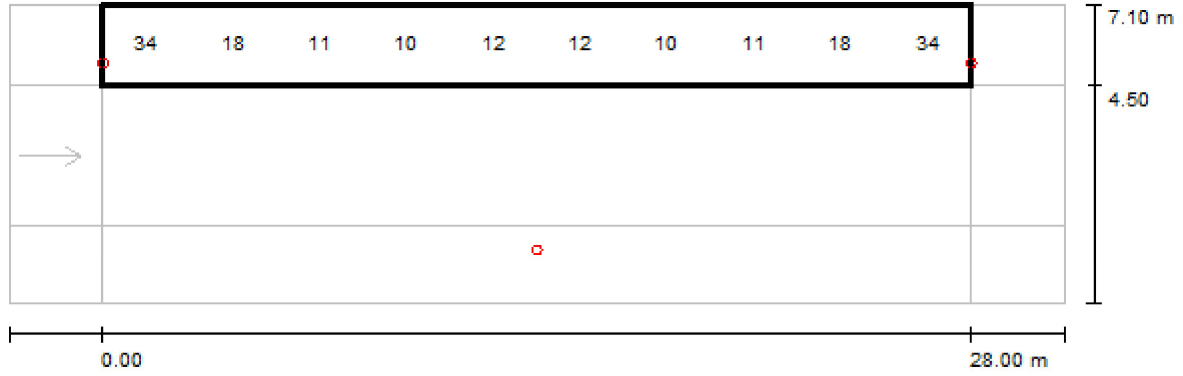
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	8.73	37	0.515	0.239



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
17

E_{min} [lx]
8.73

E_{max} [lx]
37

E_{min} / E_m
0.515

E_{min} / E_{max}
0.239



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Índice

Proyecto 1	
Índice	1
C/San Vicente	
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peato...	
Isolíneas (E)	2
Gama de grises (E)	3
Gráfico de valores (E)	4



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

C/San Vicente / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

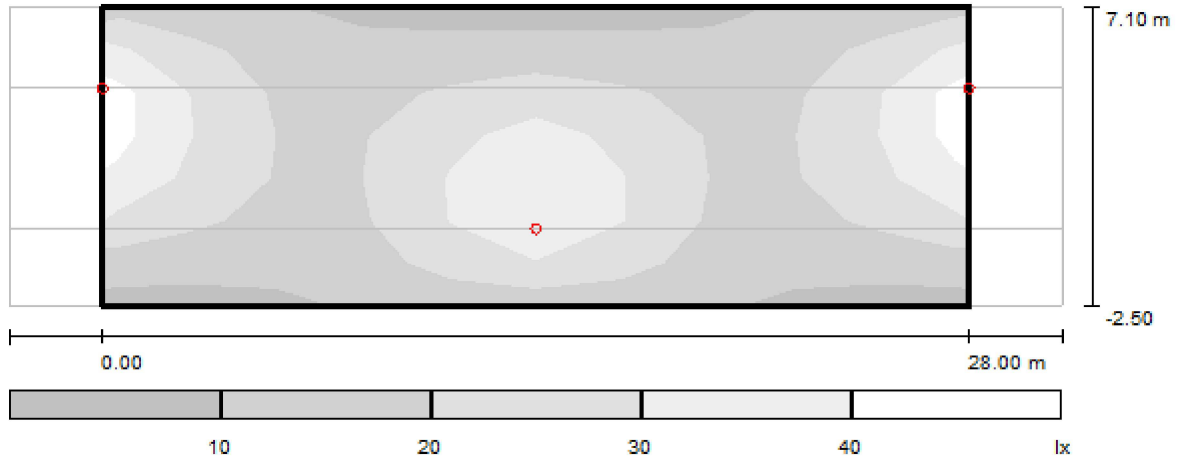
Trama: 10 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	9.46	40	0.443	0.237



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

C/San Vicente / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

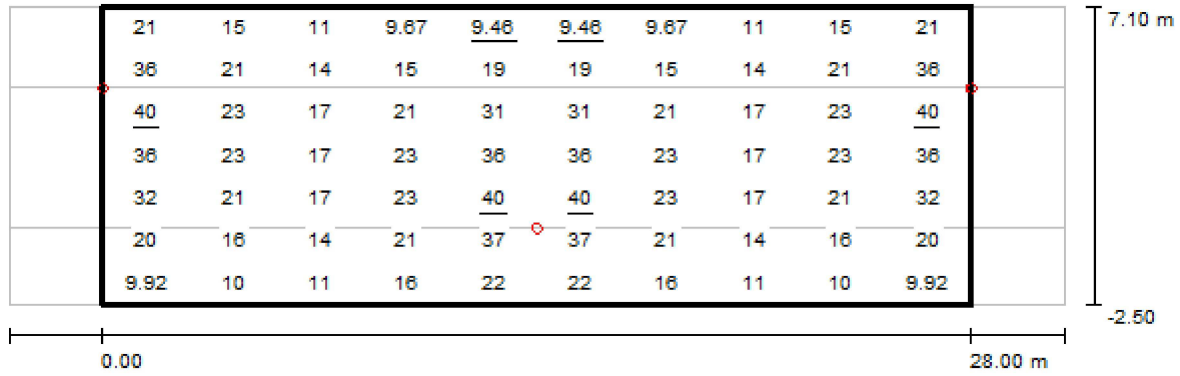
Trama: 10 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	9.46	40	0.443	0.237



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

C/San Vicente / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Camino peatonal 1 & Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

Trama: 10 x 7 Puntos

E_m [lx]
21

E_{min} [lx]
9.46

E_{max} [lx]
40

E_{min} / E_m
0.443

E_{min} / E_{max}
0.237

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

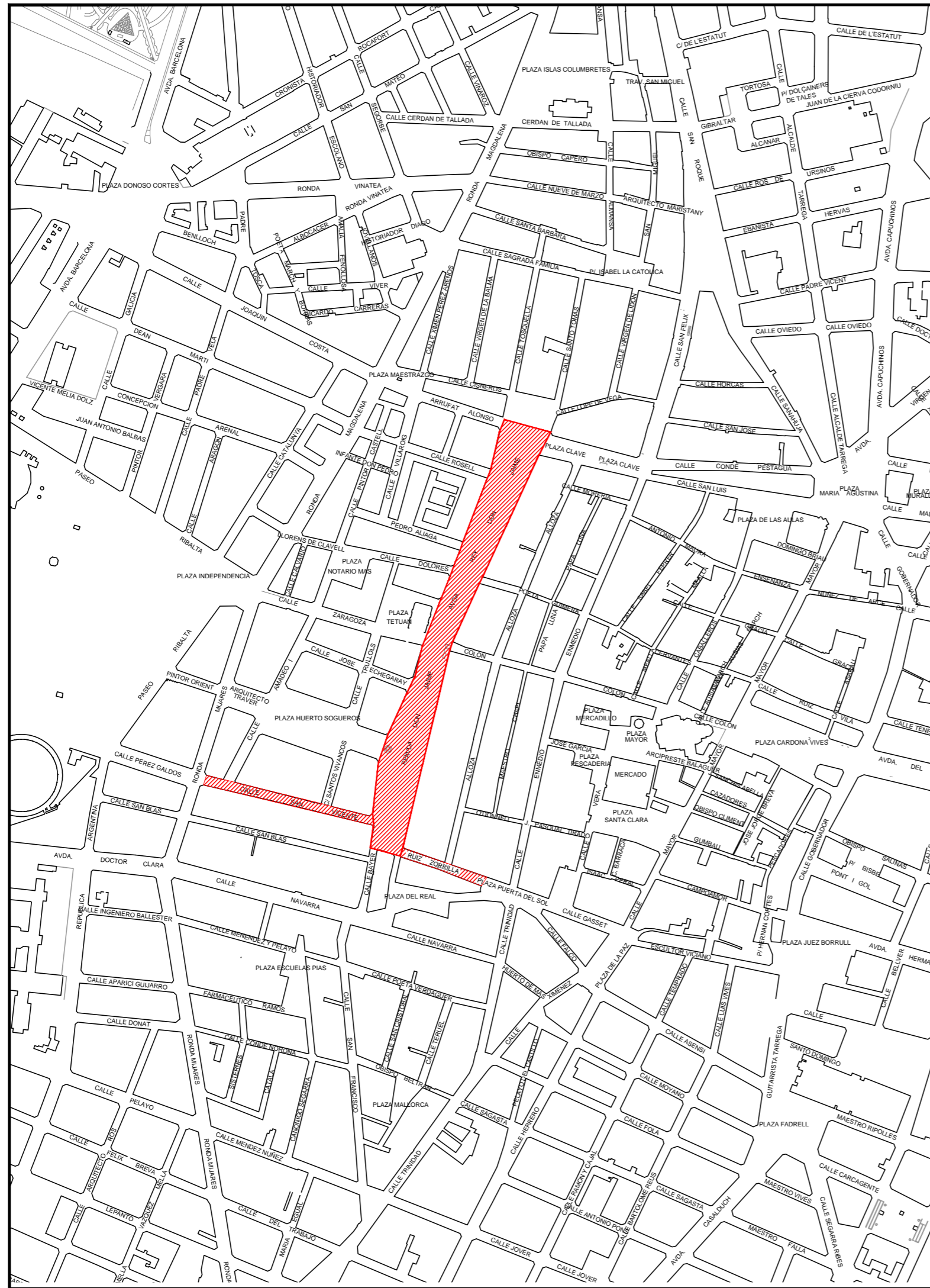
Plano de Situación

Plano de instalación actual.

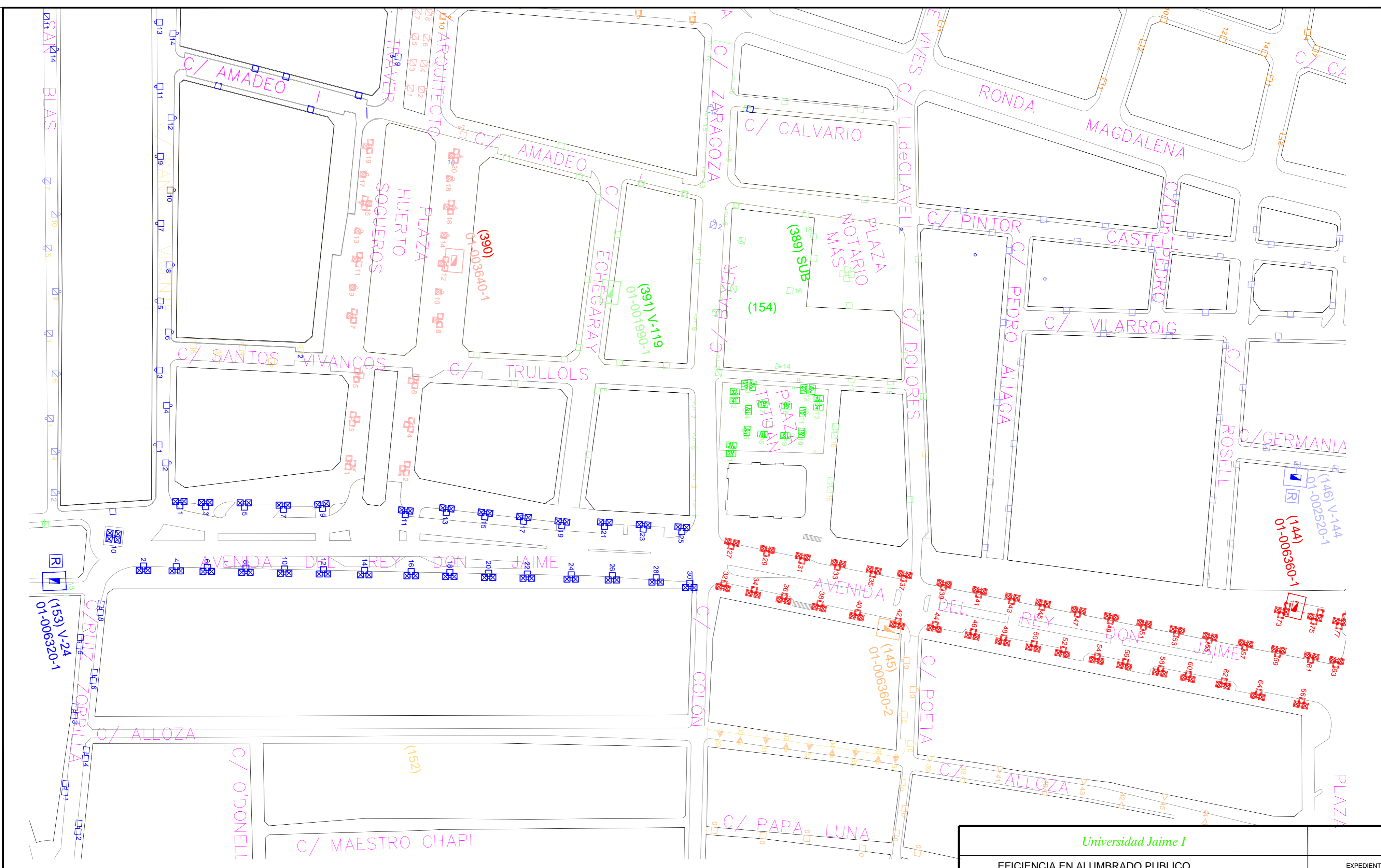
Plano de instalación proyectada

Esquema unifilar centro de mando CM 144

Esquema unifilar centro de mando CM 153



<i>Universidad Jaime I</i>		EXPEDIENTE
EFICIENCIA EN ALUMBRADO PUBLICO EN LA AVENIDA REY DON JAIME DE CASTELLÓN.		CASTELLÓN SEPTIEMBRE 2016
SITUACIÓN	MASTER EFICIENCIA ENERGETICA Y SOSTENIBILIDAD	1
	SONIA BARRAGÁN BRAVO	ESCALA=1/4.000

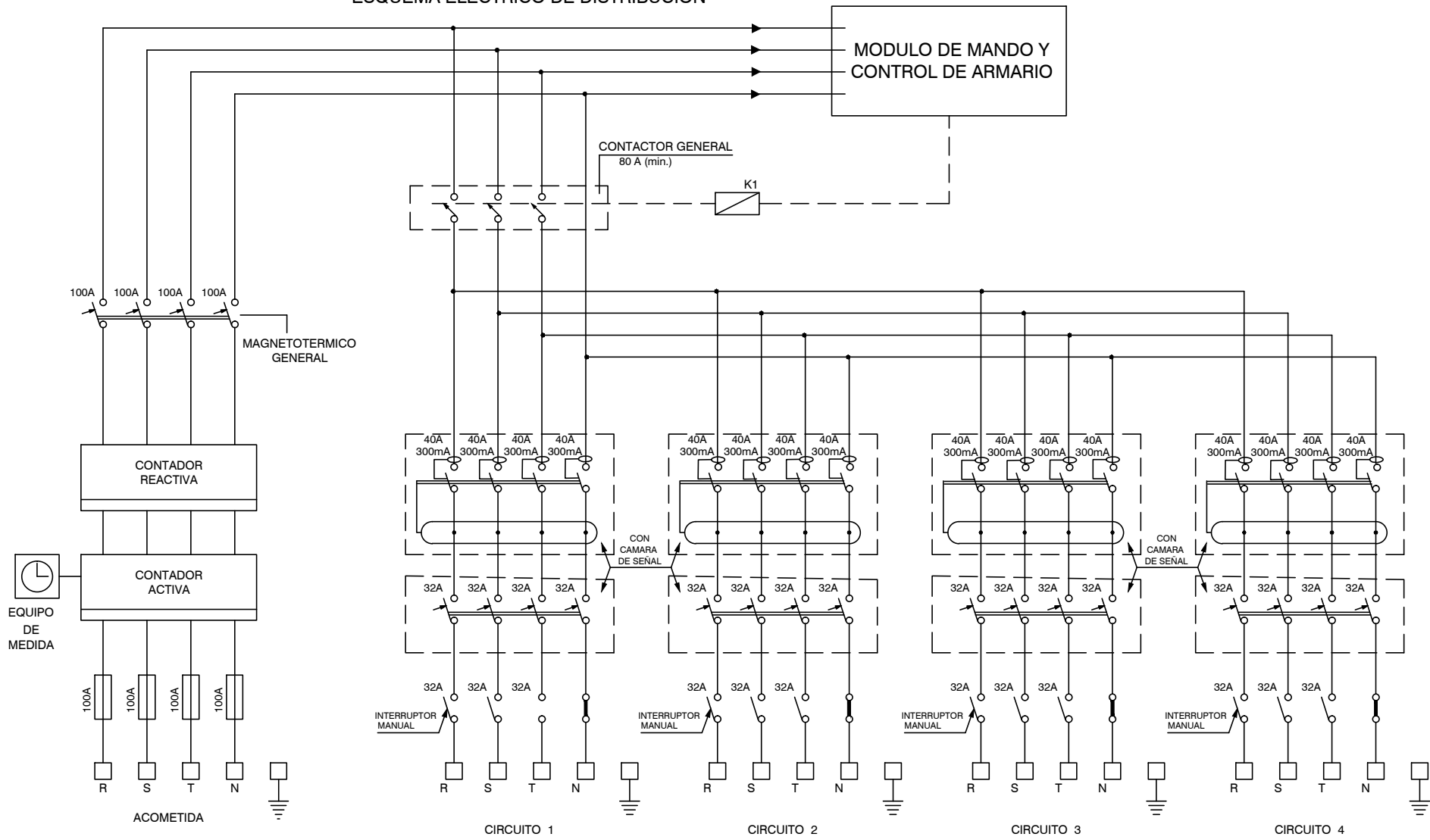


LEYENDA ESTADO ACTUAL

- LUMINARIA EXISTENTE LAMPARA VSAP 250W CON EQUIPO DE REGULACIÓN DE FLUJO POR DOBLE NIVEL.
- PROYECTOR EXISTENTE LAMPARA VSAP 250W CON EQUIPO DE REGULACIÓN DE FLUJO POR DOBLE NIVEL.
- LUMINARIA PROYECTADA LAMPARA VSAP 250W CON EQUIPO DE REGULACIÓN DE FLUJO POR DOBLE NIVEL.

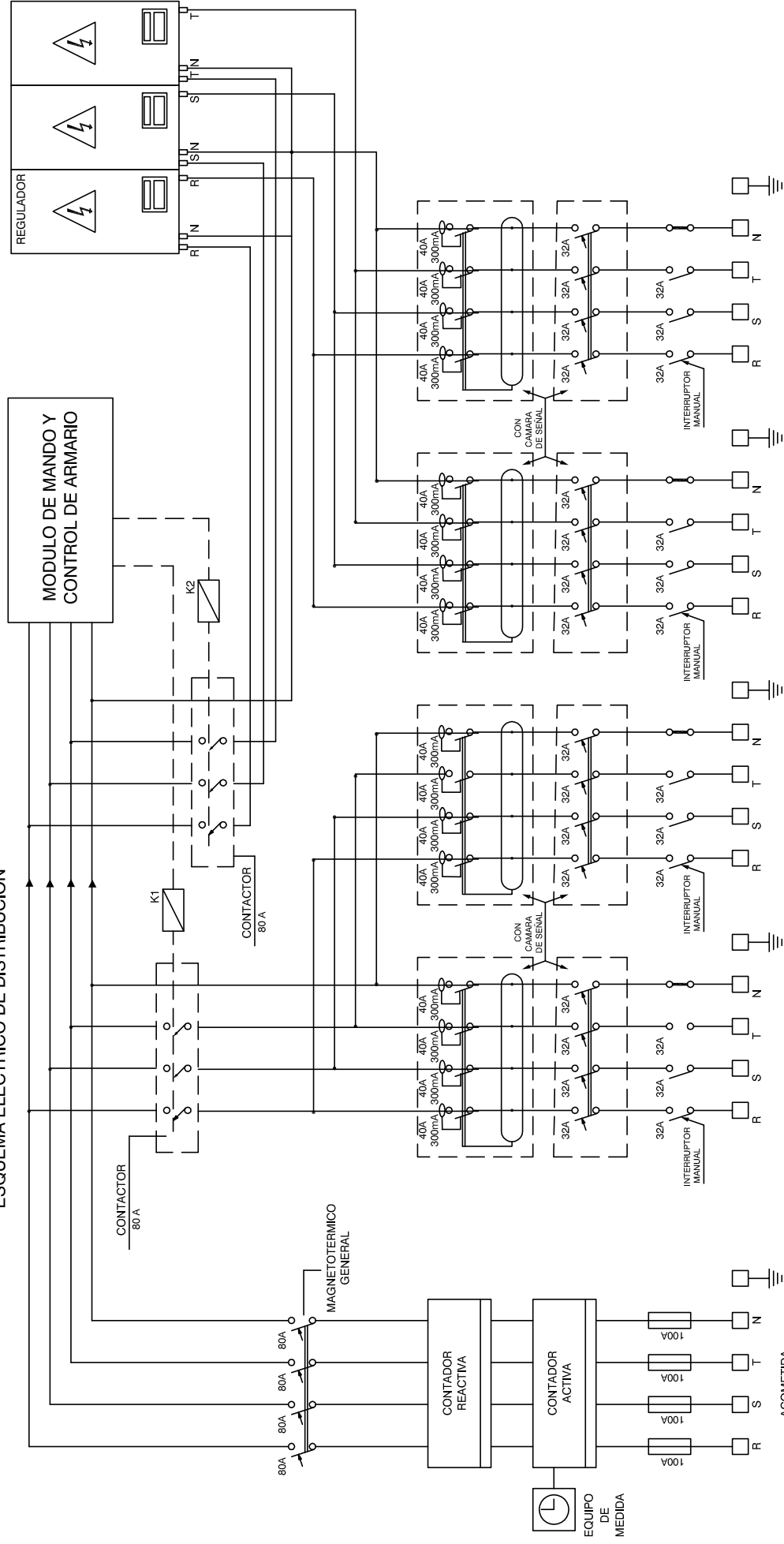
<i>Universidad Jaime I</i>		EXPEDIENTE
EFICIENCIA EN ALUMBRADO PUBLICO EN LA AVENIDA REY DON JAIME DE CASTELLÓN.		CASTELLÓN OCTUBRE 2016
ESTADO ACTUAL	MASTER EFICIENCIA ENERGETICA Y SOSTENIBILIDAD	2
SONIA BARRAGÁN BRAVO		ESCALA=1/1.000

ESQUEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCIÓN



<i>Universidad Jaime I</i>		
EFICIENCIA EN ALUMBRADO PUBLICO EN LA AVENIDA REY DON JAIME DE CASTELLON		CASTELLÓN OCTUBRE DE 2016
ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE MANDO CM 144	MASTER EFICIENCIA ENERGETICA Y SOSTENIBILIDAD	4
	SONIA BARRAGÁN BRAVO	ESCALA

ESQUEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCIÓN



Universidad Jaime I

EFICIENCIA EN ALUMBRADO PÚBLICO
EN LA AVENIDA REY DON JAIME DE CASTELLÓN

CASTELLÓN OCTUBRE DE 2016

ESQUEMA UNIFILAR
CENTRO DE MANDO
CM 153

MASTER EFICIENCIA
ENERGETICA Y SOSTENIBILIDAD

5

SONIA BARRAGÁN BRAVO

ESCALA

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO

Índice del Pliego

10	CAPITULO PRIMERO – DESCRIPCION DE LAS OBRAS.....	130
10.1	OBJETO.....	130
10.2	NORMAS GENERALES.....	130
11	CAPITULO SEGUNDO – CONDICIONES QUE HAN DE SATISFACER LOS MATERIALES-. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	130
11.1	MATERIALES	130
11.2	LUMINARIAS.....	131
11.3	APOYOS.....	131
11.4	CONDUCTORES	131
11.5	CENTROS DE MANDO	131
12	CAPITULO TERCERO – NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES 131	
12.1	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	131
12.2	REGULACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA	132
12.3	CONEXIONES	132
13	CAPITULO CUARTO – DISPOSICIONES GENERALES.....	132
13.1	DURACIÓN DEL CONTRATO.....	132
13.2	PLAZO DE GARANTÍA	132
13.3	TIPO DE LICITACIÓN.....	133
13.4	DUDAS Y OMISIONES.....	133
13.5	OCUPACIÓN DE LA VÍA PUBLICA	133
13.6	PRECAUCIONES DURANTE LAS OBRAS.....	133
13.7	ACOPIO E INSPECCIÓN DE MATERIALES.....	133
13.8	RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA.....	133
13.9	PRECAUCIONES PARA EVITAR DESGRACIAS Y PERJUICIOS.....	133
13.10	VARIACIONES EN EL PROYECTO.....	134
13.11	ACCIDENTES DE TRABAJO.....	134
13.12	SEGURIDAD Y SALUD	134

10 CAPITULO PRIMERO – DESCRIPCION DE LAS OBRAS.

10.1 Objeto

Es objeto del presente proyecto la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado público que dan servicio a la Avenida Rey Don Jaime de Castellón, mediante las siguientes intervenciones:

Sustituir las actuales luminarias existentes que se encuentran obsoletas por otras de mayor eficiencia energética y menor potencia instalada.

Todas las luminarias llevan incorporado sistema de reducción de flujo nocturno por doble nivel con equipo electrónico comandado con hilo de mando mediante el reloj astronómico existente en el cuadro de mando y protección.

La actuación afecta a los siguientes sectores:

Sector 1:

Avenida Rey D. Jaime desde C/ Arrufat alonso a C/ Zaragoza, corresponde al CM 144 con dirección de suministro Avda. Rey D. Jaime 45. Se adjunta un plano con la zona de actuación.

Sector 2:

Avenida Rey D. Jaime desde C/ Zaragoza hasta Huerto de Sogueros, corresponde al CM 153 con dirección de suministro Pza. Del Real 1-1. Se adjunta un plano con la zona de actuación.

El adjudicatario de la contrata al realizar la instalación se ajustará a este pliego de condiciones, así como al resto del proyecto técnico que se considera como parte integrante del mismo.

10.2 Normas generales

Se consideran incluidos en los precios indicados en el presupuesto que se acompaña el transporte y seguro de los materiales hasta el pie de obra, así como la adquisición por el contratista del personal necesario hasta dejar la obra en buen funcionamiento, yendo incluidos los gastos de peonaje y trabajos auxiliares de albañilería, carpintería, cerrajería y cuantos en general pueden presentarse.

11 CAPITULO SEGUNDO – CONDICIONES QUE HAN DE SATISFACER LOS MATERIALES-. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

11.1 Materiales

Todos los materiales empleados estarán de acuerdo con las proporciones, características y modos de ejecución que a continuación se describen.

11.2 Luminarias.

Suministro e instalación Luminaria de LEDs 32W mod Milewide o equivalente, BRP435 montaje en fijación lateral , diámetro del acople 60mm, con equipo electrónico para reducción de flujo por Doble Nivel Doble Nivel con hilo de mando, montaje sobre soporte de 10 m de altura. totalmente instalada, comprobada y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.

Suministro e instalación de Proyector para exteriores con marcado CE, Coreline BVP 120 o equivalente formado por carcasa de fundición de aluminio de dimensiones 360x58x379 mm y pintura anticorrosión, reflector de cristal templado, unidad óptica LED de 40 W de potencia y 4000 lúmenes de flujo luminoso a 25°C, con equipo electrónico con regulación de flujo por Doble Nivel con hilo de mando, según UNE 60598; colocado sobre soporte existente, incluido mecanizado de la pieza soporte, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.

Suministro e instalación de módulo retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 23 W de potencia total.

11.3 Apoyos

Se utilizarán apoyos existentes. El diámetro de acople en punta de brazos y columnas es de 60 mm.

11.4 Conductores

Se utilizarán cables unipolares existentes con aislamiento de polietileno reticulado RV 0.6/1 kV, cubierta de PVC.

11.5 Centros de mando

La instalación se conectará a los cuadros de mando y protección existentes, situados en el lugar indicado en los planos.

12 CAPITULO TERCERO - NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

12.1 Ejecución de las obras

La instalación objeto del presente proyecto se realizará por personal competente de acuerdo con lo indicado en la Legislación vigente y cualquier detalle o duda que pueda requerirse será facilitado por la dirección facultativa en el momento oportuno.

Previamente a la iniciación de las obras el contratista se pondrá en contacto con la dirección de las obras para someter a su aprobación el plan de obra que deberá seguirse estrictamente en la misma.

12.2 Regulación de la ejecución de las unidades de obra

Se realizará de acuerdo a la siguiente reglamentación:

Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación. BOE 06/11/1999

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Real Decreto 1890/2008, de 14 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.

12.3 Conexiones

Todas las conexiones de empalme o derivación en las líneas se realizarán mediante regletas fijas dispuestas en el interior de cajas herméticas, quedando prohibido el empalme por retorcido del cable y encintado, así como el uso de dedales y similares.

Las derivaciones se realizarán en el interior de las cajas de fusibles tipo "Claved" o equivalente.

13 CAPITULO CUARTO – DISPOSICIONES GENERALES

13.1 Duración del contrato

El contratista quedará obligado a empezar las obras en el plazo de 15 días, desde la adjudicación definitiva de las mismas, debiendo dejarlas terminadas en el plazo de CUATRO (4) SEMANAS a partir de dicha fecha.

De no cumplir el contratista con los plazos marcados anteriormente se le impondrá una sanción por cada día de demora de SESENTA EUROS.

13.2 Plazo de garantía

El plazo de garantía será de 12 meses, contados a partir de haber terminado el contratista las obras y haberse realizado la recepción provisional de la misma, debiendo conservarla a sus expensas durante dicho período. A tal efecto deberá designarse por el contratista una persona de competencia suficiente que se encargue del mantenimiento que deberá tener residencia en Castellón o sus proximidades.

13.3 Tipo de licitación

Será de CIENTO TREINTA Y OCHO MIL CIENTO DIECISEIS EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS (138.116,68 Euros), según se expresa en el documento número cuatro de este Proyecto.

13.4 Dudas y omisiones

Si ocurriese alguna duda o se hubiese omitido alguna circunstancia en cualquiera de las disposiciones que se citan, el contratista se compromete a seguir en todo las instrucciones de la Dirección Facultativa siempre que no se opongan al contenido de este proyecto.

13.5 Ocupación de la vía pública

El Ayuntamiento permitirá la ocupación de la vía pública, en aquellos tramos que se precisen para la colocación de materiales y ejecución de las operaciones de forma que se permita la mayor rapidez y economía.

13.6 Precauciones durante las obras

Durante la ejecución de las obras el contratista deberá entorpecer lo menos posible la circulación, así como, evitar molestias al vecindario, quedando obligado a sujetarse a las disposiciones que a este respecto se le ordenen por la dirección facultativa.

Los residuos producidos serán retirados sin demora, en particular si se produce durante las obras alguna fiesta o circunstancia de especial significación.

13.7 Acopio e inspección de materiales

El contratista acopiará los materiales que deban invertirse en las obras, en la forma y punto que merezcan la aprobación de la Dirección Facultativa.

Vendrá obligado antes de empezar las obras a presentar una muestra de cada uno de los elementos a utilizar, o en su defecto y siempre que la Dirección lo autorice la marca y tipo de los mismos, debiendo retirar o cambiar por su cuenta los que no resulten tener a juicio de la Dirección condiciones convenientes.

13.8 Responsabilidades del contratista

Todas las relaciones del contratista con los suministradores de materiales son de su absoluta responsabilidad, así como los daños y perjuicios a que hubiera lugar.

13.9 Precauciones para evitar desgracias y perjuicios

El contratista deberá adoptar las medidas necesarias para evitar desgracias o perjuicios, siendo responsable de todos los que pudiera originarse durante la ejecución de las obras, debiendo ceñirse siempre a lo prescrito por las Ordenanzas Municipales.

13.10 Variaciones en el proyecto

Si se creyera necesario o conveniente introducir alguna variación en el proyecto, la Dirección Facultativa lo comunicará por escrito al contratista que no podrá hacer por ello reclamación alguna dentro del presupuesto de la obra.

Por otra parte, el contratista no podrá alterar ningún detalle del proyecto, y si lo hiciese no se abonará la obra realizada de esta forma.

13.11 Accidentes de trabajo

El contratista vendrá obligado a dar cumplimiento a la vigente legislación laboral y de seguridad e higiene en el trabajo.

13.12 Seguridad y salud

El Contratista viene obligado a adoptar, en la ejecución de los distintos trabajos, todas las medidas de seguridad que resulten indispensables para garantizar la ausencia de riesgo para el personal, tanto propio como ajeno de la obra, siendo a tales efectos responsable de los accidentes que por inadecuación de las medidas adoptadas, pudieran producirse durante el desarrollo de las mismas.

Antes del comienzo de las obras, el contratista deberá redactar un Plan de Seguridad y Salud, firmado por Técnico competente, adaptado a sus métodos constructivos y organizativos. Deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa.

DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTOS

13.13 Presupuesto actuación 1

Precios Descompuestos

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
1	UIIE.dm u Desmontaje de luminarias y proyectores existentes y traslado al almacén municipal.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª electricidad	0,500 h	19,980
	Especialista electricidad	0,500 h	19,250
	(Maquinaria)		
	Cmn grúa cesta 10 m	0,500 h	35,690
	(Medios auxiliares)		0,75
	Costes indirectos		1,15
	Total por u:		39,37
	Son TREINTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS por u		
2	UIIE.hlr u Homologación luminaria Palacio con retrofit		
	(Sin clasificar)		
	Homologación Luminaria Palacio con Retrofit	1,000 u	200,000
	Costes indirectos		6,00
	Total por u:		206,00
	Son DOSCIENTOS SEIS EUROS por u		
3	UIIE.LG U Redacción de proyectos legalización instalaciones		
	(Sin clasificar)		
	Redacción de proyecto legalización instalaciones	1,000 u	500,000
	Costes indirectos		15,00
	Total por U:		515,00
	Son QUINIENTOS QUINCE EUROS por U		
4	UIIE.so u Inspección inicial Organismo de Control Autorizado		
	(Sin clasificar)		
	Inspección inicial OCA	1,000 U	150,000
	Costes indirectos		4,50
	Total por u:		154,50
	Son CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS por u		

5	UIIL.5ca	u Suministro e instalación de Proyector para exteriores con marcado CE, Coreline BVP 120 o equivalente formado por carcasa de fundición de aluminio de dimensiones 360x58x379 mm y pintura anticorrosión, reflector de cristal templado, unidad óptica LED de 40W, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.			
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,750 h	19,980	14,99	
	Especialista electricidad	0,750 h	19,250	14,44	
	(Maquinaria)				
	Cmn grúa cesta 10 m	1,000 h	35,690	35,69	
	(Materiales)				
	Proyector LEDs 40W	1,000 u	189,000	189,00	
	(Medios auxiliares)			5,08	
	Costes indirectos			7,77	
			Total por u:		266,97
		Son DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS por u			
6	UIIL.ml32	u Suministro e instalación Luminaria de LEDs 32W mod Milewide o equivalente, BRP435 montaje en fijación lateral , diametro del acople 60mm, con equipo electrónico para reducción de flujo por Doble Nivel con hilo de mando, montaje sobre soporte de columna existente, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.			
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	1,000 h	19,980	19,98	
	Especialista electricidad	1,000 h	19,250	19,25	
	(Maquinaria)				
	Cmn grúa cesta 10 m	1,000 h	35,690	35,69	
	(Materiales)				
	lum Milewide o equivalente led 32W	1,000 u	529,000	529,00	
	(Medios auxiliares)			12,08	
	Costes indirectos			18,47	
			Total por u:		634,47
		Son SEISCIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS por u			
7	UIIL.rtf	u Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 23 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.			
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,350 h	19,980	6,99	
	Especialista electricidad	0,350 h	19,250	6,74	
	(Materiales)				
	Retrofit 23W Salvi o equivalente	1,000 u	128,000	128,00	
	(Medios auxiliares)			2,83	
	Costes indirectos			4,34	
			Total por u:		148,90
		Son CIENTO CUARENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS por u			

8	UIIL.rtf	u Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 37 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.		
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,350 h	19,980	6,99
	Especialista electricidad	0,350 h	19,250	6,74
	(Materiales)			
	Retrofit 23W Salvi o equivalente	1,000 u	132,000	132,00
	(Medios auxiliares)			2,91
	Costes indirectos			4,45
			Total por u:	153,09
	Son CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS por u			

Mediciones y Presupuesto

Código	Descripción	Uds	Longitud	Parciales	Totales	Precio	Total
<u>CAPITULO 1 :INSTALACION LUMINARIAS</u>							
1,1	u	Suministro e instalación Luminaria de LEDs 32W mod Milewide o equivalente, BRP435 montaje en fijación lateral , diametro del acople 60mm, con equipo electrónico para reducción de flujo por Doble Nivel con hilo de mando, montaje sobre soporte de columna existente, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.					
		Plaza Rey D Jaime CM 144	37		37,000		
		Plaza Rey D Jaime CM 153	28		28,000		
		Total u			65,000	634,47	41.240,55
1,2	u	Suministro e instalación de Proyector para exteriores con marcado CE, Coreline BVP 120 o equivalente formado por carcasa de fundición de aluminio de dimensiones 360x58x379 mm y pintura anticorrosión, reflector de cristal templado, unidad óptica LED de 40W, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.					
		Plaza Rey D Jaime CM 144	86		86,000		
		Plaza Rey D Jaime CM 153	60		60,000		
		Total u			146,000	266,97	38.977,62
1,3	u	Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 23 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.					
		C/ Ruiz Zorrilla	14		14,000		
		Total u			14,000	148,90	2.084,60
1,4	u	Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 37 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.					
		C/ San Vicente	13		13,000		
		Total u			13,000	153,09	1.990,17
TOTAL CAPÍTULO 1 INSTALACION DE LUMINARIAS							84.292,94

CAPITULO 2 :DESMONTAJES

2,1	u	Desmontaje de luminarias y proyectores existentes y traslado al almacen municipal.				
		Desmontaje proyectores	86	86,000		
			60	60,000		
		Desmontaje luminarias	37	37,000		
			28	28,000		
			14	14,000		
			13	13,000		
		Total u		238,000	39,37	9.370,06
TOTAL CAPÍTULO 2 DESMONTAJES						9.370,06

CAPITULO 3 :LEGALIZACION E INSPECCIONES

3,1	u	Homologación luminaria Palacio con retrofit				
		Total u		1,000	206,00	206,00
3,2	U	Redacción de proyectos legalización instalaciones				
		Total U		1,000	515,00	515,00
3,3	u	Inspección inicial Organismo de Constrol Autorizado				
		Total u		1,000	154,50	154,50
TOTAL CAPÍTULO 3 LEGALIZACION E INSPECCIONES						875,50

CAPITULO 4 :SEGURIDAD Y SALUD

TOTAL CAPÍTULO 4 SEGURIDAD Y SALUD **1.382,52**

Resumen Del Presupuesto

Capítulo	Importe (€)
Capítulo 1 INSTALACION DE LUMINARIAS	84.292,94
Capítulo 2 DESMONTAJES	9.370,06
Capítulo 3 LEGALIZACION E INSPECCIONES	875,50
Capítulo 4 SEGURIDAD Y SALUD	1.382,52
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL:	95.921,02
13% Gastos generales	12.469,73
6% Beneficio Industrial	5.755,26
Suma	114.146,01
21% IVA	23.970,66
PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA CON IVA:	138.116,68

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO TREINTA Y OCHO MIL CIENTO DIECISEIS EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

13.14 Presupuesto actuación 2

Precios Descompuestos

Nº	Designación	Importe	
		Parcial	Total
1	UIIE.dm u Desmontaje de luminarias y proyectores existentes y traslado al almacén municipal.		
	(Mano de obra)		
	Oficial 1ª electricidad	0,500 h	19,980
	Especialista electricidad	0,500 h	19,250
	(Maquinaria)		
	Común grúa cesta 10 m	0,500 h	35,690
	(Medios auxiliares)		0,75
	Costes indirectos		1,15
	Total por u:		39,37
	Son TREINTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS por u		
2	UIIE.hlr u Homologación luminaria Palacio con retrofit		
	(Sin clasificar)		
	Homologación Luminaria Palacio con Retrofit	1,000 u	200,000
	Costes indirectos		6,00
	Total por u:		206,00
	Son DOSCIENTOS SEIS EUROS por u		
3	UIIE.LG U Redacción de proyectos legalización instalaciones		
	(Sin clasificar)		
	Redacción de proyecto legalización instalaciones	1,000 u	500,000
	Costes indirectos		15,00
	Total por U:		515,00
	Son QUINIENTOS QUINCE EUROS por U		
4	UIIE.so u Inspección inicial Organismo de Control Autorizado		
	(Sin clasificar)		
	Inspección inicial OCA	1,000 U	150,000
	Costes indirectos		4,50
	Total por u:		154,50
	Son CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS por u		

5	UIIL.5ca	u Suministro e instalación de Proyector para exteriores con marcado CE, Coreline BVP 120 o equivalente formado por carcasa de fundición de aluminio, dimensiones 360x58x379 mm y pintura anticorrosión, reflector de cristal templado, unidad óptica LED de 40w, incluida telegestión con sistema City Touch y conectividad para 10 años, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.			
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	0,750 h	19,980	14,99	
	Especialista electricidad	0,750 h	19,250	14,44	
	(Maquinaria)				
	Cmn grúa cesta 10 m	1,000 h	35,690	35,69	
	(Materiales)				
	Proyector LED 40W con conectividad telegestión 10 años	1,000 u	478,000	478,00	
	(Medios auxiliares)			10,86	
	Costes indirectos			16,61	
			Total por u:		570,59

Son QUINIENTOS SETENTA EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS por u

6	UIIL.ml32	u Suministro e instalación Luminaria de LEDs 32W mod Milewide o equivalente, incluida telegestión con sistema City Touch y conectividad para 10 años, BRP435 montaje en fijación lateral, diametro del acople 60mm, con equipo electrónico para reducción de flujo por Doble Nivel con hilo de mando, montaje sobre soporte de columna existente, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.			
	(Mano de obra)				
	Oficial 1ª electricidad	1,000 h	19,980	19,98	
	Especialista electricidad	1,000 h	19,250	19,25	
	(Maquinaria)				
	Cmn grúa cesta 10 m	1,000 h	35,690	35,69	
	(Materiales)				
	lum Milewide o equivalente LED 32W	1,000 u	815,000	815,00	
	(Medios auxiliares)			17,80	
	Costes indirectos			27,23	
			Total por u:		934,95

Son NOVECIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS por u

7	UIIL.rtf	u Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 23 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.		
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,350 h	19,980	6,99
	Especialista electricidad	0,350 h	19,250	6,74
	(Materiales)			
	Retrofit 23W Salvi o equivalente	1,000 u	128,000	128,00
	(Medios auxiliares)			2,83
	Costes indirectos			4,34
			Total por u:	148,90
		Son CIENTO CUARENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS por u		
8	UIIL.rtf3	u Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 37 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado e		
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,350 h	19,980	6,99
	Especialista electricidad	0,350 h	19,250	6,74
	(Materiales)			
	Retrofit 23W Salvi o equivalente	1,000 u	132,000	132,00
	(Medios auxiliares)			2,91
	Costes indirectos			4,45
			Total por u:	153,09
		Son CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS por u		
9	UIIL.cnt	u Instalación de sistema city touch exterior en luminaria con conectividad para 10 años.		
	(Mano de obra)			
	Oficial 1ª electricidad	0,250 h	19,980	5,00
	Especialista electricidad	0,250 h	19,250	4,81
	(Materiales)			
	Modulo exterior City Touch para conexión a luminaria con conectividad para 10 años.	1,000 u	298,000	298,00
	(Medios auxiliares)			6,16
	Costes indirectos			9,41
			Total por u:	323,38
		Son TRESCIENTOS VEINTITRES EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS por u		

Mediciones y Presupuesto

Código	Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales	Precio	Total	
<u>CAPITULO 1 :INSTALACION LUMINARIAS</u>										
1,1	u	Suministro e instalación Luminaria de LEDs 32W mod Milewide o equivalente, BRP435 montaje en fijación lateral , diametro del acople 60mm, con equipo electrónico para reducción de flujo por Doble Nivel con hilo de mando, montaje sobre soporte de columna e								
		Plaza Rey D Jaime CM 144	37				37,000			
		Plaza Rey D Jaime CM 153	28				28,000			
		Total u					65,000	934,95	60.771,75	
1,2	u	Suministro e instalación de Proyector para exteriores con marcado CE, Coreline BVP 120 o equivalente formado por carcasa de fundición de aluminio de dimensiones 360x58x379 mm y pintura anticorrosión, reflector de cristal templado, unidad óptica LED de 40W								
		Plaza Rey D Jaime CM 144	86				86,000			
		Plaza Rey D Jaime CM 153	60				60,000			
		Total u					146,000	570,59	83.306,14	
1,3	u	Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 23 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado ext								
		C/ Ruiz Zorrilla	14				14,000			
		Total u					14,000	148,90	2.084,60	
1,4	u	Instalación de retrofit de LEDs para alumbrado vial con marcado CE, compuesta por módulo LED de 37 W de potencia total, comprobado y en correcto funcionamiento según REBT y RD 1890/2008 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.								
		C/ San Vicente	13				13,000			
		Total u					13,000	153,09	1.990,17	
1,5	u	Instalación de sistema city touch exterior en luminaria con conectividad GSM/ GPRS para 10 años.								
			27				27,000			
		Total u					27,000	323,38	8.731,19	
TOTAL CAPÍTULO 1 INSTALACION DE LUMINARIAS								156.883,85		

CAPITULO 2 :DESMONTAJES

2,1	u	Desmontaje de luminarias y proyectores existentes y traslado al almacen municipal.			
		Desmontaje proyectores	86	86,000	
			60	60,000	
		Desmontaje luminarias	37	37,000	
			28	28,000	
			14	14,000	
			13	13,000	
		Total u		238,000	39,37 9.370,06
		TOTAL CAPÍTULO 2 DESMONTAJES			9.370,06

CAPITULO 3 :LEGALIZACION E INSPECCIONES

3,1	u	Homologación luminaria Palacio con retrofit			
		Total u		1,000 206,00	206,00
3,2	U	Redacción de proyectos legalización instalaciones			
		Total U		1,000 515,00	515,00
3,3	u	Inspección inicial Organismo de Constrol Autorizado			
		Total u		1,000 154,50	154,50
		TOTAL CAPÍTULO 3 LEGALIZACION E INSPECCIONES			875,50

CAPITULO 4 :SEGURIDAD Y SALUD

TOTAL CAPÍTULO 4 SEGURIDAD Y SALUD 1.382,52

Resumen Del Presupuesto

Capítulo	Importe (€)
Capítulo 1 INSTALACION DE LUMINARIAS	156.883,85
Capítulo 2 DESMONTAJES	9.370,06
Capítulo 3 LEGALIZACION E INSPECCIONES	875,50
Capítulo 4 SEGURIDAD Y SALUD	1.382,52
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL:	168.511,93
13% Gastos generales	21.906,55
6% Beneficio Industrial	10.110,72
Suma	200.529,20
21% IVA	42.111,13
PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA CON IVA:	242.640,33

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS CUARENTA EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS.