



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Máster consiste en el diseño de la instalación de alumbrado público del distrito de Quatre Carreres de la ciudad de Valencia. La instalación actual tiene un consumo bastante elevado, por ello, se pretende calcular y diseñar una nueva, adaptándose a la tecnología de última generación en el ámbito de la iluminación, mejorando la calidad del alumbrado que da servicio a los vecinos y minimizando las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Para el diseño se verifica el cumplimiento del *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado* y se realizan los cálculos luminotécnicos mediante el software de cálculo DIALux. En cuanto al diseño de los centros de mando para cada una de las zonas, se diseñan los conductores y los elementos de protección exigidos por el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* mediante el módulo Cypelec del software CYPE Ingenieros.

Palabras clave: alumbrado, Quatre Carreres, DIALux, Cypelec.

RESUM

El present Treball Final de Màster consisteix en el disseny de la instal·lació d'enllumenat públic del districte de Quatre Carreres de la ciutat de València. La instal·lació actual té un consum prou elevat, per això, es pretén calcular i dissenyar una nova, adaptant-se a la tecnologia d'última generació en l'àmbit de la il·luminació, millorant la qualitat de l'enllumenat que dona servei als veïns i minimitzant les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera. Per al disseny es verifica el compliment del *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado* i es realitzen els càlculs luminotècnics mitjançant el software de càlcul Dialux. Pel que fa al disseny dels quadres de control per a cadascuna de les zones, es dissenyen els conductors i els elements de protecció exigits pel *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* mitjançant el mòdul Cypelec del software CYPE Ingenieros.

Paraules clau: enllumenat, Quatre Carreres, DIALux, Cypelec.

ABSTRACT

The aim of this Masters Final Project is the design of the public lighting of the Quatre Carreres district of the city of Valencia. The current installation has a very high electric consumption, therefore, it is intended to calculate and design a new one, adapting it to the latest generation technology in the field of lighting, improving the quality of the lighting that serves the neighbors and minimizing emissions. greenhouse gases into the atmosphere. For the design, according to the *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado*, the lighting calculations are carried out using the DIALux calculation software. Regarding the design of the control centers for each of the zones, the wires and protection elements required by the *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* are designed using the Cypelec module of the CYPE Ingenieros software.

Keywords: lighting, Quatre Carreres, DIALux, Cypelec.

ÍNDICE DE CONTENIDO

MEMORIA

1	INTRODUCCIÓN.....	13
1.1	ANTECEDENTES	13
1.2	OBJETO DEL PROYECTO	13
1.3	ALCANCE DEL PROYECTO	13
1.4	NORMATIVA APLICABLE.....	13
1.5	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	14
2	DISEÑO LUMINOTÉCNICO	20
2.1	GEOMETRÍA Y CLASIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	20
2.2	EXIGENCIAS LUMÍNICAS	21
2.3	DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS.....	22
2.4	DISEÑO DE LA SEPARACIÓN Y ALTURA DE LAS LUMINARIAS	23
2.5	CÁLCULOS PRELIMINARES	24
2.6	SELECCIÓN DE LUMINARIAS	25
2.6.1	<i>Calle A.....</i>	26
2.6.2	<i>Calle B.....</i>	27
2.6.3	<i>Calle C.....</i>	28
2.6.4	<i>Calle D</i>	29
2.6.5	<i>Calle E.....</i>	30
2.6.6	<i>Calle F.....</i>	31
2.6.7	<i>Calles G y H.....</i>	32
2.6.8	<i>Calle I.....</i>	33
2.6.9	<i>Rotonda calle A</i>	34
2.6.10	<i>Plaza Doctor Torrens</i>	35
2.6.11	<i>Pista de baloncesto.....</i>	37
2.7	CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS.....	37
2.8	CÁLCULO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN Y FACTOR DE MANTENIMIENTO	38
2.9	RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS	40
2.9.1	<i>Viales.....</i>	41
2.9.2	<i>Rotonda calle A</i>	43
2.9.3	<i>Plaza Doctor Torrens</i>	44
2.9.4	<i>Pista de baloncesto</i>	45
2.10	EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	46
2.11	RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO	50
2.12	RESUMEN.....	50
3	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	53
3.1	POTENCIA ELÉCTRICA EN LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO	53
3.2	SELECCIÓN DE CUADROS DE MANDO	54
3.3	DIMENSIONADO ELÉCTRICO.....	56
3.3.1	<i>Aparamenta y protecciones</i>	56
3.3.2	<i>Conductores.....</i>	56
3.3.3	<i>Envolvente del centro de mando.....</i>	57
3.3.4	<i>Contactos indirectos y puesta a tierra.....</i>	57

3.3.5	Resultados dimensionado eléctrico.....	58
3.4	OBRA CIVIL.....	62
3.4.1	Zanja.....	62
3.4.2	Arquetas.....	63
4	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	64
5	CONCLUSIÓN.....	65
PRESUPUESTO.....		67
ANEXOS		77
PLANOS		103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1:	DISTRITOS DE LA CIUDAD DE VALENCIA.....	14
ILUSTRACIÓN 2:	BARRIOS DEL DISTRITO QUATRE CARRERES.....	15
ILUSTRACIÓN 3:	CALLES OBJETO DE ESTUDIO.....	15
ILUSTRACIÓN 4:	CALLE A.....	17
ILUSTRACIÓN 5:	CALLE B.....	18
ILUSTRACIÓN 6:	CALLE H.....	18
ILUSTRACIÓN 7:	PLAZA DOCTOR TORRENS.....	19
ILUSTRACIÓN 8:	ROTONDA CALLE A.....	19
ILUSTRACIÓN 9:	UNILATERAL.....	22
ILUSTRACIÓN 10:	TREBOLILLO.....	22
ILUSTRACIÓN 11:	PAREADA.....	22
ILUSTRACIÓN 12:	CALLE A.....	26
ILUSTRACIÓN 13:	SCHREDER AXIA 2.2 / 5167 / 48 LEDS 590MA WW / 384852.....	27
ILUSTRACIÓN 14:	CALLE B.....	27
ILUSTRACIÓN 15:	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540MA NW / 393162.....	28
ILUSTRACIÓN 16:	CALLE C.....	28
ILUSTRACIÓN 17:	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 350MA NW / 35939S.....	29
ILUSTRACIÓN 18:	CALLE D.....	29
ILUSTRACIÓN 19:	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500MA WW / 356402.....	30
ILUSTRACIÓN 20:	CALLE E.....	30
ILUSTRACIÓN 21:	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500MA WW / 356562.....	31
ILUSTRACIÓN 22:	CALLE F.....	31
ILUSTRACIÓN 23:	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700MA WW / 356642.....	32
ILUSTRACIÓN 24:	CALLES G Y H.....	32
ILUSTRACIÓN 25:	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350MA WW / 356642.....	33
ILUSTRACIÓN 26:	CALLE I.....	33
ILUSTRACIÓN 27:	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700MA WW / 356642.....	34
ILUSTRACIÓN 28:	ROTONDA CALLE A.....	35
ILUSTRACIÓN 29:	SCHREDER OMNISTAR / 5121 / 144 LEDS 700MA WW / 364832.....	35

ILUSTRACIÓN 30: ROTONDA CALLE A	36
ILUSTRACIÓN 31: SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 500MA NW / 359762	37
ILUSTRACIÓN 32: FACTOR DE DEPRECIACIÓN SEGÚN VIDA ÚTIL EN LAS LUMINARIAS L80B10	40
ILUSTRACIÓN 33: RESULTADOS DE VARIOS PARÁMETROS PARA LA CALZADA DE LA CALLE I.....	41
ILUSTRACIÓN 34: CURVAS ISOLUX EN CALZADA DE LA CALLE I	42
ILUSTRACIÓN 35: GAMA DE GRISES EN CALZADA DE LA CALLE I.....	42
ILUSTRACIÓN 36: RESULTADOS DE PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN EN LA ROTONDA CALLE A	43
ILUSTRACIÓN 37: GRÁFICO DE VALORES DE ILUMINANCIA EN LA ROTONDA	44
ILUSTRACIÓN 38: RESULTADOS DE PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN EN LA PLAZA DOCTOR TORRENS.....	44
ILUSTRACIÓN 39: GRÁFICO DE VALORES DE ILUMINANCIA EN LA PLAZA DOCTOR TORRENS	45
ILUSTRACIÓN 40: RESULTADOS DE PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN EN LA PISTA DE BALONCESTO	45
ILUSTRACIÓN 41: GRÁFICO DE VALORES DE ILUMINANCIA EN LA PISTA	46
ILUSTRACIÓN 42: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	49
ILUSTRACIÓN 43: UBICACIÓN DE LOS CM	55
ILUSTRACIÓN 44: CONEXIÓN DE LA PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN	58
ILUSTRACIÓN 45: CURVA DE DISPARO DEL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.....	61
ILUSTRACIÓN 46: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS PISTA DE BALONCESTO	94
ILUSTRACIÓN 47: LÍNEAS ISOLUX PLAZA DOCTOR TORRENS	94
ILUSTRACIÓN 48: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS ROTONDA CALLE A.....	95
ILUSTRACIÓN 49: REPRESENTACIÓN 3D CALLES A, ROTONDA CALLE A Y PLAZA DOCTOR TORRENS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ZONAS A ILUMINAR	16
TABLA 2: GRUPOS DE CALLES CON CARACTERÍSTICAS SIMILARES.....	17
TABLA 3: CLASIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	20
TABLA 4: NIVELES DE ILUMINACIÓN EXIGIDOS PARA LA ZONA DE ESTUDIO.....	21
TABLA 5: SEPARACIÓN Y ALTURA DE LAS LUMINARIAS	23
TABLA 6: SUPERFICIE A ILUMINAR POR LUMINARIA Y FLUJO LUMINOSO REQUERIDO	25
TABLA 7: FACTOR DE UTILIZACIÓN	39
TABLA 8: RESULTADOS EN GRUPOS A Y B.....	41
TABLA 9: RESULTADOS EN RESTO DE VIALES.....	41
TABLA 10 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	49
TABLA 11: RESUMEN DEL DISEÑO LUMINOTÉCNICO	52
TABLA 12: POTENCIA ELÉCTRICA DE LA INSTALACIÓN.....	54
TABLA 13: DIMENSIONADO DE LAS LÍNEAS. CM 2.	59
TABLA 14: DIMENSIONADO DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN FRENTE SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS. CM 2.	60
TABLA 15: DIMENSIONADO DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS. CM 2.	62
TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS SEGÚN VELOCIDAD DEL TRÁFICO RODADO. ITC-EA-02	86
TABLA 2: CLASE DE ALUMBRADO PARA VÍAS TIPO B. ITC-EA-02	86
TABLA 3: CLASE DE ALUMBRADO PARA VÍAS TIPO C Y D. ITC-EA-02	86
TABLA 4: CLASE DE ALUMBRADO PARA VÍAS TIPO E. ITC-EA-02	87
TABLA 5: REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN PARA SERIES ME. ITC-EA-02	87
TABLA 6: REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN PARA SERIES S. ITC-EA-02.....	87
TABLA 7: REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN PARA SERIES CE. ITC-EA-02	88
TABLA 8: REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIAL. ITC-EA-01	88

TABLA 9: REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO AMBIENTAL. ITC-EA-01	88
TABLA 10: VALORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE REFERENCIA. ITC-EA-01	89
TABLA 11: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO. ITC-EA-01	89
TABLA 12: CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN LUMINOSA. ITC-EA-03	89
TABLA 13: CLASIFICACIÓN DE ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN LUMINOSA. ITC-EA-03	90
TABLA 14: SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO. UNE EN 12193:2007	90
TABLA 15: LISTA DE DEPORTES. UNE EN 12193:2007.....	90
TABLA 16: EXIGENCIAS DE ILUMINACIÓN INSTALACIONES DEPORTIVAS A.21. UNE EN 12193:2007	91
TABLA 17: EXIGENCIAS DE ILUMINACIÓN INSTALACIONES DEPORTIVAS A.21. UNE EN 12193:2007	91

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: FLUJO LUMINOSO	24
ECUACIÓN 2: FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	38
ECUACIÓN 3: FACTOR DE MANTENIMIENTO.....	39
ECUACIÓN 4: EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	47
ECUACIÓN 5: ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	47
ECUACIÓN 6: PRIMERA CONDICIÓN PARA PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS	56
ECUACIÓN 7:SEGUNDA CONDICIÓN PARA PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS	56
ECUACIÓN 8:CONDICIÓN PARA PROTECCIÓN FRENTE A CORTOCIRCUITOS.....	56

MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Mediante el presente proyecto se pretende renovar el alumbrado público, ajustándolo a la normativa actual, es decir, cumpliendo las exigencias marcadas por el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado* y por el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*. Los viales comprendidos en la zona de actuación están ubicados en el distrito de Quatre Carreres de la ciudad de Valencia.

Las zonas objeto de este proyecto tienen actualmente alumbrado público compuesto por lámparas de descarga de diferentes tecnologías que en algunos casos no cumplen con la normativa actual, además, tienen un consumo elevado por lo que se pretende disminuir el mismo con el nuevo diseño. Las líneas de alimentación a las luminarias son subterráneas, estos conductores se van a rediseñar y partirán de los distintos centros de mando rediseñados.

1.2 Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es describir las características técnicas que reúne la nueva instalación de alumbrado público para el distrito de Quatre Carreres mediante la cual se obtiene un aumento de la calidad en el servicio de alumbrado, así como una evidente mejora en la eficiencia energética del mismo.

1.3 Alcance del proyecto

El alcance del Trabajo Fin de Máster es el estudio luminotécnico, el diseño de la instalación de alumbrado público y el cálculo de la instalación eléctrica que suministra energía al mismo para las calles y plazas de una zona del distrito de Quatre Carreres de la ciudad de Valencia.

1.4 Normativa aplicable

El presente proyecto recoge la justificación de cada diseño realizado siguiendo las disposiciones legales del marco normativo que se menciona a continuación:

- *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* (Real Decreto 1980/2008 de 14 de noviembre de 2008).
- *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Normativa municipal del Ayuntamiento de Valencia
- Norma UNE-EN 12193 *Iluminación en instalaciones deportivas* (julio 2009)

1.5 Situación y emplazamiento

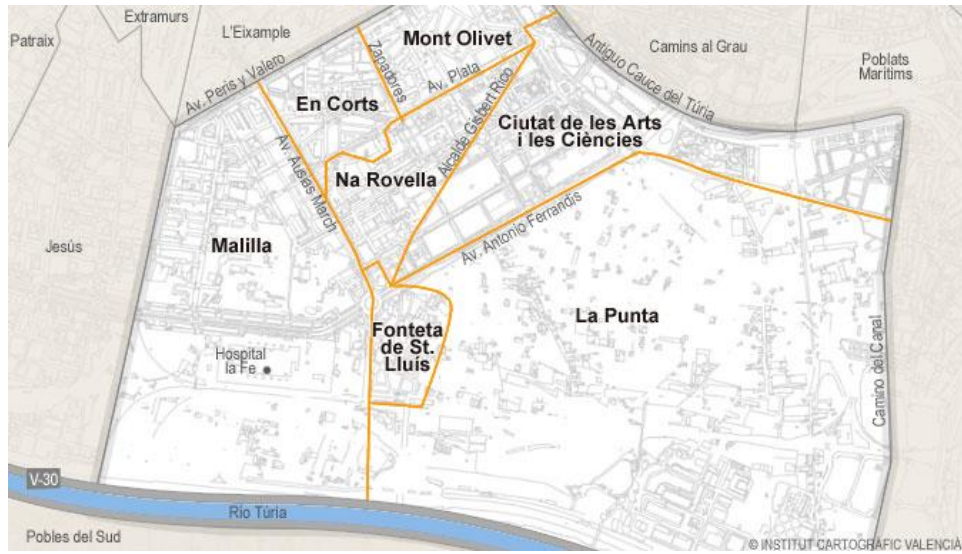
El proyecto se desarrolla para una determinada zona del distrito de Quatre Carreres de la ciudad de Valencia. Dicha zona está compuesta por una extendida vertebración de calles relativamente antiguas y no muy grandes, dos plazas y dos avenidas principales.

Concretamente la ubicación exacta objeto de este proyecto es principalmente el barrio de Mont-Olivet y parte de barrio Na Rovella. Para la selección de las calles proyectadas se ha partido desde un epicentro, ubicado en la Plaza Doctor Torrens, y se ha ido expandiendo una hipotética circunferencia hasta llegar a una cantidad considerable de superficie iluminada.

En las siguientes ilustraciones se observa la ubicación de la zona de estudio, así como las calles a estudiar:



Ilustración 1: Distritos de la ciudad de Valencia



Il·lustració 2: Barrios del distrito Cuatro Carreres



Il·lustració 3: Calles objeto de estudio

A continuación, se enumeran las zonas proyectadas a iluminar del distrito de Quatre Carreres:

Zonas a iluminar		
C/ General Urrutia	C/ Salvador Lluch	C/ Finestrat
Av/ La Plata	C/ Salinar	C/ Orient
C/ Luis Oliag	C/ Montitxelvo	C/ Escultor José Capuz
C/ Pepita Samper	C/ Bisbe Jaume Pérez	C/ Godofred Ros
Plaza Doctor Torrens	C/ Separadors	C/ Pedro Ponce de León
C/ General Almirante	C/ Pere Aleixandre	C/ Alcalde Gisbert Rico
C/ Molina	C/ Penyagolosa	Rotonda Av/ La Plata
C/ Rafael Cort	C/ Granada	C/ Arabista Ambrosio Huici
C/ Dos d'Abril	C/ Vilafermosa	C/ Oscar Espla
C/ Retor	C/ Sant Jacint Castanyeda	C/ Hort de Sant Valeri

Tabla 1: Zonas a iluminar

Tras un exhaustivo análisis de cada una de las calles se llega a la conclusión de que muchas de ellas tienen características similares e incluso prácticamente iguales en cuanto a términos geométricos (longitud y anchura), circulación de vehículos y peatones o disposición geométrica del alumbrado. Por ello, se agrupan las calles como sigue:

Grupo	Calles
Calle A	General Urrutia - La Plata
Calle B	Luis Oliag - Bisbe Jaume Pérez - Penyagolosa
Calle C	Pepita Samper - Salinar
Calle D	General Almirante - Molina - 2 de Abril
Calle E	Rafael Cort - Retor - Salvador Lluch - Montitxelvo - Granada
Calle F	Separadors - Vilafermosa - Sant Jacint Castanyeda - Finestrat - Orient - Godofred - Ponce de León
Calle G	Pere Aleixandre
Calle H	Escultor José Capuz - Alcalde Gisbert Rico
Calle I	Ambrosio Huici - Oscar Espla - Huerto S.Valero

Tabla 2: Grupos de calles con características similares

Las calles con mayor afluencia de tráfico, doble carril para cada sentido, carril bici y acera son las correspondientes al **Grupo A**.



Ilustración 4: Calle A

Ya con menor densidad de tráfico, aunque conservando la presencia del carril bici se han clasificado las calles correspondientes al **Grupo B**.



Ilustración 5: Calle B

Con la misma carga de tráfico y sin la presencia de carril bici se clasifican las calles agrupadas en la tipología **Grupo H**.



Ilustración 6: Calle H

El resto de las calles tienen una menor cantidad de tráfico y, además, las dimensiones de la calzada y aceras son relativamente más pequeñas.

Además de estas calles, también son objeto de estudio para este proyecto una plaza: la Plaza Doctor Torrens con una pista de baloncesto; y una rotonda, ubicada en la convergencia de las dos calles A.



Ilustración 7: Plaza Doctor Torrens

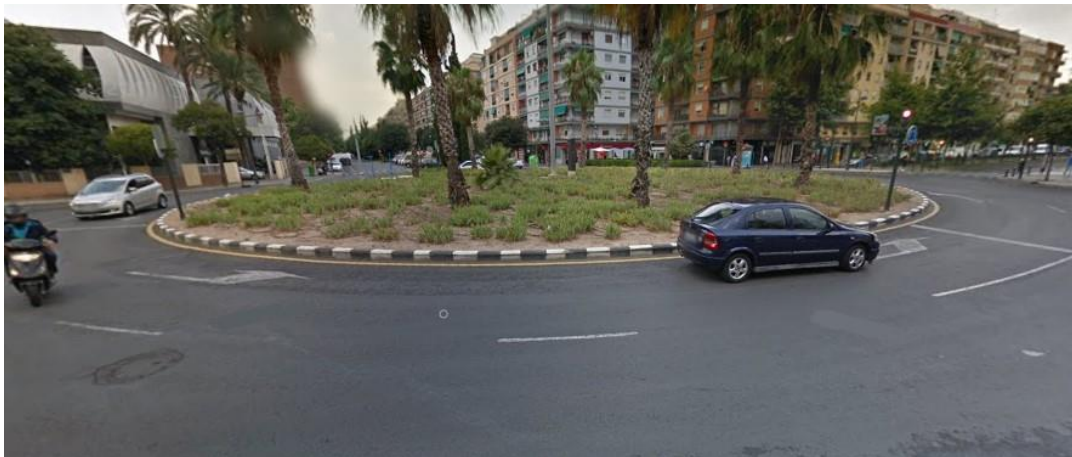


Ilustración 8: Rotonda calle A

2 DISEÑO LUMINOTÉCNICO

En este apartado se describe todo el procedimiento seguido para clasificar las calles, determinar las exigencias de iluminación en cada una de ellas, diseñar las luminarias que alumbren a las mismas y, por último, determinar la eficiencia energética en cada una de ellas.

2.1 Geometría y clasificación de la zona de estudio

Antes de empezar con el diseño se debe clasificar cada vía según establece el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* en la tabla 1 de la instrucción técnica complementaria ITC-EA-02 (Anexo I Tabla 1), esta clasificación se realiza en función de la naturaleza de la calle. Tras clasificar la vía, el siguiente paso es determinar la clase de alumbrado requerida en cada vial, para ello se tienen en cuenta diversos factores como son: la clasificación de la vía o la intensidad media de tráfico diario (IMD).

Según la clasificación de la vía se asigna una clase de iluminación agrupada en series y, dentro de cada una de las series, es la IMD o la afluencia de tráfico de peatones (alta o normal) la que determina con exactitud la clase de alumbrado exigida. Esta clasificación se realiza según las tablas 2, 3, 4 y 5 de la instrucción técnica complementaria ITC-EA-02 (Anexo I Tablas 2, 3 y 4).

Para la rotonda ubicada en la convergencia entre las dos calles de tipo A, al ser considerada una zona vial especial según establece la normativa se considera una clase de alumbrado un grado superior al de la vía que converja en ella con la clase de iluminación más elevada. En la tabla que sigue se recoge cada una de las tipologías de calles comentadas en el apartado anterior, sus dimensiones y la clasificación de las mismas.

Grupo Calle	Calzada (m)	Acera (m)	C. Bici (m)	Clase vía	IMD	Flujo de tráfico de peatones	Clase de alumbrado
A	12	3	1,5	B1	>7000	-	ME2
B	9	2	1,5	B1	<7000	-	ME3c
C	0	8	0	E1	-	Normal	S3
D	7	1	0	D3	-	Normal	S3
E	9	1,5	0	D3	-	Alto	S2
F	11	1,5	0	D3	-	Normal	S3
G	14	2,5	0	D3	-	Alto	S2
H	14	2	0	D3	-	Alto	S2
I	20	3	0	D3	-	Alto	S2
Doctor Torrens	-	-	-	E1	-	Alto	S1
Rotonda calle A	-	-	-	B1	>7000	-	ME1

Tabla 3: Clasificación de la zona de estudio

Cabe destacar que algunas de las calles podrían encontrarse entre uno o varios tipos de clasificación. Se ha intentado establecer la clasificación lo más correcta posible en base a la ubicación dentro del municipio y la carga de tráfico rodado y peatonal que soporta de forma rutinaria.

2.2 Exigencias lumínicas

Según la clasificación establecida en el apartado anterior, a cada una de las calles le corresponde un determinado nivel de iluminación. Este tiene el valor bien sea como iluminancia media (lux) o como luminancia media (cd/m^2) que establece el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* en las tablas 6, 8 y 9 de la instrucción técnica complementaria ITC-EA-02 (Anexo I Tablas 5, 6 y 7). Además, se deben cumplir las exigencias de iluminancia mínima y la uniformidad global según la clasificación en cada uno de los espacios y, además, los niveles máximos de iluminación obtenidos no pueden superar en más de un 20% a los niveles de referencia.

Para conocer las exigencias de iluminación que se deben cumplir en la pista deportiva ubicada en la plaza Doctor Torrens, nos debemos acoger a la norma *UNE EN 12193:2007 Iluminación en instalaciones deportivas*. La norma establece una clasificación del espacio en 3 clases según el nivel de competición. En este caso, al tratarse de una simple zona recreativa de parque urbano, se clasifica el alumbrado de la misma como Clase III, siguiendo la tabla 3 de la norma (Anexo I Tabla 13). Dado que se trata de una pista deportiva exterior con uso principal para practicar el deporte del baloncesto, se debe consultar en la tabla 4 de la norma (Anexo I Tabla 14). Esta tabla refiere a otra según el deporte en cuestión, para el caso que nos ocupa la tabla a seguir es la A.21 (Anexo I Tabla 15). En esta tabla vienen recogidas las exigencias de iluminación para la pista de baloncesto.

Grupo Calle	Clase de alumbrado	Nivel iluminación medio	Uniformidad global	Iluminancia mínima (lux)
A	ME2	1,5 cd/m^2	0,4	N.R.
B	ME4b	0,75 cd/m^2	0,4	N.R.
C	S3	7,5 lux	N.R.	1,5
D	S3	7,5 lux	N.R.	1,5
E	S2	10 lux	N.R.	3
F	S3	7,5 lux	N.R.	1,5
G	S2	10 lux	N.R.	3
H	S2	10 lux	N.R.	3
I	S2	10 lux	N.R.	3
Doctor Torrens	S2	10 lux	N.R.	3
Rotonda calle A	ME1	2 cd/m^2	0,4	N.R.
Pista de baloncesto	-	75 lux	0,5	N.R.

Tabla 4: Niveles de iluminación exigidos para la zona de estudio

2.3 Disposición de las luminarias

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta para el diseño de la instalación de alumbrado público es la disposición geométrica que van a tener las luminarias respecto al plano de la vía. Principalmente se tienen tres clases de distribuciones y para este proyecto se van a emplear las tres, según las características de la vía en cuestión. Estas tres distribuciones son:

- **Unilateral:** Las luminarias van dispuestas únicamente en un lado de la calle. Por norma general, el ancho de la calzada ha de ser inferior o igual a la altura de las luminarias.

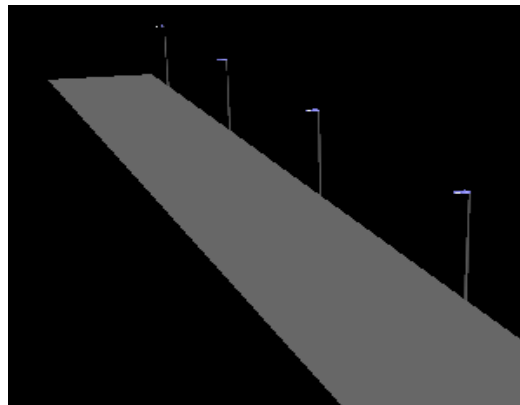


Ilustración 9: Unilateral

- **Tresbolillo:** Las luminarias van dispuestas de forma bilateral desplazada a lo largo de los dos lados de la calle, es decir, de forma salteada y no enfrentadas entre ellas. El ancho de la calzada suele ser inferior a 1,5 veces.

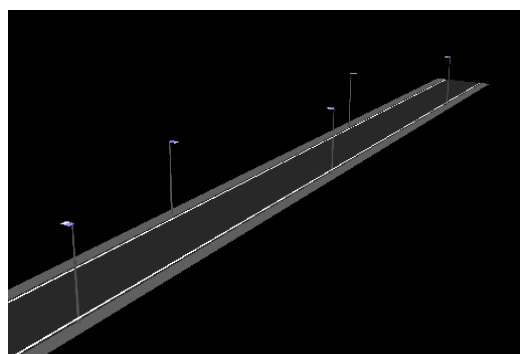


Ilustración 10: Tresbolillo

- **Pareada:** Las luminarias van dispuestas de forma bilateral enfrentadas a lo largo de los dos lados de la calle. El ancho de la calzada suele ser superior a 1,5 veces.

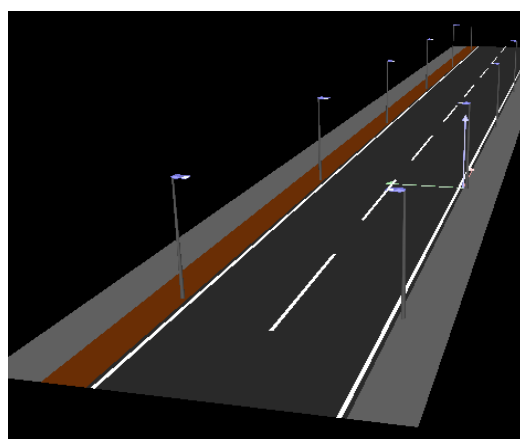


Ilustración 11: Pareada

2.4 Diseño de la separación y altura de las luminarias

Al igual que ocurre con la disposición de las luminarias, comentada en el apartado anterior, resulta de vital importancia diseñar las mismas con una adecuada altura desde la que se proyecte la iluminación, y separación entre unidades. Para un diseño lo más correcto posible se considera que aproximadamente el ancho de la zona a iluminar es igual a la altura del punto de luz. Además, se debe tener en cuenta la posibilidad de presencia de árboles cuya copa pueda obstaculizar el flujo luminoso y generar sombras, por lo que se va a adecuar la altura de las luminarias en función del arbolado viario. Se disponen las luminarias entre árboles, con una separación suficiente para no quedar nunca cerca de los árboles.

Cabe destacar que el valor del ratio entre altura/ancho no es tan severo y puede oscilar entre 0,8 y 1,2 en función de la dispersión (estrecha, media o ancha) que se le quiera dar a la luminaria. Para este proyecto, se van a montar todas las luminarias sobre soportes en columnas con distintas alturas en función del criterio comentado anteriormente y de la tipología de vía en cuestión. En cuanto a la separación entre soportes, por norma general, lo más económico en este tipo de proyectos es minimizar el número de luminarias, teniendo estos grandes alcances, del orden de 5 veces la altura, por lo que interesa tener soportes de mayor altura aunque suponga un ligero incremento en el precio unitario del soporte.

A pesar de ello, para el caso que nos ocupa, se debe tener un compromiso entre la altura del soporte, la separación de los mismos y el mínimo coste de la instalación, teniendo en cuenta que elevadas alturas pueden quedar interpuestas entre las copas de los árboles, así como provocar problemas de contaminación lumínica en las plantas más bajas de los edificios colindantes. Por ello la separación entre soportes oscila entre 2 y 5 veces la altura, en función de las características de la vía a iluminar.

Grupo Calle	Disposición	Ancho a iluminar por luminaria (m)	Interdistancia (m)	Altura (m)
A	Bilateral	10,5	25	9
B	Bilateral	7,5	18	6
C	Unilateral	8	18	4
D	Tresbolillo	7	15	6
E	Tresbolillo	10	15	6
F	Bilateral	5,5	18	6
G	Bilateral	8,5	18	6
H	Bilateral	8	18	6
I	Bilateral	10,5	22	10
Doctor Torrens	-	0	-	5
Rotonda calle A	-	-	-	12
Pista de baloncesto	-	-	-	8

Tabla 5: Separación y altura de las luminarias

2.5 Cálculos preliminares

Previo al cálculo luminotécnico definitivo se debe realizar un estudio para conocer de la forma más exacta posible el flujo lumínico (Φ) necesario en cada punto de luz de forma que se satisfagan los requisitos mínimos de iluminación que establece la normativa. El flujo luminoso para cada punto de luz se define según la ecuación:

$$\Phi = \frac{E_m \cdot A}{F_U \cdot F_M}$$

Ecuación 1: Flujo luminoso

Siendo:

- Φ = Flujo luminoso (lm).
- E_m = Iluminancia media que deseamos establecer (lux).
- A = Área que ilumina cada lámpara (m^2).
- F_U = Factor de utilización.
- F_M = Factor de mantenimiento.

Tanto el factor de mantenimiento como en factor de utilización son valores correctores que oscilan entre 0 y 1 en función de ciertos parámetros que se explican a continuación.

Una vez definida la ecuación para el cálculo del flujo luminoso, se debe diseñar la instalación con valores acordes a la realidad. La iluminancia media (E_m) viene definida según normativa, ésta ya ha sido explicada y se ha mostrado el valor necesario en cada una de las calles. Para obtener un diseño lo más económico y de menor coste energético posible, se establece este valor de iluminancia media como el mínimo posible, es decir, se realiza el cálculo en el límite de cumplimiento de la normativa.

El área (A) que ilumina cada punto de luz es simplemente la superficie rectangular que forman la inter-distancia entre dos puntos de luz y el ancho del vial. Para el ancho del vial se ha de tener en cuenta la distancia transversal de la acera y la calzada que lo componen y, en caso de tener una distribución pareada, se considera la mitad de la superficie puesto que existe un punto de luz en el otro lado de la calle simétrico.

El factor de utilización F_U es la relación entre el flujo que llega a la superficie de estudio y el emitido por la lámpara. Dicho factor depende del tipo de lámpara, de las curvas isolux de cada modelo, del rendimiento de cada lámpara y por supuesto, de la geometría de la instalación. Dado que es un valor difícil de calcular de forma exacta se estima un valor promedio de 0,5.

Por último, el factor de mantenimiento F_M considera el estado de limpieza de cada luminaria, así como el número de limpiezas que se realizan periódicamente. La presencia de suciedad en la carcasa de vidrio o metacrilato de la luminaria provoca que disminuya considerablemente dicho factor. El factor de mantenimiento tampoco puede conocerse hasta que se tiene seleccionado un modelo comercial por lo que se estima un valor inicial de 0,75.

Las calles A, B y la rotonda tienen una clasificación más exhaustiva (series ME) en la cual se les exige un determinado valor de luminancia cada una. Para obtener la iluminancia media exigida existe la siguiente aproximación:

$$E_m = \frac{L_m}{q_0}$$

Siendo:

- L_m = Luminancia media (cd/m^2).
- Q_0 = Constante para el asfalto ($0,07 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}$)

En la siguiente tabla viene recogida toda la información para proceder con el diseño de las luminarias para cada calle, es decir, se muestra la superficie a iluminar por luminaria, la iluminancia que debe cumplirse y el flujo necesario de cada lámpara para conseguirlo:

Grupo Calle	Em (lux)	Superficie (m ²)	Φ (lm)
A	20	262,5	14000
B	15	144	5760
C	7,5	144	2880
D	7,5	135	2700
E	10	180	4800
F	7,5	126	2520
G	10	171	4560
H	10	162	4320
I	10	286	7627
Doctor Torrens	15	168	6720
Rotonda calle A	30	396	31678
Pista de baloncesto	75	106	21160

Tabla 6: Superficie a iluminar por luminaria y flujo luminoso requerido

2.6 Selección de luminarias

En este apartado se describe todo el análisis y las consideraciones seguidas para la selección de las luminarias adecuadas en cada una de las zonas de estudio, cumpliendo siempre los requerimientos de normativa.

Antes de comenzar a explicar cada una de las zonas de estudio cabe destacar que se tienen en cuenta dos principales parámetros a la hora de diseñar la disposición, altura, interdistancia y tipo de fotometría de las luminarias, estos son: la dispersión y el alcance.

El alcance es la cantidad de flujo luminoso o ángulo que la luminaria es capaz de proyectar en la dirección longitudinal de la vía, mientras que la dispersión corresponde a la misma prestación del punto de luz, pero en la dirección transversal de la calzada.

Cabe destacar que todas las luminarias seleccionadas son del fabricante Schreder-Socelec. Para entender de forma universal las prestaciones de sus productos se adjunta una tabla explicativa de cada parámetro en el anexo de luminarias.

2.6.1 Calle A

Las calles de tipo A tienen una disposición de luminarias bilateral ya que es la más conveniente para las dimensiones de este tipo de viales. La calle A dispone de aceras de 3 m, carril bici de 1,5 m y calzada de doble sentido de 12 m de ancho.

Como se tiene una distribución bilateral, cada luminaria tiene un ancho a iluminar de unos 10,5 m por lo que, si se pretende tener una dispersión entre media y ancha se diseñan las luminarias a 9 m de altura, siendo esta una altura coherente dentro del ámbito urbano. En cuanto al alcance, si se pretende que este sea medio, se diseña la instalación para que la separación entre soportes sea de 25 m.

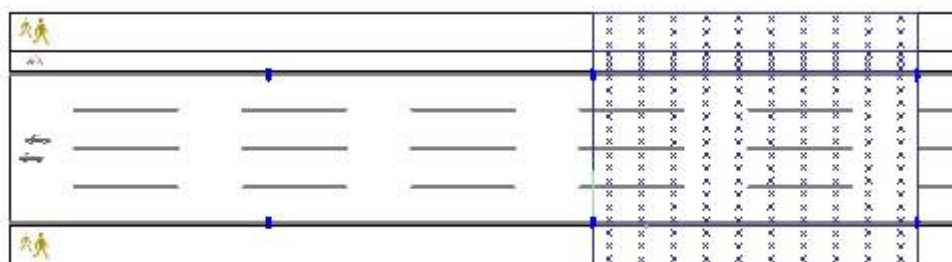


Ilustración 12: Calle A

Dadas estas restricciones de cálculo, la luminaria que más se adapta a dichas condiciones es la Axia 2.2 del fabricante Schreder, la cual tiene una amplia gama de potencias y fotometrías perfectamente adaptables a las exigencias de cada vial. En la siguiente imagen se observa la fotometría de la luminaria seleccionada, cabe destacar que cada unidad en el dibujo corresponde en distancia con la altura de la luminaria.

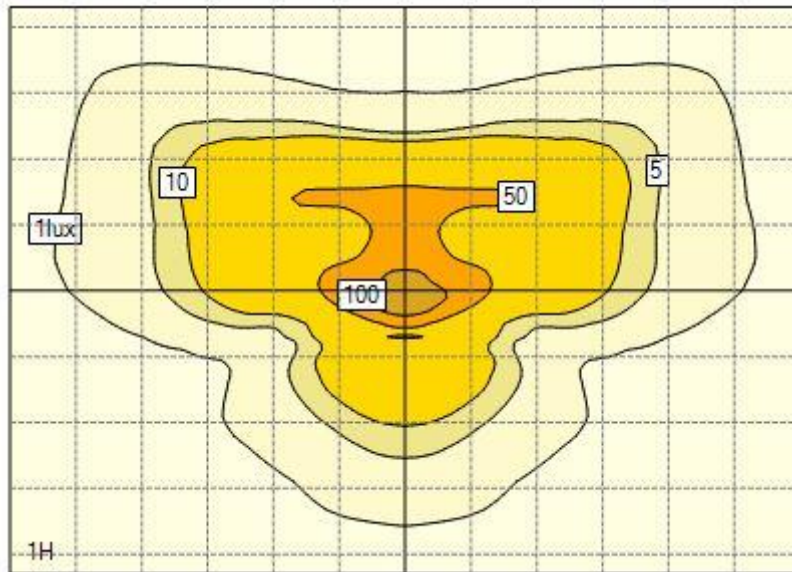


Ilustración 13: SCHREDER AXIA 2.2 / 5167 / 48 LEDS 590mA WW / 384852

2.6.2 Calle B

Las calles con tipología B tienen disposición bilateral, estas tienen un ancho a iluminar de 9 m por lo que, si se quiere diseñar las luminarias con una dispersión relativamente ancha, se disponen las mismas a 6 m de altura. Por otro lado, para tener un alcance entre medio o corto se disponen las mismas con una separación de 18 m.

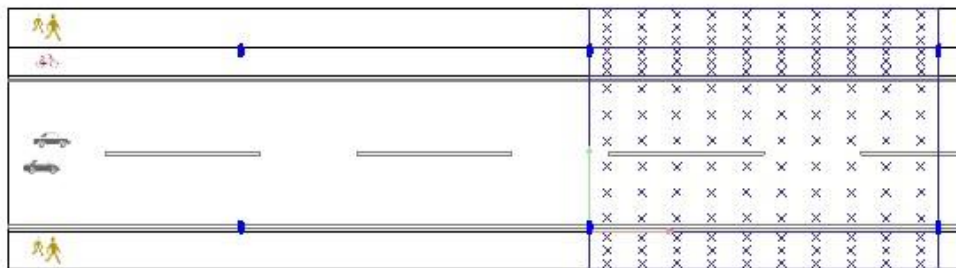


Ilustración 14: Calle B

Recurriendo a la gama de luminarias Axia, en este caso el modelo 2.1, se selecciona el modelo comercial para cumplir con requerimientos con la fotometría que se observa en la siguiente ilustración.

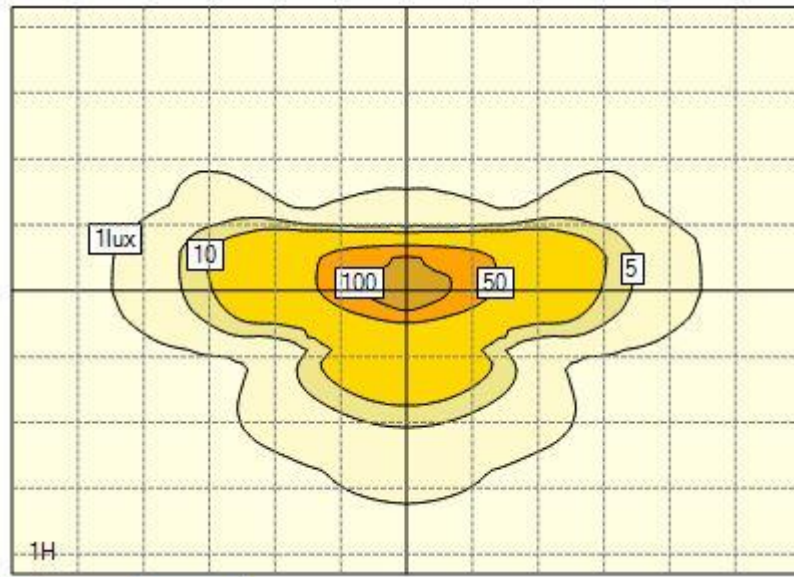


Ilustración 15: SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162

2.6.3 Calle C

Para las calles con tipología C se emplean luminarias dispuestas de forma lineal en el centro de la acera peatonal. Este vial tiene un ancho a iluminar de 8 m, pero al disponer de las luminarias ubicadas en el centro de la vía, estas deben proyectar iluminación en todas las direcciones por lo que la dispersión resulta ser de 4 m. Para ello se colocan las luminarias en soportes de 4 m de altura a una separación de 18 m, necesitando para ello que tengan un alcance largo, casi del orden de 5 veces la altura.

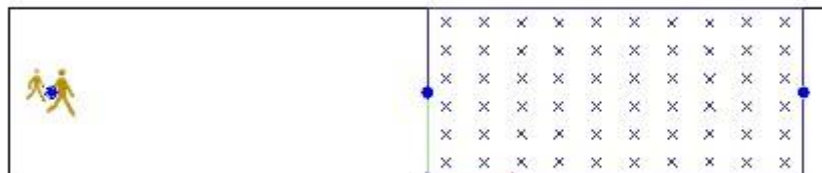


Ilustración 16: Calle C

Las luminarias óptimas para este tipo de zonas de estudio son las KAZU del fabricante Schreder, estas tienen una fotometría muy simétrica, ideal para este tipo de casos.

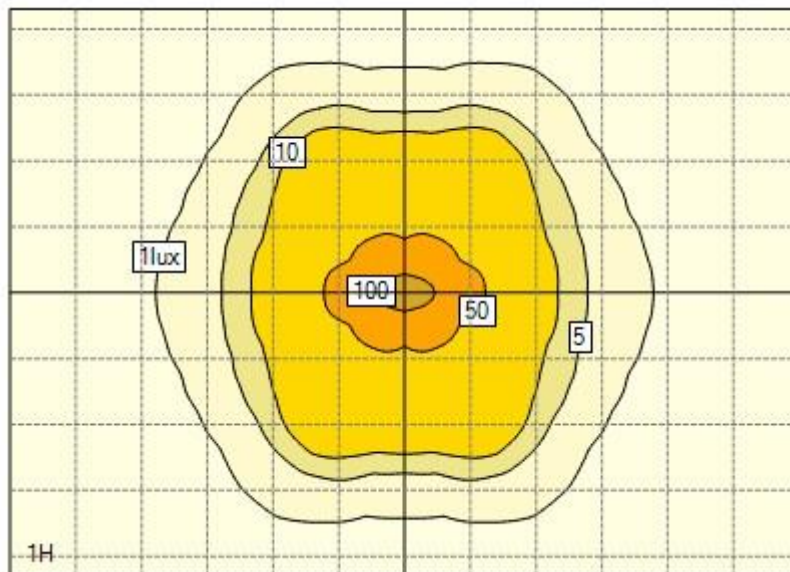


Ilustración 17: SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 35939S

2.6.4 Calle D

Las luminarias empleadas en la calle D tienen una disposición al tresbolillo. Esta calle dispone únicamente de acera y de calzada siendo el ancho total a iluminar por lámpara de 8 m. Colocando las mismas a 6 m de altura se obtiene una dispersión entre media y ancha. En cuanto a la interdistancia entre luminarias esta será de 15 m entre las lámparas en lados opuestos o de 30 m entre las lámparas de la misma acera por lo que se requiere un alcance medio para satisfacer las necesidades de iluminación.



Ilustración 18: Calle D

Para este tipo de disposiciones se emplea la luminaria Ampere del fabricante Schreder, concretamente el modelo Mini puesto que no se requieren excesivas potencias ni flujo luminoso, como la disposición es al tresbolillo interesa una fotometría con un elevado alcance y sobre todo una gran dispersión de modo que se pueda llegar a iluminar el otro lado de vial.

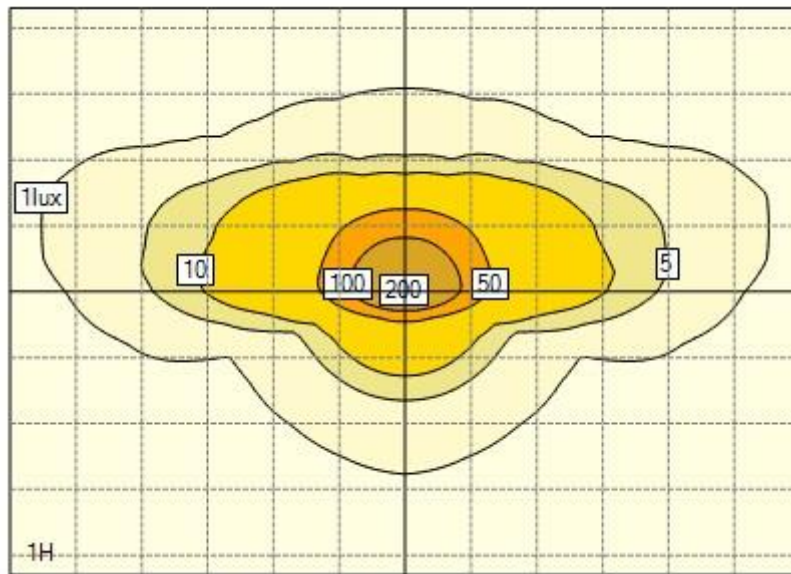


Ilustración 19: SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402

2.6.5 Calle E

Este tipo de calle tiene un elevado grado de similitud con la calle D aunque con unas exigencias de iluminación superiores. El grado de dispersión es ancho ya que se tienen luminarias ubicadas a 6 m de altura para un ancho a iluminar de 12 m. En cuanto al alcance, es el mismo que en la calle anterior disponiendo las luminarias a 15 m entre las que están en el lado opuesto y, por consiguiente, a 30 m las del mismo lado.

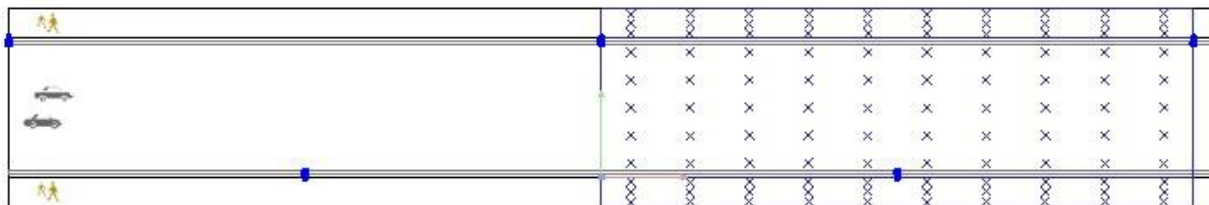


Ilustración 20: Calle E

La luminaria seleccionada es la Ampere Mini del fabricante Schreder, teniendo esta un flujo lumínico similar al exigido. La fotometría de la luminaria se muestra en la siguiente ilustración.

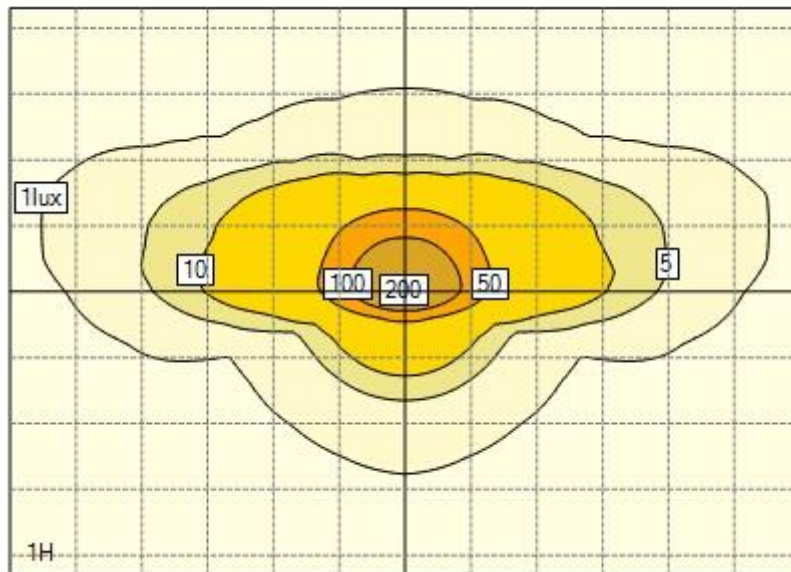


Ilustración 21: SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562

2.6.6 Calle F

Dadas las características de la calle F, se tiene unas exigencias de iluminación relativamente asequibles, además se requiere iluminar un ancho de 7 m por luminaria puesto que se tiene una distribución bilateral y el ancho del vial es de 14 m. Se propone colocar las luminarias en soportes a 6 m de altura de modo que la dispersión del haz de luz sea media. La interdistancia entre soportes es de 18 m de modo que el alcance requerido de la luminaria es medio. La calle objeto de cálculo se muestra en la siguiente ilustración:

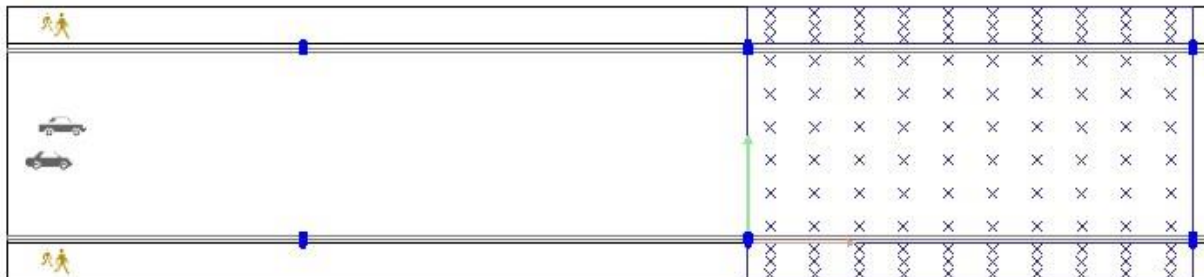


Ilustración 22: Calle F

Para cumplir con las exigencias se propone una luminaria con una fotometría relativamente ancha, es decir que emita flujo con mayor extensión hacia los lados puesto que se tiene una distribución bilateral, ajustando el tipo de fotometría óptimo para este tipo de vial se consigue encontrar una luminaria Ampera Mini del fabricante Schreder con tan solo una potencia eléctrica de 19 W proporcionando un flujo de 1844 lm.

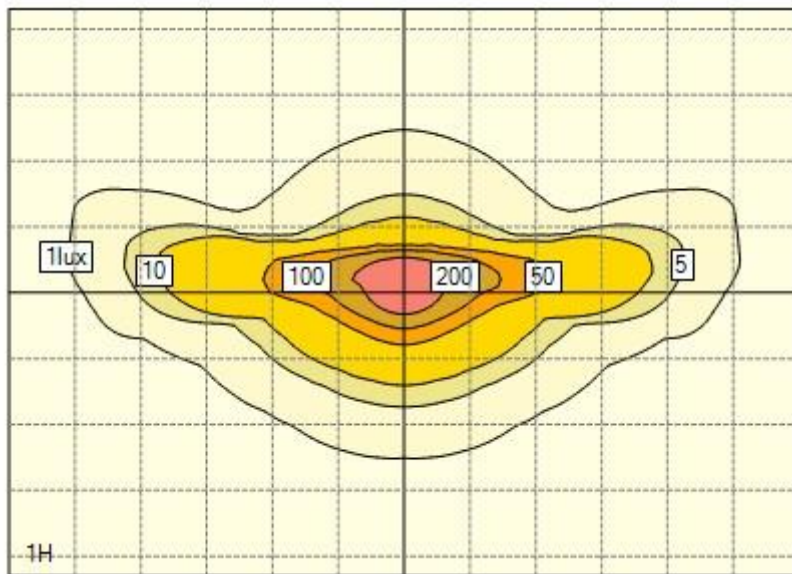


Ilustración 23: SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642

2.6.7 Calles G y H

Estas dos calles son prácticamente similares, tienen el mismo tamaño de calzada con 14 m mientras que únicamente difieren en que la calle G tiene 2.5 m de acera frente a los 2 m de la calle F. Esto implica que el ancho a iluminar para la disposición bilateral propuesta sea de 9,5 m en la calle G y de 9 m en la calle H, por lo que se propone la misma solución luminotécnica.

En el diseño de estas calles se ha buscado una dispersión para cada luminaria ancha, como el ancho a iluminar es de 9 a 9,5 m, se disponen los puntos de luz a 8 m de altura de modo que queden en una posición respecto al suelo acorde al resto de las calles que comparten localización dentro del distrito de Cuatro Carreres. Por el mismo motivo, se disponen las mismas con una separación de 18 m teniendo un alcance medio.

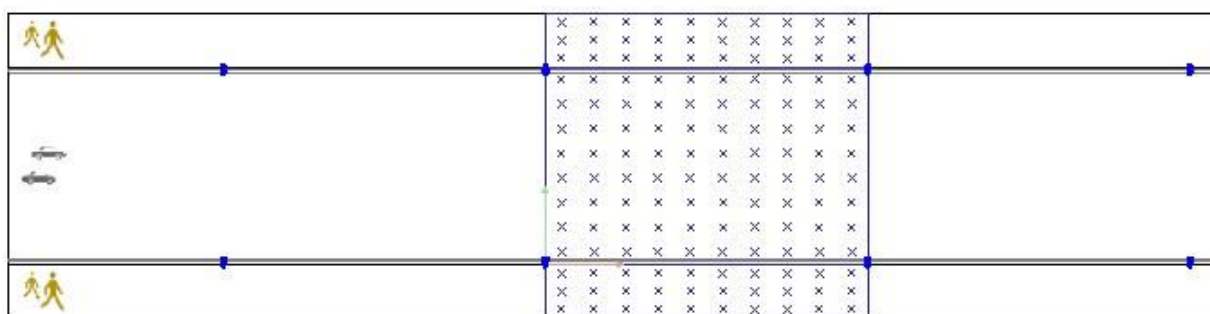


Ilustración 24: Calles G y H

La luminaria con mejores prestaciones para adaptarse a las características del vial es la Ampere Mini de Schreder, esta tiene un flujo lumínico de 3073 lm relativamente inferior al calculado previamente, no obstante, dada la fotometría perfectamente adaptada a la disposición de las luminarias, se cumple con las exigencias mínimas.

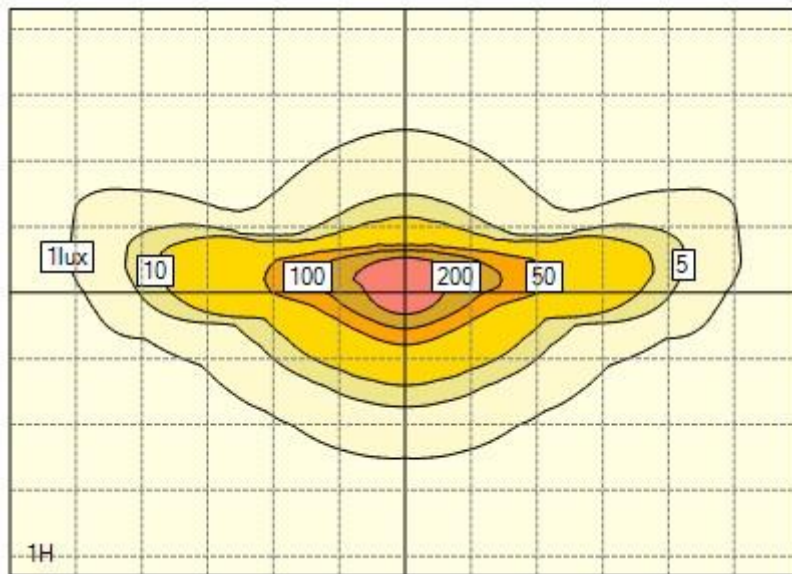


Ilustración 25: SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642

2.6.8 Calle I

La calle I tiene unas dimensiones superiores a la mayoría de los viales anteriormente propuestos, del orden de la calle A, no obstante, debido al menor tráfico peatonal y rodado que sufre, tiene unas exigencias de iluminación inferiores (basta con una iluminancia media de 10 lux). Dada la gran amplitud que tiene la calzada en esta vía (20 m), se propone una distribución de las luminarias bilateral, quedando el ancho a iluminar por luminaria de 13 m. Se propone un diseño de luminarias con dispersión media por lo que se colocan las mismas a una altura de 12 m, la separación entre luminarias es de 22 m por lo que se pretende buscar modelos con un alcance corto.

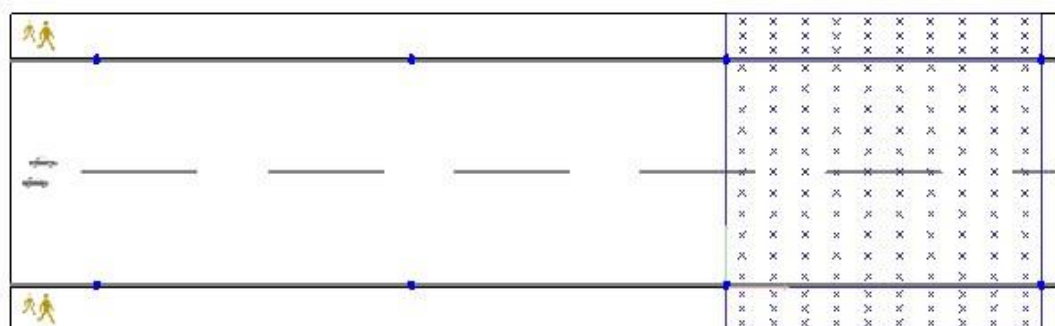


Ilustración 26: Calle I

Se propone como solución luminotécnica para esta calle una luminaria con misma fotometría que en las calles G y H aunque con mayor potencia, dado que las dimensiones a iluminar son superiores y por consiguiente aumenta la altura requerida en los soportes. Para este caso, el modelo de Ampere Mini tiene una potencia de 55 W y un flujo de 5410 lm.

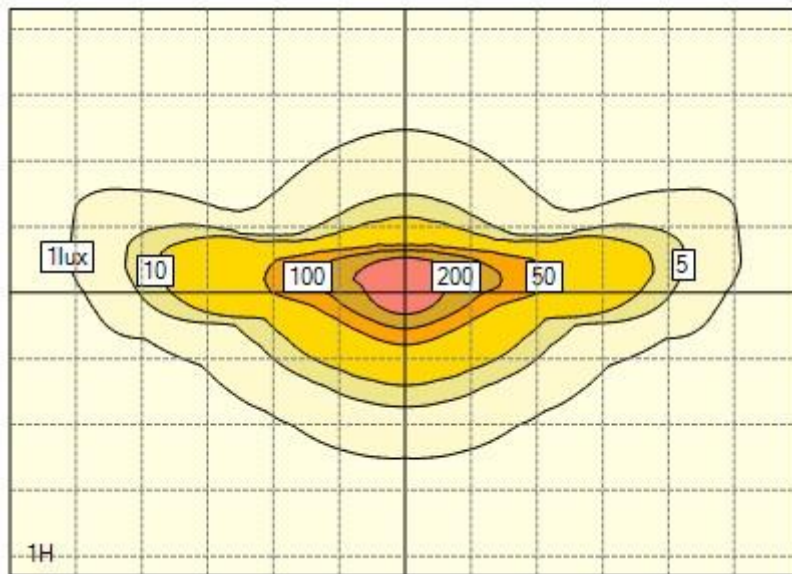


Ilustración 27: SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642

2.6.9 Rotonda calle A

El cálculo luminotécnico para el alumbrado de las rotondas difiere bastante de las calles que tienen forma de recta, principalmente por su geometría que es circular. El *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* define las rotondas como una de un vial con problemas específicos de visión y maniobras que tienen que realizar los vehículos que circulan por ella.

Dada esta condición especial, el reglamento establece que los niveles de iluminación en glorietas ha de ser de un grado superior a la calle con mayores requerimientos que converge a la misma en caso de que estén dentro de la serie ME, es decir, la rotonda debe cumplir unas exigencias lumínicas ME1 puesto que la calle A tiene una clase de alumbrado ME1. Si para la Calle A se requiere una iluminancia media de 20 lux, para la rotonda es necesario un valor de 30 lux.

La solución que se propone es muy eficiente en cuanto al ahorro de número de soportes, además genera una iluminación bastante uniforme de forma radial, perdiendo nivel de iluminación a medida que el usuario se aleja de la fuente luminosa. Se propone instalar un único soporte en el centro de la rotonda en el que se acoplen 6 proyectores con una disposición radial de modo que se ilumine con los requerimientos exigidos la totalidad de los 360º de giro en la rotonda.

Cabe destacar que las luminarias se colocan a una altura suficiente para que puedan llegar a iluminar la zona más externa de la glorieta, salvando también las sombras que puedan causar los árboles ubicados en el jardín de esta. En la siguiente imagen se puede ver la representación gráfica de esta zona de estudio.

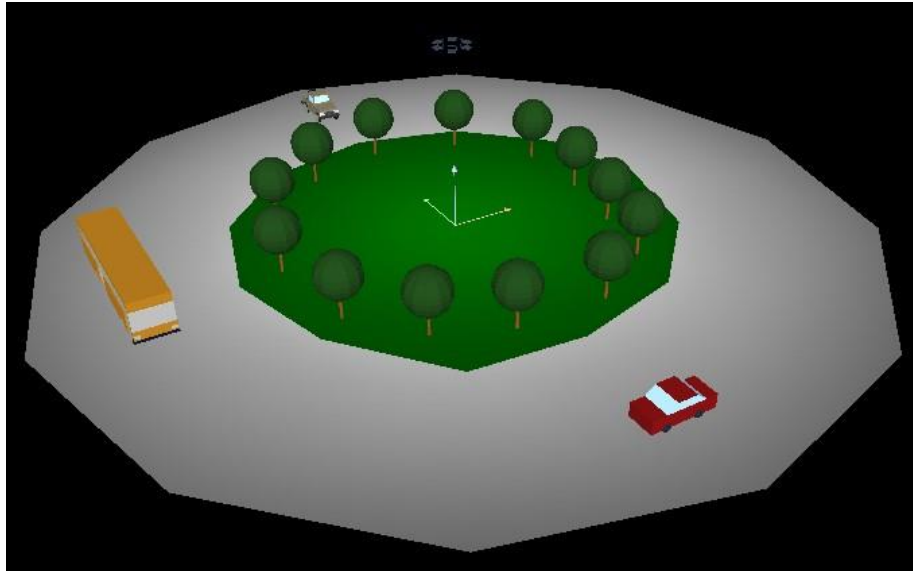


Ilustración 28: Rotonda calle A

Los proyectores seleccionados son el mismo modelo: OMNIstar del fabricante Schreder, perfectamente capacitados para acometer con las elevadas exigencias de iluminación para este caso de estudio. El modelo seleccionado en concreto tiene un total de 144 LEDs con una corriente de 700 mA emitiendo un flujo luminoso de 29997 lm con un consumo de 315 W. Para cumplir con los niveles exigidos se dispone un total de 6 proyectores distribuidor de forma simétrica. En la siguiente imagen se observa la fotometría del modelo comercial.

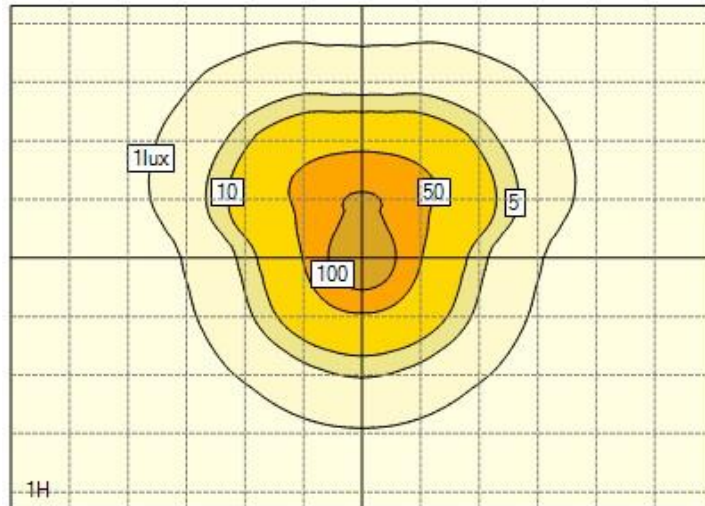


Ilustración 29: SCHREDER OMNIstar / 5121 / 144 LEDS 700mA WW / 364832

2.6.10 Plaza Doctor Torrens

La zona objeto de estudio de este proyecto cuenta con una plaza o parque de considerable dimensión, unos 4200 m². La plaza tiene una forma rectangular, con una superficie de 70 x 60 m² y está ubicado exactamente entre dos calles que también son objeto de este proyecto: la calle A y la calle B. Estas calles discurren de forma paralela a lo largo de dos de las aristas del rectángulo que forma la plaza, en los otros dos lados de la plaza se encuentran edificios de viviendas.

La plaza contiene cuatro caminos peatonales en forma de cruz para poder cruzarla en todas las direcciones sin tener que tomar caminos muy curvos, además cuenta con una pequeña placeta interior con forma de circunferencia en la que convergen los cuatro caminos peatonales. El resto de las zonas del parque son jardines con hierba natural y árboles plantados que no siguen ninguna distribución en especial. En la siguiente imagen se observa el diseño del parque que se ha realizado mediante el programa de cálculo DIALux.

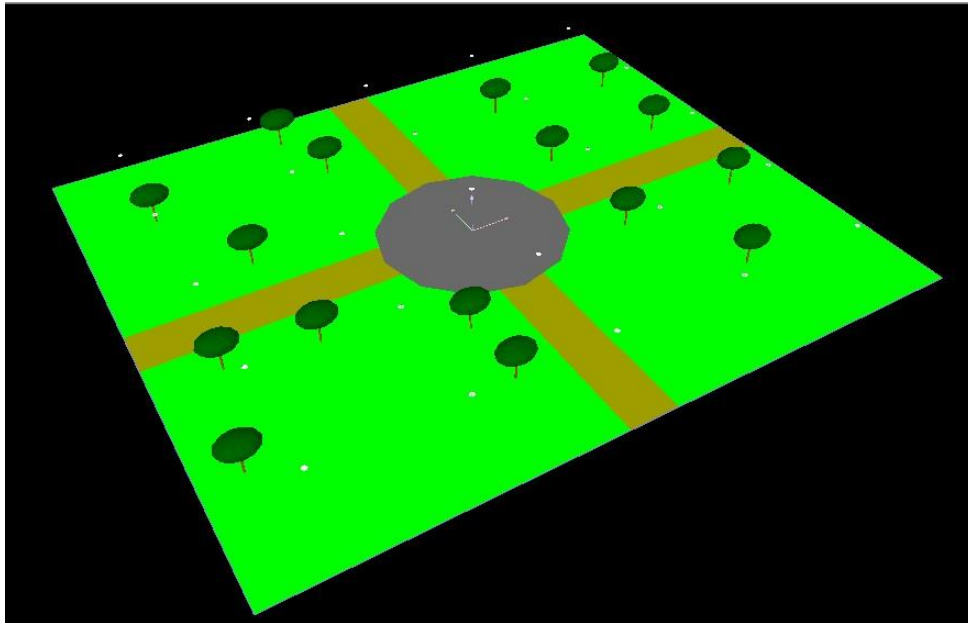


Ilustración 30: Rotonda calle A

Para dotar de cierta seguridad y confianza a la población que decida pasear por el parque en horarios en que la luz del Sol no está presente, se opta por iluminar la totalidad de la plaza, incluyendo las zonas ajardinadas. Para la ubicación de cada una de las luminarias se ha tenido presente la existencia de los árboles que puedan entorpecer y ensombrecer el flujo luminoso, por lo que estas se disponen de forma que se proyecte la mínima sombra posible y no queden espacios sin apenas iluminación. Además, la altura de las luminarias será de tan solo 4 metros para no desentonar con la estética del parque.

El modelo seleccionado como ya se ha hecho para la calle C es la luminaria LED Kazu del fabricante Schreder. Esta luminaria tiene un diseño muy moderno y atractivo, dotando de cierta estética al parque, aunque la gran ventaja que aporta es la simetría que tiene su fotometría, permitiendo iluminar de la forma más uniforme posible todas las zonas del parque.

Para tener un diseño adecuado a los requerimientos, se dispone de un total de 25 unidades. Cada una de las unidades seleccionadas tiene un consumo de 40 W, un total de 24 LEDs con una corriente de 500 mA y la fotometría que se observa en la siguiente ilustración:

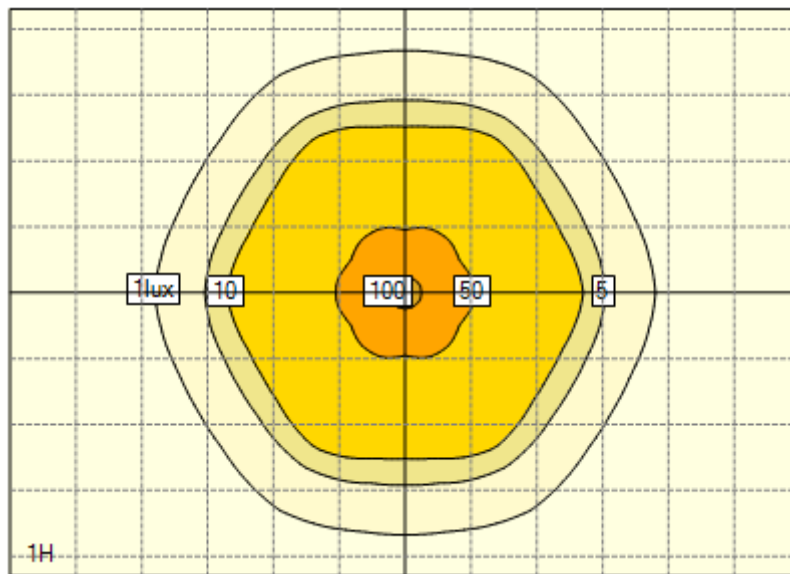


Ilustración 31: SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 500mA NW / 359762

2.6.11 Pista de baloncesto

La última zona que se ha decidido estudiar se trata de una pista de baloncesto exterior que se ubica anexa al parque Doctor Torrens. La pista tiene unas dimensiones de 46 x 23 m y como se ha comentado ya en el correspondiente apartado, debe cumplir con las exigencias que establece la norma *UNE EN 12193:2007 Iluminación en instalaciones deportivas*.

Según los requerimientos de iluminación se debe cumplir con una iluminancia media de 75 lux y de al menos una uniformidad de 0,5. Puesto que se trata de unos valores bastante elevados se plantea instalar un total de 10 proyectores ubicados en un total de 6 soportes que los sostienen a una altura de 8 m. Se tiene pues una distribución con 4 soportes en las cuatro esquinas de la pista con 2 proyectores cada uno de los soportes, y dos soportes más con un único proyector ubicados justo en la horizontal del centro del campo. La presencia de estos dos últimos proyectores es debida a la mejora de la uniformidad media de la pista dado que quedaban muy iluminadas las zonas cercanas a las canastas y las esquinas de la pista y muy poco iluminada la zona central de juego.

Los proyectores que se han diseñado son los mismos que para la rotonda de la Calle A: el modelo OMNIstar del fabricante Schreder con un flujo de 29997 lm, una potencia de 315 W y la fotometría mostrada en el apartado 2.6.9.

2.7 Cálculos luminotécnicos

Una vez se tiene seleccionadas cada una de las luminarias para cada zona de estudio, se procede al cálculo luminotécnico de cada una de ellas para ello se emplea el programa informático de cálculo DIALux 4.13. Este software realiza cálculos en escenas interiores, viales rectos o escenas exteriores entre otros y según los requerimientos lumínicos que establece la ITC-EA-02 del *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* calcula el cumplimiento o no de la instalación de iluminación.

Inicialmente se define la geometría de cada una de las zonas de estudio, para el caso que nos ocupa una calle recta con sus respectivas aceras, calzadas, mediana y carril bici o bien una escena exterior, con todos los elementos exteriores como edificios o árboles. Posteriormente se define la normativa y las exigencias lumínicas que debe cumplir cada una de las zonas de estudio, estas son las mencionadas en el apartado 2.2. Tras esto se especifica el factor de mantenimiento para cada uno de los cálculos.

Tras haber definido las calles y los requerimientos de cálculo se procede a insertar la disposición de alumbrado correspondiente, separación y altura de esta y se inserta la luminaria a través del catálogo digital del fabricante en cuestión. En el catálogo las luminarias vienen clasificadas según el modelo o familia y según cada una de las características que la definen.

Con todos estos menús cumplimentados DIALux procede con el cálculo y muestra un gran surtido de resultados como curvas isolux, uniformidad, nivel de iluminación según una matriz de puntos etc. Además, y como aspecto más importante, muestra si el caso de estudio cumple los niveles de iluminación requeridos.

2.8 Cálculo del factor de utilización y factor de mantenimiento

Tras la realización de cada cálculo previo luminotécnico en las diferentes zonas de estudio objeto de este proyecto se va a comprobar en este apartado que los valores supuestos anteriormente para el factor de mantenimiento y el factor de utilización concuerdan con las lámparas escogidas. Para ello se va a realizar la operación a la inversa, despejando de la ecuación el factor de utilización F_U , conociendo ya el flujo luminoso que emite cada lámpara:

$$F_U = \frac{E_m \cdot A}{\Phi \cdot F_M}$$

Ecuación 2: Factor de utilización

Para el cálculo del factor de utilización se va a considerar que el producto entre la iluminancia media y el área a iluminar dividido por el factor de mantenimiento forman un valor constante. En la tabla que sigue se muestra el factor de utilización real que se obtiene para cada caso de estudio de este proyecto:

Grupo Calle	FU calculado	Constante	Flujo lámpara (lm)
A	0,60	7000	13196
B	0,60	1800	6097
C	0,52	1440	3984
D	0,47	1050	3240
E	0,50	2000	4860
F	0,54	990	2160
G	0,66	2040	3600
H	0,62	1920	3600
I	0,57	3080	6336
Doctor Torrens	0,55	2240	5458
Rotonda calle A	0,35	10385	38448
Pista de baloncesto	0,35	10580	38448

Tabla 7: Factor de utilización

Dados los resultados de factores de utilización obtenidos, se observa como estos están próximos al valor supuesto inicialmente (0,5).

Como ya se había explicado en el apartado correspondiente, el factor de mantenimiento relaciona la iluminancia media que había al inicio del funcionamiento de la instalación con la que se tiene después de un determinado periodo de funcionamiento. Lógicamente, al perderse cantidad de flujo luminoso, el valor para dicho factor es inferior a la unidad, aunque lo más interesante es que se mantenga próxima a esta para tener que realizar menos actuaciones de mantenimiento.

Una vez conocida la luminaria en cada caso de estudio, es posible hallar el valor del factor de mantenimiento, este se calcula como sigue:

$$F_M = F_E \cdot F_D$$

Ecuación 3: Factor de mantenimiento

Donde:

- F_E = Factor de ensuciamiento.
- F_D = Factor de depreciación.

Para determinar el factor de ensuciamiento se ha de recurrir a la tabla 3 de la ITC-EA-06 del *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* (Anexo I tabla 16). En esta tabla viene recogido el valor que tiene el factor de ensuciamiento en función del grado de Protección del sistema óptico, del grado de contaminación y del intervalo de limpieza, que viene definido desde 1 a 3 años. Consultando la ficha técnica del fabricante del producto se observa que el grado de protección es IP66, el grado de contaminación es bajo puesto que las luminarias se encuentran en zonas urbanas

residenciales y zonas verdes alejadas de zonas industriales, el intervalo de limpieza es de 1 año. Por todo ello, el factor de ensuciamiento tiene un valor de: $F_E = 0.93$.

El factor de depreciación F_D se puede determinar fácilmente conociendo la vida útil de la luminaria. La vida útil de la luminaria viene indicada en la ficha de características de cada modelo. Para el caso que nos ocupa, las luminarias tienen una vida útil de 100.000 h y tienen una disminución del factor de depreciación según la siguiente curva:

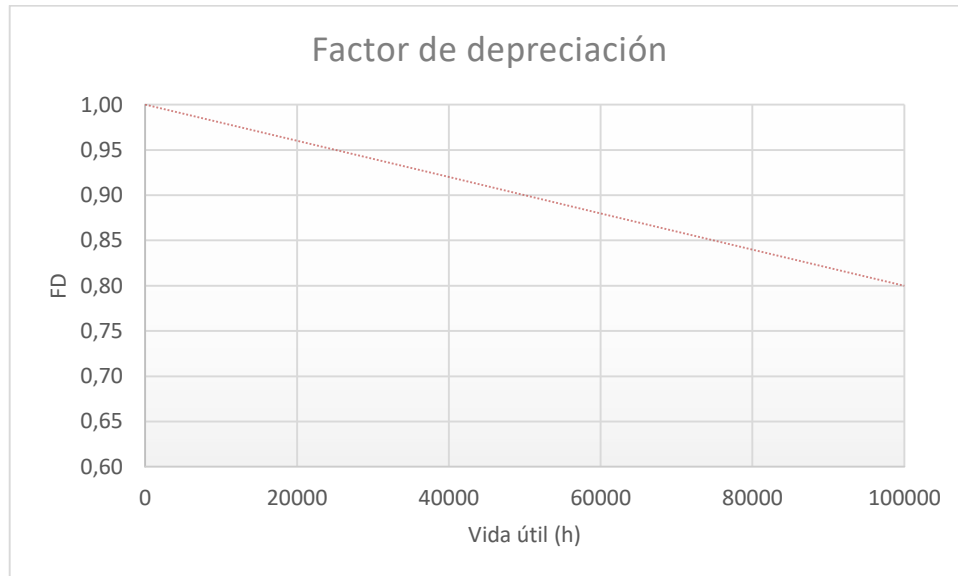


Ilustración 32: Factor de depreciación según vida útil en las luminarias L80B10

Siguiendo las recomendaciones del IDAE, al año se debe iluminar de forma artificial durante 4.000 h. Suponiendo que la vida de la instalación es de 25 años, las luminarias deben de tener al menos una vida útil que corresponda con la duración en activo de la instalación. Dado que el fabricante asegura una vida útil de 100.000 h y anualmente funcionan durante 4.000 h, se tiene una vida útil de 25 años para las luminarias, por lo que siguiendo el gráfico anterior se obtiene un valor del factor de depreciación de $F_D = 0,8$.

Una vez determinado el factor de ensuciamiento y el factor de depreciación, se obtiene el siguiente factor de mantenimiento real:

$$F_M = F_E \cdot F_D = 0.87 \cdot 0,8 = 0.744 \cong 0.75$$

Se obtiene un factor de mantenimiento real de 0.744, prácticamente igual al inicialmente propuesto.

2.9 Resultados luminotécnicos

En este apartado se muestran los resultados obtenidos en cuanto a niveles de iluminación para cada una de las zonas de estudio: calles, rotonda, parque y pista de baloncesto. Además, se compara y se demuestra como cada uno de los resultados cumple con los niveles de iluminación que establece el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*.

2.9.1 Viales

En la siguiente tabla se recogen los resultados del diseño de la instalación de alumbrado público para las calles objeto de este proyecto.

Grupo Calle	ACERA				CALZADA				CARRIL BICI			
	Resultados		Exigencias		Resultados		Exigencias		Resultados		Exigencias	
	Em (lux)	Emin (lux)	Em (lux)	Emin (lux)	Lm (cd/m ²)	Uo	Lm (cd/m ²)	Uo	Em (lux)	Emin (lux)	Em (lux)	Emin (lux)
A	17,19	12,04	15	5	1,79	0,69	1,5	0,4	23,38	19,19	15	5
B	11,69	5,92	10	3	1,12	0,45	0,75	0,4	15,33	11,02	10	3

Tabla 8: Resultados en grupos A y B.

Grupo Calle	ACERA				CALZADA			
	Resultados		Exigencias		Resultados		Exigencias	
	Em (lux)	Emin (lux)	Em (lux)	Emin (lux)	Em (lux)	Emin (lux)	Em (lux)	Emin (lux)
C	8,87	3,39	7,5	1,5	-	-	-	-
D	7,88	4,42	7,5	1,5	8,58	6,1	7,5	1,5
E	10	3	10	3	11,96	4,36	10	3
F	8,38	3,51	7,5	1,5	8,9	2,02	7,5	1,5
G	10,03	5,63	10	3	11,45	3,57	10	3
H	10,76	6,64	10	3	11,45	3,57	10	3
I	10,59	7,67	10	3	11,33	3,74	10	3

Tabla 9: Resultados en resto de viales.

Como se observa en las tablas de resultados anteriores, todas las calles cumplen con las exigencias de iluminación que se requieren.

Cabe destacar que DIALux muestra más resultados además de los que exige la norma como cumplimiento. En las siguientes ilustraciones se observan algunos de ellos.

$$\begin{array}{ccccc}
 E_m \text{ [lx]} & E_{\min} \text{ [lx]} & E_{\max} \text{ [lx]} & E_{\min} / E_m & E_{\min} / E_{\max} \\
 11 & 3.74 & 17 & 0.330 & 0.221
 \end{array}$$

Ilustración 33: Resultados de varios parámetros para la calzada de la calle I

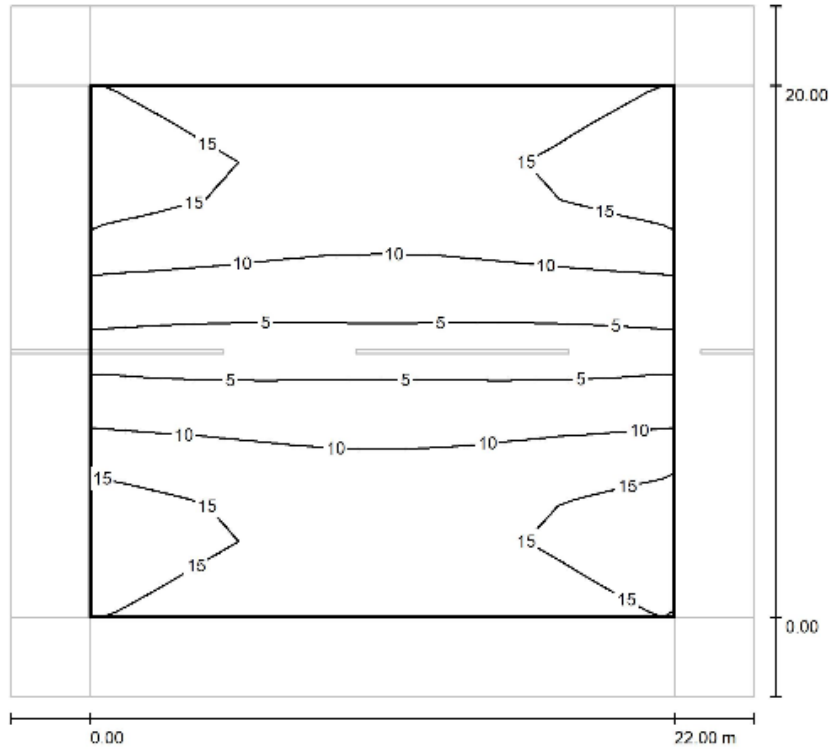


Ilustración 34: Curvas isolux en calzada de la Calle I

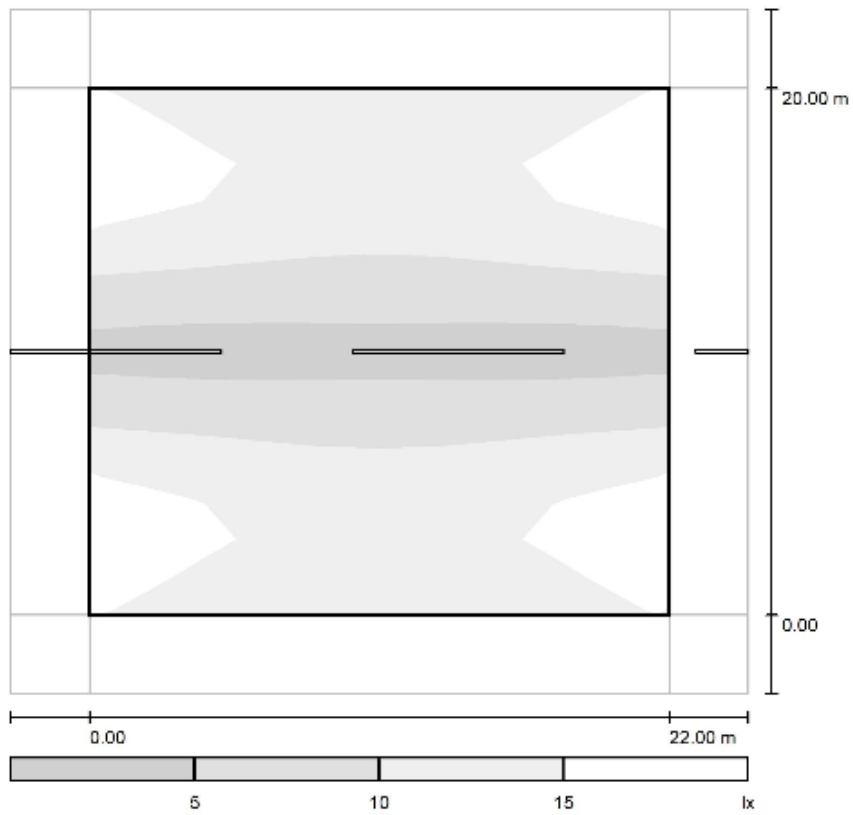


Ilustración 35: Gama de grises en calzada de la Calle I

Las tres ilustraciones mostradas anteriormente detallan de distinto modo los niveles de iluminación que se han obtenido en la calzada de la calle I. En la primera se observan varios de los parámetros de iluminación que se obtienen en este estudio, destaca que los niveles obtenidos en cuanto a la iluminancia media y la iluminancia mínima están por encima de los niveles macados por la normativa. En cuanto a la uniformidad (E_{min}/E_m), esta tiene un valor de 0,330 lo cual es relativamente aceptable, aunque no había ninguna exigencia de normativa al tener una clase de alumbrado S2.

Las siguientes dos ilustraciones muestran la misma información, aunque graficada de forma distinta. La primera de ellas contiene las líneas o curvas isolux, es decir las zonas que están al mismo nivel de iluminancia media, en ella se observa de forma clara como la disposición de las luminarias es de tipo bilateral frente a frente o pareada dado que los mayores niveles de iluminación se obtienen en las cuatro esquinas de la malla tipo de estudio, que es donde están ubicadas cada una de las cuatro luminarias.

La última ilustración muestra la misma información, aunque en forma de escala de grises, es decir, se sombrea de una distinta tonalidad de color gris cada una de las áreas con el mismo nivel de iluminación.

2.9.2 Rotonda calle A

Para el cálculo lumínico de la rotonda se ha empleado en DIALux una escena exterior que se ha diseñado con forma de rotonda, dibujando cada uno de los obstáculos que se encuentran en la misma como árboles. Tras el cálculo se obtienen los siguientes resultados.

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
30	14	48	0.46	0.29

Ilustración 36: Resultados de parámetros de iluminación en la rotonda calle A

Se observa cómo se cumplen los criterios de iluminación establecidos por la normativa, siendo la iluminancia media igual a 30 lux que se exigía como mínimo. En la siguiente ilustración se observa el gráfico con los valores de iluminación en varios puntos de la rotonda.

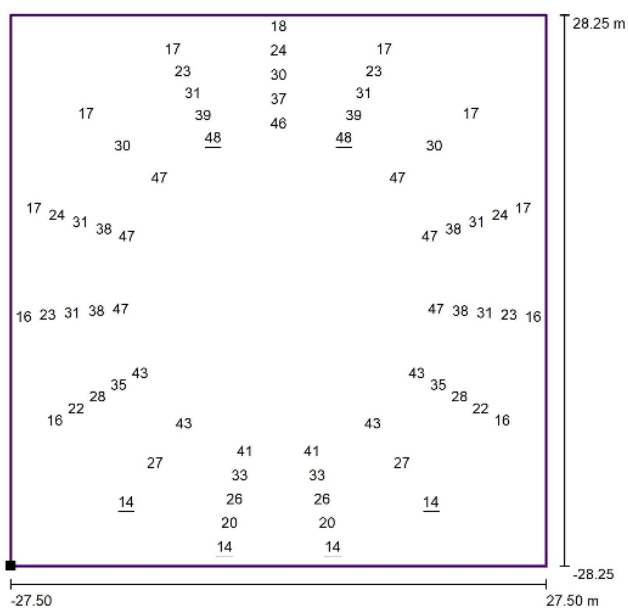


Ilustración 37: Gráfico de valores de iluminancia en la rotonda

2.9.3 Plaza Doctor Torrens

Como se ha comentado en el correspondiente apartado de selección de luminarias para la Plaza Doctor Torrens, se ha realizado un cálculo de la plaza en su totalidad para que las zonas ajardinadas dispongan de los niveles mínimos de iluminación y se dote de cierta seguridad a los viandantes que circulen por las mismas. Tras el cálculo se obtienen los siguientes resultados de iluminación:

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
17	5.86	26	0.34	0.23

Ilustración 38: Resultados de parámetros de iluminación en la Plaza Doctor Torrens

Cabe destacar que el parámetro más restrictivo para realizar este cálculo ha sido el cumplimiento de la iluminancia mínima en todas las zonas del parque, finalmente se obtiene un valor de la misma de 5,86 lux superior a los 5 lux que establece la normativa. Para cumplir con ello se ha tenido que emplear bastantes luminarias con fotometría simétrica.

Los valores de iluminación obtenidos en cada una de las zonas del parque son las que se observan en el gráfico siguiente:

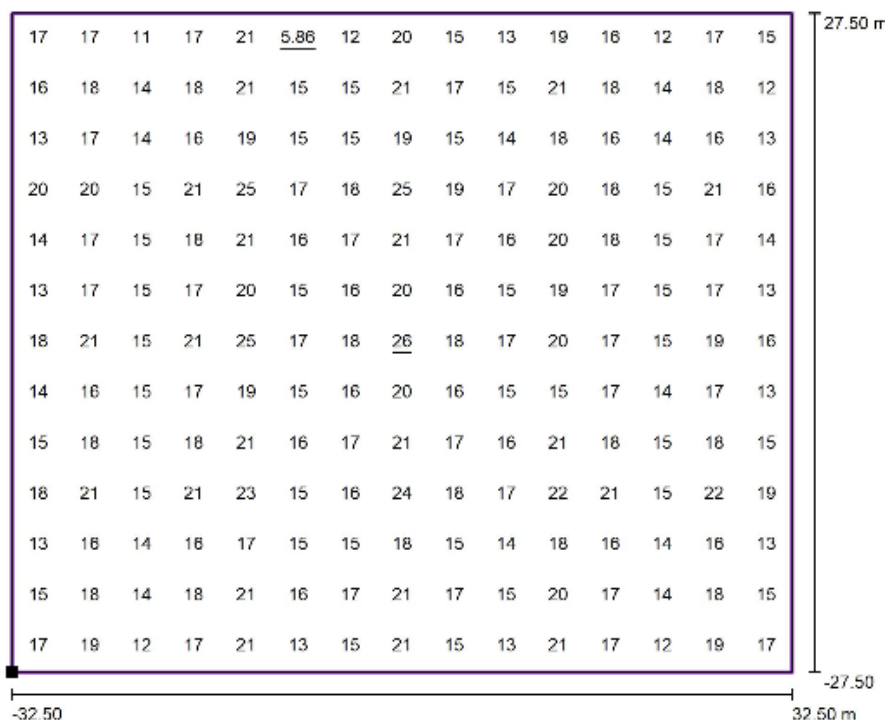


Ilustración 39: Gráfico de valores de iluminancia en la Plaza Doctor Torrens

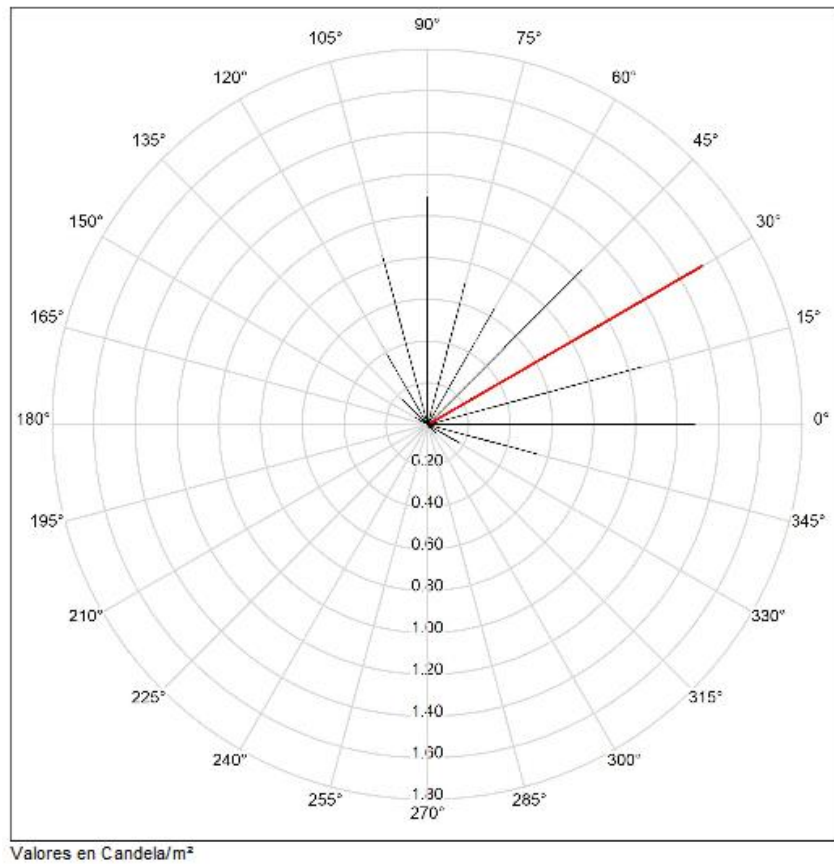
2.9.4 Pista de baloncesto

Tras introducir en el programa de cálculo la disposición y el modelo de luminaria comentada en el apartado de selección de elementos de luminarias se obtienen los siguientes parámetros de iluminación.

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
78	63	131	0.81	0.48

Ilustración 40: Resultados de parámetros de iluminación en la pista de baloncesto

Se observa como la iluminancia media (78lux) es superior a la mínima exigida por la normativa (75 lux) y, sobre todo, como gracias a la disposición de los proyectores adoptada se cumple con las exigencias de uniformidad, siendo la obtenida muy superior a la que exige la norma. En cuanto al grado de deslumbramiento GR (glare rating) se obtiene el siguiente gráfico en el que queda demostrado que se cumple con el valor exigido de 0,55.



En la siguiente ilustración se observa mejor el elevado nivel de uniformidad obtenida en la pista.

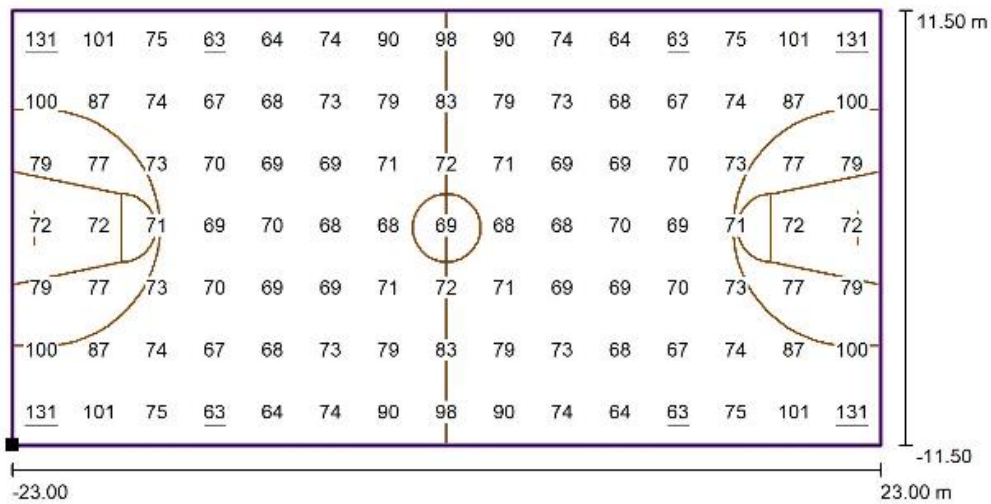


Ilustración 41: Gráfico de valores de iluminancia en la pista

2.10 Eficiencia energética de la instalación

La eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior objeto de este proyecto se calcula teniendo en cuenta la superficie a iluminar, la iluminancia media que aporta en servicio y la potencia eléctrica que consume para dicho fin. Cabe destacar que se realiza la calificación energética de cada uno de los espacios a iluminar en toda la instalación, para poder identificar el punto débil de la

instalación en caso de que hubiera. Esta se calcula siguiendo la ITC-EA-01 del *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*, con la ecuación que sigue:

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

Ecuación 4: Eficiencia energética de la instalación de alumbrado

Donde:

- ε = Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux}/\text{W}$).
- P = Potencia instalada en la zona de análisis considerando equipos auxiliares (W).
- S = superficie iluminada (m^2).
- E_m = Iluminancia media en servicio (lux).

Independientemente del tipo de lámpara, pavimento o geometría que tenga la instalación, esta debe cumplir con las exigencias que la norma establece en la tabla 1 de la ITC-EA-01 (Anexo tabla 8). El objetivo es que la instalación tenga un valor real de eficiencia energética superior al mínimo exigido. En las zonas de estudio se tiene calles y zonas peatonales o parques por lo que cada espacio tiene unas exigencias mínimas de eficiencia energética. Dado que no se dispone de los valores exactos que aparecen en las tablas en cuestión de la ITC-EA-01, se interpola para cada uno de los espacios para conocer el valor mínimo requerido.

Tras obtener la eficiencia energética de la instalación se debe calcular el índice de eficiencia energética (I_ε) de la misma. Para poder calcularlo se debe conocer la eficiencia energética de referencia, la cual viene reflejada en la tabla 3 de la ITC-EA-01 (Anexo tabla 10)

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{real}}{\varepsilon_{ref}}$$

Ecuación 5: Índice de eficiencia energética

Con este valor y siguiendo la tabla 4 de la ITC-EA-01 (Anexo tabla 11) se deduce que la calificación energética de cada uno de los espacios objeto de este proyecto y de la instalación en su conjunto es:

Grupo	Calle	Sup (m2)	Em (lux)	Pot. Total (W)	Eficiencia Energética min ((m ² *lux)/W)	Eficiencia Energética ((m ² *lux)/W)	lε	Calificación energética
A	General Urrutia	15990	23,87	5394	28,322	70,75	2,50	A
A	La Plata	15405	23,87	5220	28,322	70,43	2,49	A
B	Luis Oliag	6345	14,93	1968	23,918	48,14	2,01	A
C	Pepita Samper	8320	8,87	1624	16,192	45,44	2,81	A
P	Plaza Doctor Torrens	4200	17,00	1000	12,6	71,40	5,67	A
D	General Almirante	1120	8,58	312	18,43	30,80	1,67	A
D	Molina	1120	8,58	312	18,43	30,80	1,67	A
E	Rafael Cort	2200	11,96	608	23,684	43,28	1,83	A
D	Dos d'Abril	1610	8,58	416	18,43	33,21	1,80	A
E	Retor	2350	11,96	608	23,684	46,23	1,95	A
E	Salvador Lluch	2150	11,96	608	23,684	42,29	1,79	A
C	Salinar	2240	8,87	448	16,192	44,35	2,74	A
E	Montitxelvo	2500	11,96	684	23,684	43,71	1,85	A
B	Bisbe Jaume Pérez	6885	14,93	2132	23,918	48,21	2,02	A
F	Separadors	5665	8,90	1102	20,01	45,75	2,29	A
G	Pere Aleixandre	6120	11,45	1080	22,83	64,88	2,84	A
B	Penyagolosa	2903	14,93	902	23,918	48,04	2,01	A
E	Granada	4700	11,96	1216	23,684	46,23	1,95	A
F	Vilafermosa	2200	8,90	456	20,01	42,94	2,15	A
F	Sant Jacint Castanyeda	2365	8,90	456	20,01	46,16	2,31	A
F	Finestrat	2310	8,90	456	20,01	45,09	2,25	A
F	Orient	2530	8,90	494	20,01	45,58	2,28	A
H	Escultor José Capuz	3040	11,45	594	21,66	58,60	2,71	A
F	Godofred Ros	1100	8,90	228	20,01	42,94	2,15	A
F	Pedro Ponce de León	1210	8,90	266	20,01	40,48	2,02	A

Grupo	Calle	Sup (m2)	Em (lux)	Pot. Total (W)	Eficiencia Energética min ((m ² *lux)/W)	Eficiencia Energética ((m ² *lux)/W)	Iε	Calificación energética
H	Alcalde Gisbert Rico	8000	11,45	1512	21,66	60,58	2,80	A
I	Arabista Ambrosio Huici	3360	11,33	880	22,24	43,26	1,95	A
I	Oscar Espla	2100	11,33	550	22,24	43,26	1,95	A
I	Hort de Sant Valeri	2730	1,33	660	22,24	5,50	0,25	A
R	Rotonda calle A	2376	30,00	1890	32	37,71	1,18	A
Pista	Pista de baloncesto	1058	78,00	3150	13	26,20	2,02	A

Tabla 10 Calificación energética de la instalación

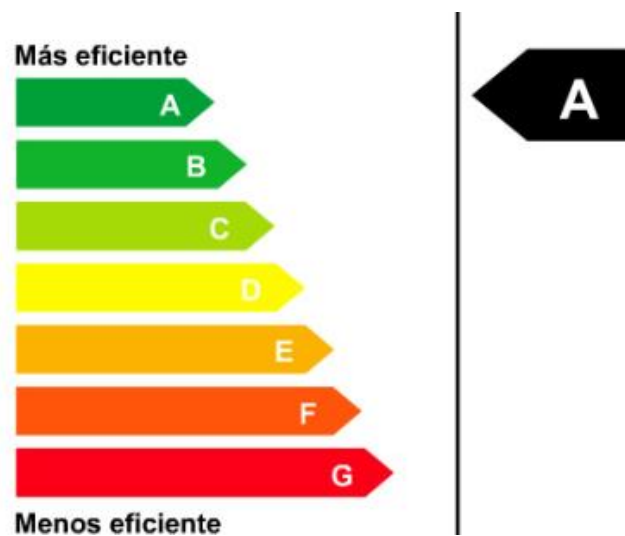


Ilustración 42: Calificación energética de la instalación

2.11 Resplandor luminoso nocturno

Según establece el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*, la contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera y que procede de instalaciones de alumbrado exterior bien sea por emisión directa hacia el cielo o por reflexión de superficies iluminadas. Según la tabla 1 de la ITC-EA-03 (Anexo tabla 11), se puede clasificar la zona objeto de este proyecto como zona E4, es decir como zona de alta luminosidad, al tratarse de un centro urbano con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

El flujo hemisférico superior instalado (FHSInst) se puede definir como el porcentaje de luminancia que la luminaria emite hacia el cielo, es decir, a mayor FHSInst, mayor contaminación lumínica. Como el área de estudio se ha clasificado como zona E4, la tabla 2 de la ITC-EA-03 (Anexo tabla 12) limita el valor del FHSInst al 25%. Para el caso que nos ocupa se cumple sobradamente con estas restricciones puesto que se tiene un FHSInst inferior al 25% que exige la normativa en cada una de las luminarias propuestas.

Para conocer el valor del mismo se puede consultar el catálogo del fabricante de cada una de ellas.

2.12 Resumen

En la siguiente tabla se observa a modo de resumen los resultados del diseño luminotécnico en cada una de las calles, ya no por tipología de calle asociada. Se muestra el modelo de luminaria escogido, las unidades requeridas por calle, la potencia unitaria de cada una de ellas, la superficie iluminada de cada calle, el flujo lumínico de cada lámpara y la iluminancia media obtenida.

Grupo	Calle	Longitud (m)	Sup (m2)	Uds.	Modelo	Flujo lámpara (lm)	Em (lux)
A	General Urrutia	820	15990	62	SCHREDER AXIA 2.2 / 5167 / 48 LEDS 590mA WW / 384852	13196	23,87
A	La Plata	790	15405	60	SCHREDER AXIA 2.2 / 5167 / 48 LEDS 590mA WW / 384852	13196	23,87
B	Luis Oliag	470	6345	48	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162	6097	16,53
C	Pepita Samper	520	8320	58	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 35939S	3984	8,87
P	Plaza Doctor Torrens	-	4200	25	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 500mA NW / 359762	5458	19,00
D	General Almirante	160	1120	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402	3240	10,43
D	Molina	160	1120	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402	3240	10,43
E	Rafael Cort	220	2200	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	4860	16,14
D	Dos d'Abril	230	1610	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402	3240	10,43
E	Retor	235	2350	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	4860	16,14
E	Salvador Lluch	215	2150	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	4860	16,14
C	Salinar	140	2240	16	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 35939S	3984	8,87
E	Montitxelvo	250	2500	18	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	4860	16,14
B	Bisbe Jaume Pérez	510	6885	52	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162	6097	16,53
F	Separadors	515	5665	58	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
G	Pere Aleixandre	360	6120	40	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642	3600	14,83
B	Penyagolosa	215	2903	22	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162	6097	16,53
E	Granada	470	4700	32	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	4860	16,14

Grupo	Calle	Longitud (m)	Sup (m2)	Uds.	Modelo	Flujo lámpara (lm)	Em (lux)
F	Vilafermosa	200	2200	24	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
F	Sant Jacint Castanyeda	215	2365	24	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
F	Finestrat	210	2310	24	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
F	Orient	230	2530	26	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
H	Escultor José Capuz	190	3040	22	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642	3600	13,66
F	Godofred Ros	100	1100	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
F	Pedro Ponce de León	110	1210	14	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	2160	12,01
H	Alcalde Gisbert Rico	500	8000	56	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642	3600	13,66
I	Arabista Ambrosio Huici	160	3360	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642	6336	14,24
I	Oscar Espla	100	2100	10	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642	6336	14,24
I	Hort de Sant Valeri	130	2730	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642	6336	14,24
R	Rotonda calle A	-	2376	6	SCHREDER OMNIstar / 5121 / 144 LEDS 700mA WW / 364832	38448	30,00
Pista	Pista de baloncesto	-	1058	10	SCHREDER OMNIstar / 5121 / 144 LEDS 700mA WW / 364832	38448	78,00

Tabla 11: Resumen del diseño luminotécnico

3 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En este apartado se describe todos los aspectos considerados para el diseño de la instalación eléctrica que alimenta a la instalación de alumbrado diseñada en el apartado 2. Se dimensionan también todos los elementos de protección necesarios para la instalación según establece el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*.

3.1 Potencia eléctrica en la instalación de alumbrado público

Una vez se tiene definido cada elemento consumidor de electricidad en la instalación, se puede conocer la potencia que hay instalada en el cómputo global de la zona de estudio, así como la potencia particular de cada zona. Se considera que únicamente las lámparas son los consumidores de electricidad. En la siguiente tabla se recoge la potencia unitaria de cada luminaria instalada en cada una de las calles, así como la potencia total por calle o zona exterior de estudio.

Calle	Uds	Modelo	Pot. Un (W)	Pot. Total (W)
General Urrutia	62	SCHREDER AXIA 2.2 / 5167 / 48 LEDS 590mA WW / 384852	87	5394
La Plata	60	SCHREDER AXIA 2.2 / 5167 / 48 LEDS 590mA WW / 384852	87	5220
Luis Oliag	48	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162	41	1968
Pepita Samper	58	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 35939S	28	1624
Plaza Doctor Torrens	25	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 500mA NW / 359762	40	1000
General Almirante	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402	26	312
Molina	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402	26	312
Rafael Cort	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	38	608
Dos d'Abril	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402	26	416
Retor	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	38	608
Salvador Lluch	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	38	608
Salinar	16	SCHREDER KAZU / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 35939S	28	448
Montitxelvo	18	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	38	684
Bisbe Jaume Pérez	52	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162	41	2132

Calle	Uds	Modelo	Pot. Un (W)	Pot. Total (W)
Separadors	58	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	1102
Pere Alexandre	40	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642	27	1080
Penyagolosa	22	SCHREDER AXIA 2.1 / 5187 / 24 LEDS 540mA NW / 393162	41	902
Granada	32	SCHREDER AMPERA MINI / 5103 / 24 LEDS 500mA WW / 356562	38	1216
Vilafermosa	24	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	456
Sant Jacint Castanyeda	24	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	456
Finestrat	24	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	456
Orient	26	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	494
Escultor José Capuz	22	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642	27	594
Godofred Ros	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	228
Pedro Ponce de León	14	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642	19	266
Alcalde Gisbert Rico	56	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 350mA WW / 356642	27	1512
Arabista Ambrosio Huici	16	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642	55	880
Oscar Espla	10	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642	55	550
Hort de Sant Valeri	12	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 24 LEDS 700mA WW / 356642	55	660
Rotonda calle A	6	SCHREDER OMNIstar / 5121 / 144 LEDS 700mA WW / 364832	315	1890
Pista de baloncesto	10	SCHREDER OMNIstar / 5121 / 144 LEDS 700mA WW / 364832	315	3150
			TOTAL	37.226

Tabla 12: Potencia eléctrica de la instalación

De la tabla anterior se deduce que la instalación de alumbrado público objeto de este proyecto tiene una potencia eléctrica instalada de 37.226 W o de aproximadamente **37,3 kW**.

3.2 Selección de cuadros de mando

Las instalaciones de alumbrado se controlan desde los cuadros o centros de mando (CM). Las recomendaciones indican que no es conveniente que un CM no supere los 10 kW de potencia instalada, de este modo puede acogerse a las tarifas de 2 Periodos e incluso acogerse a la tarifa con

discriminación horaria para que en horario nocturno (periodo valle) el precio de la energía le resulte más económico a la entidad que lleve la explotación de la instalación. Dado lo anterior y teniendo en cuenta que para el caso que nos ocupa se tiene una instalación de alumbrado público con 37,3 kW eléctricos instalados, se decide dividir la misma en cuatro CM.

Una vez conocida la cantidad de CM necesarios para controlar y proteger la instalación hay que pensar cuidadosamente la ubicación que tendrá cada uno de ellos. Se pretende optimizar la distancia desde el punto más lejano hasta el cuadro de modo que no existan grandes longitudes de cableado, y además, se pretende equilibrar las cargas de cada uno de los circuitos que tenga el cuadro para que no queden circuitos con elevadas secciones de cable y otras con secciones mínimas. Por otro lado, para la selección de los mismos ha habido un criterio extra para determinar la ubicación de los mismos. Se pretende que la totalidad de la calle esté alimentada desde el mismo cuadro, es decir, que no ocurra el caso de que una misma calle objeto de este proyecto venga alimentada por dos o más cuadros de mando.

De este modo, se consigue repartir lo más equitativamente posible las cargas de la instalación de alumbrado público. En la siguiente ilustración se puede observar la ubicación de cada uno de los cuatro CM.



Ilustración 43: Ubicación de los CM

3.3 Dimensionado eléctrico

3.3.1 Aparata y protecciones

Según establece el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* en la ITC-BT-22, se emplean interruptores automáticos para la protección de las líneas frente a cortocircuitos y frente a sobrecargas que pudieran darse.

Para proteger de forma correcta a una línea frente a las sobrecargas, se debe tener un interruptor automático con intensidad nominal (I_N) inferior a la máxima admisible por el conductor (I_Z), pero superior a la intensidad que circula por el mismo (I_B). Por tanto, la condición que se debe cumplir es la que sigue:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Ecuación 6: Primera condición para protección frente a sobrecargas

Existe una segunda condición y no menos importante que la primera en la que se explica que la intensidad de disparo del interruptor automático para un tiempo largo ha de ser inferior a 1,45 veces la intensidad admisible del conductor:

$$I_t \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Ecuación 7: Segunda condición para protección frente a sobrecargas

Para asegurar la protección frente a cortocircuitos el poder de corte del interruptor automático debe tener un valor superior a la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{CU} \geq I_{cc,max}$$

Ecuación 8: Condición para protección frente a cortocircuitos

Además, el interruptor automático debe actuar frente a la intensidad mínima de cortocircuito en un tiempo inferior a 5 segundos.

3.3.2 Conductores

Según establece el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* en la ITC-BT-09, los cables deben ser multipolares o unipolares, con conductores de cobre flexible y tensión asignada de 0,6/1 kV. Asimismo, el conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro no puede ser utilizado por otro circuito del mismo.

Para el diseño de los conductores hay que tener en consideración los dos siguientes aspectos:

- La intensidad que circula por la línea o que puede llegar a circular de forma puntual (I) no debe superar en ningún momento la intensidad máxima admisible por el conductor (I_Z).
- La caída de tensión máxima en la línea ha de ser inferior al 3%.

Por norma general, la máxima caída de tensión se dará en el punto de consumo más alejado del CM o acometida eléctrica.

3.3.3 Envoltorio del centro de mando

Según establece el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* en la ITC-BT-09, la envoltorio del cuadro debe proporcionar un grado de protección mínima IP55 y debe disponer de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, teniendo la puerta de acceso ubicada a una altura comprendida entre 0,3 y 2 m de altura sobre el suelo. Los elementos de medida como pueda ser un contador de la compañía deben estar ubicados en un módulo independiente. Además, todas las partes metálicas del cuadro deben ir conectadas al electrodo de tierra.

3.3.4 Contactos indirectos y puesta a tierra

El contacto indirecto es el contacto de una persona con partes que se han puesto bajo tensión debido a un fallo de aislamiento, para que exista un contacto indirecto se debe producir una ruptura del aislamiento de los conductores y que además se haya puesto en contacto con una parte metálica o conductora del soporte que en condiciones normales carece de tensión. Cuando esto ocurre, circula una corriente de defecto que puede llegar a ser peligrosa si se supera la tensión límite de seguridad.

Tal y como establece la ITC-BT-09 del *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*, se debe instalar al menos un electrodo de puesta a tierra cada cinco soportes de luminarias teniendo en cuenta que se debe instalar también uno en el primer y último soporte de cada línea para que la resistencia a tierra con mayor valor evite que se puedan generar tensiones de contacto superiores a 24 V. La resistencia de puesta a tierra no debe sobrepasar en ninguno de los casos el valor máximo de 30 Ω según establece el reglamento. Además, los conductores irán aislados, con cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima de 16 mm² para redes subterráneas.

Por otro lado, se instalarán interruptores diferenciales con una sensibilidad de al menos 300 mA, pudiendo aumentar dicho valor hasta 500 mA en caso de que la resistencia de puesta a tierra sea menor o igual a 5 Ω o hasta 1000 mA para un valor de resistencia de tierra de 1 Ω .

Para proteger a las personas ante esta situación, las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias y del cuadro de protección, medida y control estarán conectadas a tierra, así como las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior, y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente.

Las picas se hincarán a tierra cuidadosamente en el fondo de las arquetas, de manera que la parte superior de la pica sobresalga en 20 cm. de la superficie superior del lecho de gravas. Se unirán equipotencialmente las masas y elementos conductores que puedan ser accesibles simultáneamente, utilizando el criterio que se expone en el reglamento

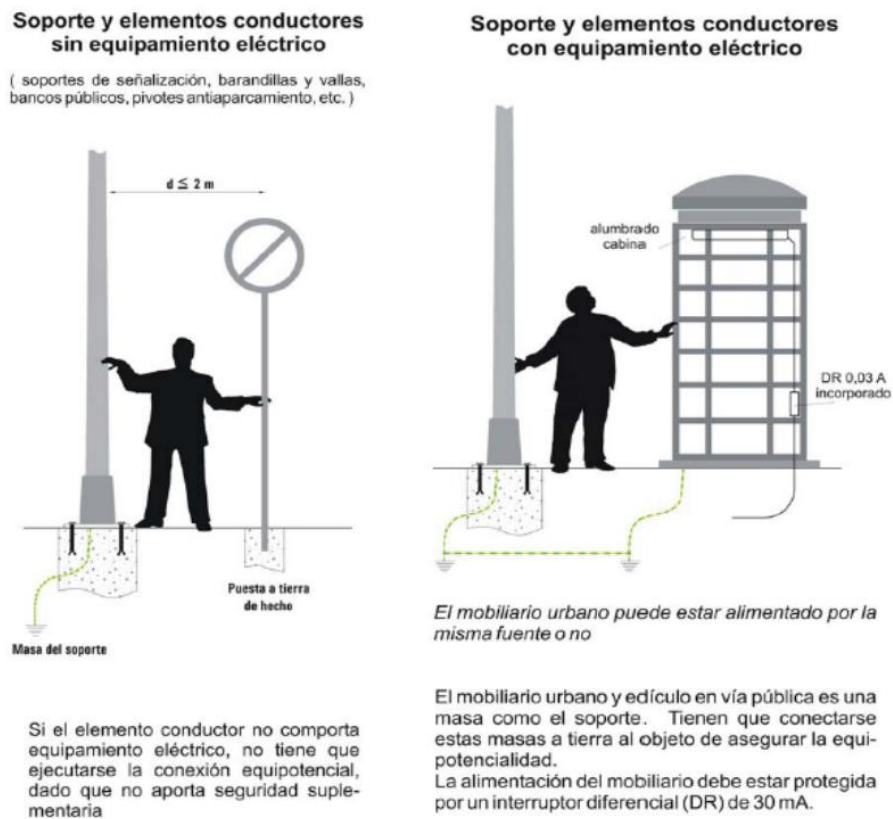


Ilustración 44: Conexión de la puesta a tierra de la instalación

3.3.5 Resultados dimensionado eléctrico

Para la realización de los cálculos eléctricos se ha empleado el software de cálculo CYPE Ingenieros, concretamente el módulo Cypelec, en el cual se dimensiona los conductores y protecciones eléctricas de cada centro de mando y de las respectivas líneas que van hacia cada uno de los puntos de consumo de la instalación de alumbrado público. El software de cálculo realiza el dimensionado considerando cada una de las condiciones que se establecen en el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*.

La solución obtenida para cada uno de los cuatro centros de mando se observa en el apartado de planos, donde se tiene un plano unifilar para cada uno de ellos. No obstante, en este apartado se describe con mayor detalle el dimensionado de los conductores y las protecciones de las líneas que parten desde el centro de mando 2, mostrando las comprobaciones que realiza el programa. Siguiendo todos los criterios de dimensionado que se han establecido en los apartados anteriores, se calculan las siguientes líneas eléctricas.

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I _B (A)	c.d.t (%)
General	T	8.82	1.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	12.7	0.02
La Plata	T	1.04	450.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	1.5	0.58
La Plata	T	1.04	450.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	1.5	0.58
La Plata	T	1.04	450.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	1.5	0.58
La Plata	T	1.04	350.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	1.5	0.45
La Plata	T	1.04	350.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	1.5	0.45
Alcalde Gisbert Rico	T	1.51	600.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	2.2	1.11
Hort Sant Valeri	T	0.66	400.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	1.0	0.32
Ambrosio Huici / Oscar Espla	T	1.43	350.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	57.6	2.1	0.61

Tabla 13: Dimensionado de las líneas. CM 2.

Como se observa en los resultados mostrados en la anterior tabla se dispone de hasta 5 circuitos para abastecer el alumbrado de la avenida La Plata puesto que se trata de una calle con elevada potencia instalada (hasta 5 kW frente a los casi 9 kW que hay instalados en el cuadro). Por otro lado, hay una línea para abastecer dos calles como son Ambrosio Huici y Oscar Espla. Para favorecer la disminución de caída de tensión, las líneas se diseñan en disposición trifásica. En la tabla se observan otros resultados de interés como son la longitud de cada línea, la intensidad admisible por el cable, la intensidad que circula por el mismo, así como la máxima caída de tensión.

Cabe aclarar la nomenclatura empleada para cada línea. Todas las líneas de este cuadro son de misma sección (la mínima exigida) y disposición de conductores: RZ1 0.6/1 kV 4x6 + 1 G 16. RZ1 es el tipo de conductor y aislamiento, que es de polietileno reticulado, 0,6/1 kV es la tensión de aislamiento, 4x6 + G 16 significa que está constituido por 5 cables 3 fases, 1 neutro y 1 cable de tierra, con secciones de 6 mm² para fases y neutro y de 16 mm² para el conductor de tierra.

En cuanto a los equipos de protección frente a sobrecargas se instalan los que siguen en cada una de las líneas del CM2. Se observa que para todas las líneas se satisfacen las dos condiciones de los equipos de protección frente a sobrecargas.

Esquemas	Protecciones	Iz (A)	It (A)	1.45 x Iz (A)	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc max Icc min (kA)	Tcable cc max Tcable cc min (s)	Tp cc max Tp cc min (s)
Esquema eléctrico	IEC60269 gL/gG	57.6	25.6	83.5	100.0	100.0	5.0	< 0.1	-
	In: 16 A; Un: 400 V; Icu: 100 kA; Tipo gL/gG						2.3	0.14	0.02
	ABB S270 Curva B		23.2		10.0	7.5			
	In: 16 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3								
La Plata	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.1	>= 5	0.10
La Plata	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.1	>= 5	0.10
La Plata	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.1	>= 5	0.10
La Plata	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.1	>= 5	0.10
Alcalde Gisbert Rico	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.0	>= 5	0.10
Hort Sant Valeri	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.1	>= 5	0.10
Ambrosio Huici / Oscar Espla	ABB S270 Curva B	57.6	8.7	83.5	10.0	7.5	4.6	< 0.1	-
	In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 10 kA; Tipo B; Categoría 3						0.1	>= 5	0.10

Tabla 14: Dimensionado de los equipos de protección frente sobrecargas y cortocircuitos. CM 2.

Se han empleado equipos con intensidades nominales adecuadas a los circuitos a los que protegen. Los interruptores automáticos son de curva B puesto que protegen una instalación de alumbrado con tecnología LED en la que no existen elevados picos de arranque de intensidad y además, protegen y actúan con mayor eficacia y rapidez frente a intensidad de cortocircuito mínima.

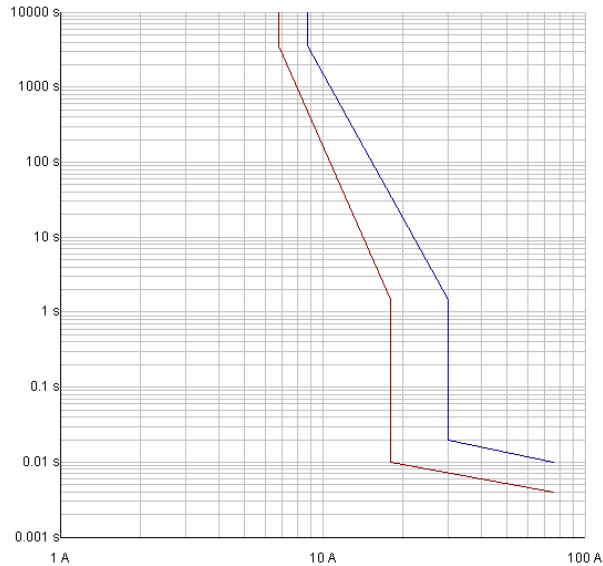


Ilustración 45: Curva de disparo del interruptor automático

En cabecera de la línea se ubica el fusible IEC60269 gL/gG que tiene un poder de corte de hasta 100 kA capaz de proteger a toda la instalación frente a cortocircuitos.

En cuanto a los elementos de protección frente a contactos indirectos, de la tabla que sigue se observa como la intensidad de defecto que se produciría si alguna persona tocara una parte metálica en tensión de forma accidental, el interruptor diferencial actuaría puesto que el valor de intensidad es superior a la intensidad de no disparo.

Esquemas	Protecciones	I_{def} (A)	Sensibilidad (A)	$I_{\text{nodisparo}}$ (A)	I_{fugas} (A)
Esquema eléctrico	IEC60947 Selectivos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.107
La Plata	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.014
La Plata	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.014
La Plata	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.014
La Plata	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.011
La Plata	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.011
Alcalde Gisbert Rico	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.019
Hort Sant Valeri	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.013
Ambrosio Huici / Oscar Espla	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	32.985	0.300	0.150	0.011

Tabla 15: Dimensionado de los equipos de protección frente a contactos indirectos. CM 2.

Cabe destacar que, dado que se trata de una instalación exterior, emplear interruptores diferenciales con sensibilidades de 30 mA resultaría muy arriesgado, pues cualquier fuga común que pueda ocurrir supera con creces los 15 mA. Por ello, se dimensiona toda la instalación con diferenciales de 300 mA de sensibilidad. Además, para que las protecciones frente a contactos indirectos actúen de forma eficaz, se debe garantizar la selectividad del interruptor diferencial situado en la sección del general del cuadro de mando, es decir, se diseña la instalación para que actúen, en caso de ser necesario, previamente las protecciones situadas aguas abajo. De este modo, no se quedaría abierto el circuito general y, por consiguiente, todos los circuitos (dejando sin alumbrado a toda la zona) por una pequeña derivación aislada en una de las líneas.

3.4 Obra civil

3.4.1 Zanja

Quando se instale la línea de forma enterrada, los conductores irán en el interior de un tubo de PVC de 50 mm de diámetro. El tubo irá alojado en una zanja de a una profundidad mínima de 40 cm del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo. Se colocará una cinta de señalización que advierta la existencia de cables de alumbrado exterior, situado a una distancia de 10 cm. del suelo y 25 cm. del

tubo. Cuando la canalización discorra por calzadas se hormigonarán los tubos y se instalará un tubo de reserva.

El fondo de la zanja se dejará limpio de piedras y cascotes, colocando el tubo de P.V.C. correspondiente, en una cama de arena, para posteriormente rellenar la zanja con productos de aportación seleccionados hasta su relleno total, compactándolo por tongadas no superiores a 15 cm.

3.4.2 Arquetas

Se ejecutarán las arquetas al objeto de realizar los cambios de dirección en las canalizaciones subterráneas y las derivaciones a los soportes. Se dispone al pie de cada uno de ellos, arquetas de registro de 40 x 40 cm. y al menos, 60 cm. de profundidad, de paredes de hormigón H- 150. Las arquetas irán dotadas de marco y tapa de acero fundido de la forma y dimensiones que se pueden observar en el plano correspondiente. Se realizarán de forma que se evite que el agua pueda entrar en ella y su drenaje sea rápido, para ello se utilizara un lecho de grava gruesa.

4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Presupuesto de ejecución material

1 Obra civil	193.404,30 €
2 Instalación eléctrica	223.827,62 €
3 Instalación luminotécnica	599.156,40 €
4 Control de calidad	7.672,16 €
5 Gestión medioambiental	19.251,96 €
6 Seguridad y salud	9.505,80 €
Total:	1.052.818,24 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de UN MILLÓN CINCUENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.

5 CONCLUSIÓN

Tras haber realizado el diseño preliminar, la selección de luminarias con sus correspondientes ópticas y potencias para cada uno de los espacios a iluminar y mostrar los resultados se puede llegar a la conclusión de que se ha diseñado una buena instalación de alumbrado público.

Para el diseño de la instalación de iluminación de cada vial se ha buscado siempre la fotometría óptima de la luminaria para poder cumplir con los niveles de iluminación minimizando la potencia eléctrica consumida por el equipo. De este modo, se ha buscado ópticas que se adaptan a distribuciones al tresbolillo, a distribuciones unilaterales, en bilateral pareado e incluso distribuciones simétricas para alumbrar espacios verdes o plazas.

Dada la tecnología actual que se tiene en cuanto a los productos que emiten fuentes luminosas, principalmente luminarias LED, se obtienen unos elevados flujos lumínicos con escasas potencias. Este hecho es fácilmente demostrable teniendo en cuenta que antiguamente se empleaban lámparas de tecnología de vapor de sodio con potencias de hasta 250 W para iluminar calles que en este proyecto han sido diseñadas con tecnología LED y potencias entorno a los 30-70 W y que además, cumplen satisfactoriamente con los niveles mínimos de iluminación que establece el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*.

Cabe destacar que gracias a la reducción de las potencias eléctricas que consumen los equipos de iluminación, se ve favorecida la calificación energética de la instalación, cumpliendo sobradamente y con creces las exigencias requeridas para obtener la clase A. Esto es un claro indicador de que el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* debería actualizar los requerimientos en cuanto a calificación energética puesto que actualmente al diseñar una instalación de alumbrado exterior con tecnología LED lo normal es que obtenga una calificación energética A.

En cuanto a la instalación eléctrica y volviendo otra vez a lo anterior, todas las líneas se han diseñado con una sección de 6 mm², que coincide exactamente con el mínimo exigido por el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*, por lo que es también un claro indicador de la baja potencia que consumen las luminarias con tecnología a LED.

Por otro lado, se ha diseñado cada cuadro separando de forma modular cada una de las calles para que en caso de que existiera alguna derivación o algún fallo en el aislamiento y actuara alguna protección, no se quede sin iluminación toda la zona que abastece el centro de mando. Además, las avenidas o calles con potencias superiores a 1 kW son abastecidas eléctricamente con distintos circuitos múltiples de 1 kW y con las luminarias conectadas de forma salteada para que en caso de actuar alguna protección se quede sin iluminación pequeñas zonas de forma salteada y no un tramo de calle en su totalidad.

Por último, tras haber diseñado toda la instalación y, conocidas todas las mediciones, se presupuesta un importe que asciende a la cantidad de 1.052.818,24 €. A priori parece una elevada inversión, principalmente debido al coste de las luminarias con tecnología LED, aunque cabe destacar que emplear este tipo de iluminación aporta elevados ahorros en términos energéticos, así como un elevado ciclo de vida, disminuyendo los costes en reparaciones y mantenimiento.

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO PARCIAL 1: OBRA CIVIL

1.1	U02CZE030	M3	Excavación en zanja en terreno de tránsito, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
				8.425,000	0,400	0,800	2.696,000	
							2.696,000	2.696,000
			Total m3 :		2.696,000	7,58 €		20.435,68 €
1.2	U03CHC010	M3	Hormigón en masa HM-20/P/40/I, de 20 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 40 mm. y ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE-08 y DB-SE-C.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
				8.425,000	0,400	0,400	1.348,000	
							1.348,000	1.348,000
			Total m3 :		1.348,000	76,02 €		102.474,96 €
1.3	U04CF010	T.	Mezcla bituminosa en frío tipo AF-20 en capa de rodadura o intermedia, con áridos con desgaste de Los Ángeles < 25, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto emulsión.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
				8.425,000	0,400	0,400	1.348,000	
							1.348,000	1.348,000
			Total t. :		1.348,000	12,52 €		16.876,96 €
1.4	U04AOH030	M2	Pavimento de loseta hidráulica, 4 pastillas, color de 20x20 cm., sentada con mortero 1/6 de cemento (tipo M-5), i/p.p. de junta de dilatación, enlechado y limpieza.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
				8.425,000	0,400		3.370,000	
							3.370,000	3.370,000
			Total m2 :		3.370,000	15,91 €		53.616,70 €
							Parcial nº 1 Obra civil:	193.404,30 €

PRESUPUESTO PARCIAL 2: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1	U06BCCB010	M.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x6) mm ² . con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=50 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.				
				Uds.	Largo	Ancho	Parcial Subtotal
					13.010,000		13.010,000
							13.010,000 13.010,000
				Total m. :	13.010,000		16,06 € 208.940,60 €
2.2	U008EV020	Ud	Cuadro de mando para alumbrado público, para 7 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1.000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 2 contactores,1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 interruptor diferencial para protección del circuito de mando; incluso célula fotoeléctrica y reloj con interruptor horario. Totalmente conexionado y cableado.				
				Total ud :	1,000		3.435,66 € 3.435,66 €
2.3	U008EV030	Ud	Cuadro de mando para alumbrado público, para 8 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1.000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 2 contactores,1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 interruptor diferencial para protección del circuito de mando; incluso célula fotoeléctrica y reloj con interruptor horario. Totalmente conexionado y cableado.				
				Total ud :	2,000		3.738,67 € 7.477,34 €
2.4	U008EV040	Ud	Cuadro de mando para alumbrado público, para 9 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1.000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 2 contactores,1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 interruptor diferencial para protección del circuito de mando; incluso célula fotoeléctrica y reloj con interruptor horario. Totalmente conexionado y cableado.				
				Total ud :	1,000		3.974,02 € 3.974,02 €
				Parcial nº 2 Instalación eléctrica:			223.827,62 €

PRESUPUESTO PARCIAL 3: INSTALACIÓN LUMINOTÉCNICA

3.1	U08EEC020	Ud	Columna recta galvanizada y pintada de 4 m. Totalmente instalada, incluyendo accesorios, conexionado y anclaje sobre cimentación.	Total ud :	74,000	202,26 €	14.967,24 €
3.2	U08EEC030	Ud	Columna recta galvanizada y pintada de 5 m. Totalmente instalada, incluyendo accesorios, conexionado y anclaje sobre cimentación.	Total ud :	25,000	209,06 €	5.226,50 €
3.3	U08EEC040	Ud	Columna recta galvanizada y pintada de 6 m. Totalmente instalada, incluyendo accesorios, conexionado y anclaje sobre cimentación.	Total ud :	442,000	218,54 €	96.594,68 €
3.4	U08EEC050	Ud	Columna recta galvanizada y pintada de 8 m. Totalmente instalada, incluyendo accesorios, conexionado y anclaje sobre cimentación.	Total ud :	128,000	234,50 €	30.016,00 €
3.5	U08EEC060	Ud	Columna recta galvanizada y pintada de 9 m. Totalmente instalada, incluyendo accesorios, conexionado y anclaje sobre cimentación.	Total ud :	122,000	248,40 €	30.304,80 €
3.6	U08EEC070	Ud	Columna recta galvanizada y pintada de 12 m. Totalmente instalada, incluyendo accesorios, conexionado y anclaje sobre cimentación.	Total ud :	39,000	298,40 €	11.637,60 €
3.7	U08ELM020	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5103, 24 módulos LED integrados, 500 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	98,000	478,66 €	46.908,68 €
3.8	U08ELM030	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5167, 48 módulos LED integrados, 590 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	122,000	523,98 €	63.925,56 €
3.9	U08ELM040	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5112, 16 módulos LED integrados, 500 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	40,000	473,51 €	18.940,40 €
3.10	U08ELM050	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5136, 24 módulos LED integrados, 350 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	118,000	483,81 €	57.089,58 €
3.11	U08ELM060	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5136, 24 módulos LED integrados, 700 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	38,000	506,47 €	19.245,86 €
3.12	U08ELM070	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5136, 8 módulos LED integrados, 700 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	182,000	436,43 €	79.430,26 €
3.13	U08ELM080	Ud	Luminaria LED de tipo vial con óptica 5187, 24 módulos LED integrados, 540 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	122,000	481,75 €	58.773,50 €
3.14	U08ELM090	Ud	Luminaria LED de tipo ambiental con óptica 5119, 24 módulos LED integrados, 500 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	25,000	565,18 €	14.129,50 €
3.15	U08ELM100	Ud	Luminaria LED de tipo ambiental con óptica 5119, 24 módulos LED integrados, 350 mA de intensidad, totalmente equipada e instalada.	Total ud :	74,000	579,60 €	42.890,40 €

3.16 U08ELM0110 **Ud** Proyector LED de altas exigencias con óptica 5121, 144 módulos LED integrados, 700 mA de intensidad, totalmente equipado e instalado.

Total ud :	16,000	567,24 €	9.075,84 €
-------------------	---------------	-----------------	-------------------

Parcial nº 3 Instalación luminotécnica:			599.156,40 €
---	--	--	---------------------

PRESUPUESTO PARCIAL 4: CONTROL DE CALIDAD

4.1	C06EI050b	Ud	Medida de magnitudes luminotécnicas según proyecto.				
				Total ud :	50,000	97,36 €	4.868,00 €
4.2	C02FF060	Ud	Ensayo estadístico del hormigón para la determinación de la resistencia estimada de una cimentación de un volumen no superior a 50 m3 para un control a nivel normal; incluso emisión del acta de resultados.				
				Total ud :	2,000	168,76 €	337,52 €
4.3	C06EI010	Ud	Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.				
				Total ud :	4,000	64,90 €	259,60 €
4.4	C06EI030	Ud	Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas				
				Total ud :	4,000	64,90 €	259,60 €
4.5	C06EI040	Ud	Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.				
				Total ud :	4,000	64,90 €	259,60 €
4.6	C06EI070	Ud	Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.				
				Total ud :	40,000	32,46 €	1.298,40 €
4.7	C06EI050	Ud	Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas .				
				Total ud :	4,000	97,36 €	389,44 €
				Parcial nº 4 Control de calidad:			7.672,16 €

PRESUPUESTO PARCIAL 5: GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

5.1 G02RRR010 **M** Retirada de residuos mixtos en obra de nueva planta a planta de valorización situada a una distancia máxima de 10 km, formada por: transporte interior, carga, transporte a planta, descarga y canon de gestión. Medido el volumen esponjado.

	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
	4.100,000	0,700	0,300	861,000	
				861,000	861,000
Total m3 :		861,000	22,36 €		19.251,96 €
Parcial nº 5 Gestión medioambiental:					19.251,96 €

PRESUPUESTO PARCIAL 5: SEGURIDAD Y SALUD

6.1	S01C020	Ms Mes de alquiler de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l.; placa turca, placa de ducha y lavabo de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.			
		Total ms :	5,000	236,32 €	1.181,60 €
6.2	S01M110	Ud Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.			
		Total ud :	5,000	100,88 €	504,40 €
6.3	S02V080	Ud Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud :	20,000	4,27 €	85,40 €
6.4	S02S070	Ud Panel direccional reflectante de 60x90 cm., con soporte metálico, amortizable en cinco usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y montaje. s/ R.D. 485/97.			
		Total ud :	20,000	37,78 €	755,60 €
6.5	S02B050	Ud Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.			
		Total ud :	10,000	7,02 €	70,20 €
6.6	S03CA040	Ud Tapa provisional para arquetas de 80x80 cm., huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablonos de madera de 20x5 cms. armados mediante clavazón, incluso colocación, (amortizable en dos usos).			
		Total ud :	150,000	23,51 €	3.526,50 €
6.7	S03IM040	Ud Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.			
		Total ud :	100,000	1,24 €	124,00 €
6.8	S03IP030	Ud Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.			
		Total ud :	30,000	7,42 €	222,60 €
6.9	S04W060	Ud Vigilancia de la salud obligatoria anual por trabajador que incluye: Planificación de la vigilancia de la salud; análisis de los accidentes de trabajo; análisis de las enfermedades profesionales; análisis de las enfermedades comunes; análisis de los resultados de la vigilancia de la salud; análisis de los riesgos que puedan afectar a trabajadores sensibles (embarazadas, postparto, discapacitados, menores, etc. (Art. 37.3 g del Reglamento de los Servicios de Prevención); formación de los trabajadores en primeros auxilios; asesoramiento al empresario acerca de la vigilancia de la salud; elaboración de informes, recomendaciones, medidas sanitarias preventivas, estudios estadísticos, epidemiológicos, memoria anual del estado de salud (Art. 23 d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales); colaboración con el sistema nacional de salud en materias como campañas preventivas, estudios epidemiológicos y reporte de la documentación requerida por dichos organismos (Art. 38 del Reglamento de los Servicios de Prevención y Art. 21 de la ley 14/86 General de Sanidad); sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la Seguridad Social.			
		Total ud :	50,000	60,71 €	3.035,50 €
Parcial nº 6 Seguridad y salud:					9.505,80 €

Presupuesto de ejecución material

1 Obra civil	193.404,30 €
2 Instalación eléctrica	223.827,62 €
3 Instalación luminotécnica	599.156,40 €
4 Control de calidad	7.672,16 €
5 Gestión medioambiental	19.251,96 €
6 Seguridad y salud	9.505,80 €
Total:	1.052.818,24 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de UN MILLÓN CINCUENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.

ANEXOS

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

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

El titular de la instalación será el responsable de garantizar la ejecución del plan de mantenimiento de la instalación descrito a continuación.

Considerando que las instalaciones objeto de estudio, están implantadas a la intemperie, con el consiguiente riesgo que supone que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, y teniendo en cuenta la función que en materia de seguridad, de las personas y bienes, dichas instalaciones desempeñan, deberá establecerse un correcto mantenimiento, tanto preventivo como correctivo de las mismas, al objeto de conservar sus prestaciones en el transcurso del tiempo.

El fin de un buen mantenimiento en las instalaciones de alumbrado público es controlar las mismas para garantizar, dentro de lo posible, que:

- La contaminación lumínica sea la menor posible.
- Que los rendimientos de los equipos son los correctos.
- Que los equipos y las lámparas sean lo más eficientes que la técnica nos permita.
- Que los reflectores, difusores y cierres de las luminarias estén limpios y por tanto no bajen el rendimiento lumínico.
- Que la eficiencia energética y la calificación del alumbrado sea la correcta.

Mantenimiento Correctivo

El Mantenimiento Correctivo en Instalaciones de Alumbrado Público consiste en la reparación de todas las averías e incidencias del Sistema. Las actuaciones habituales son:

- Sustitución de lámparas.
- Sustitución o reparación de luminarias.
- Sustitución y/o ajuste del Sistema de programación y/o encendido.
- Reparación o sustitución de soportes.
- Sustitución de c/c fusibles en soportes.
- Reparación del aislamiento.

Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo en Instalaciones de Alumbrado Público consiste en la revisión periódica de todos y cada uno de los elementos de la instalación, efectuando tareas necesarias para evitar averías y/o fallos de la misma, antes de que ocurran. Es fundamental siempre comenzar con la relación de un Inventario (número, tipo y ubicación de los puntos de luz, sistemas de control, cuadros eléctricos, planos, etc.) y de un Plan de Mantenimiento, incluyendo la Gestión de recambios. Tareas habituales son:

- Inspección del estado de los soportes (corrosión, anclajes, tapas de registro, etc.).

- Inspección de las luminarias (cajas de conexión eléctricas, amarres, cierres, limpieza).
- Inspección de equipos que regulan el flujo.
- Inspección y comprobación del sistema de programación y/o encendido.
- Inspección del tendido eléctrico (donde sea aéreo).
- Mediciones eléctricas y luminotécnicas.
- Comprobación de los niveles de iluminación de las calles y vías y comparación con los indicados en el Reglamento de Eficiencia Energética y sus ITC's.
- Comprobación de la eficacia de las lámparas y de las luminarias.
- También se realizará un Estudio y análisis de tarifas eléctricas y sus complementos para determinar cuál es la adecuada al uso del alumbrado público.
- Control del consumo de energía reactiva.
- Comprobación de la iluminación ofrecida y su intensidad, comprobando periódicamente el descenso de la eficacia (lm/W) de las lámparas, y el factor de mantenimiento de las luminarias, procurando mantener en lo posible, los aplicados en el proyecto de ejecución.

Mantenimiento de las instalaciones proyectadas y coste asociado

En las instalaciones afectadas en este proyecto no existe hasta la fecha ningún programa de mantenimiento preventivo de iluminación, existiendo tan solo el mantenimiento correctivo de sustitución de equipos defectuosos. Se incluye una tabla con un listado de actuaciones mínimas que deberán llevarse a cabo.

ACTUACIÓN	PERIODICIDAD	COSTE ASOCIADO
<p>LÁMPARAS:</p> <p>Reposición programada de lámparas.</p>	<p>Dependerá de la vida útil de la lámpara instalada. Se procederá al cambio programado una vez superada las horas de funcionamiento indicadas por el fabricante.</p>	<p>Precio unitario por modelo actual o equivalente.</p>
<p>EQUIPOS AUXILIARES:</p> <p>Verificación de sistemas de regulación del nivel luminoso (reguladores de cabecera de línea, balastos de doble nivel, fuentes de alimentación).</p> <p>Reposición masiva de equipos auxiliares (balastos arrancadores y condensadores).</p>	<p>Cada 6 meses.</p> <p>De 8 a 10 años y/o cuando se observe un consumo eléctrico no justificado en la luminaria.</p>	<p>15,89 €/h</p> <p>Precio unitario por modelo actual o equivalente.</p>
<p>LUMINARIAS:</p> <p>Limpieza del sistema óptico y cierre (reflector, difusor).</p> <p>Control de las conexiones y de la oxidación.</p> <p>Control de los sistemas mecánicos de fijación.</p>	<p>De 1 a 2 años.</p> <p>Con cada cambio de lámpara.</p> <p>Con cada cambio de lámpara.</p>	<p>15,89 €/h</p>
<p>CUADROS DE ALUMBRADO</p> <p>Control de sistema de encendido y apagado de la instalación.</p> <p>Revisión del armario.</p> <p>Verificación de las protecciones (interruptores y fusibles).</p> <p>Comprobación de la puesta a tierra.</p>	<p>Cada 6 meses.</p> <p>Una vez al año.</p> <p>Una vez al año.</p> <p>Una vez al año.</p>	<p>15,89 €/h</p>
<p>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</p> <p>Medida de la tensión de alimentación.</p> <p>Medida del factor de potencia.</p> <p>Revisión de las tomas de tierra.</p> <p>Verificación de continuidad de la</p>	<p>Cada 6 meses.</p> <p>Cada 6 meses.</p> <p>Una vez al año.</p> <p>Una vez al año.</p> <p>Una vez al año.</p>	<p>15,89 €/h</p>

ACTUACIÓN	PERIODICIDAD	COSTE ASOCIADO
línea de enlace con tierra. Control del sistema global de puesta a tierra de la instalación. Comprobación del aislamiento de los conductores.	De 2 a 3 años.	
SOPORTES: Control de la corrosión (interna y externa). Control de las deformaciones (viento, choques). Soportes de acero galvanizado (pintado primera vez) Soportes de acero galvanizado (pintado veces sucesivas) Soportes de acero pintado	Una vez al año. Una vez al año. 15 años. Cada 7 años. Cada 5 años.	15,89 €/h 15,89 €/h Precio unitario por modelo actual o equivalente.

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

El plan de mantenimiento será realizado por un instalador autorizado en baja tensión, el cual deberá llevar un registro de operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

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

- El titular de la instalación y la ubicación de esta.
- Empresa encargada del mantenimiento.
- El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación.
- El número de orden de la operación de mantenimiento correctivo
- La fecha de ejecución.
- Las operaciones realizadas y el personal que la realizó.

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

- Consumo energético anual.
- Tiempos reencendido y apagado de los puntos de luz.
- Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia.

- Niveles de iluminación mantenidos.

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

El coste asociado a consumos energéticos dependerá del tipo de tarifa eléctrica contratada en cada uno de los cuadros de mando objeto de este proyecto.

SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN

Las instalaciones de alumbrado exterior estarán en funcionamiento como máximo durante el periodo comprendido entre la puesta de sol (ocaso) y su salida (orto) o cuando la luminosidad ambiente lo requiera.

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.

Tal y como se indica en la ITC-EA-04 del REEIAE, toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

El sistema de telegestión realiza el encendido, apagado, reducción de nivel, etc.

Igualmente, en el punto 6 de la misma ITC-EA-04 del REEIAE, se plantea con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW.

Se configurarán los sistemas de regulación de flujo para reducir los niveles de iluminación hasta un máximo del 50% del valor del servicio normal. Esta reducción máxima del flujo lumínico se podrá alcanzar siempre que la clase de alumbrado lo permita. Es decir, para cada clase de vía, las instalaciones de alumbrado podrán funcionar al 50% del flujo exigido, mientras la iluminancia media cumpla con los requisitos de superar el valor mínimo para la clase de alumbrado con menor exigencia para cada clase de vía.

Por ejemplo, las vías con clase de alumbrado S3, se corresponden con clasificaciones de vías D3/D4 y E1/E2. Como estas clasificaciones de vías la mínima clase de alumbrado que soportan es la S4, únicamente podrá reducirse la iluminancia media de 7,5 lux (S3) a 5 lux (S4).

Además de los sistemas de encendido automáticos, se instala un sistema de accionamiento manual, para poder maniobrar la instalación en caso de avería o reposición de los citados elementos.

Además de las funciones descritas anteriormente, el sistema de telegestión instalado realizará:

- **Accionamiento:** consiste en el encendido y apagado de cada instalación en el horario adecuado con el objetivo de optimizar su funcionamiento. El accionamiento mediante el sistema de telegestión se efectuará de acuerdo con el horario propuesto en el Plan de Operación y que sea aceptado por los Servicios Municipales.
- **Control energético:** consiste en el control de la energía consumida por cada instalación con la adquisición, lectura, y revisión de los datos suministrados por el sistema.
- **Control operativo:** implica la comprobación del encendido y apagado de las instalaciones.

- **Control de puntos de luz:** implica la comprobación del estado de las instalaciones en el horario en que están funcionando, para detectar fallos y puntos de luz fuera de servicio.
- **Control de los centros de mando:** implica la comprobación del estado de las instalaciones en todo momento para detectar cualquier anomalía (funcionamiento fuera del horario normal, sobreconsumos, averías, accesos no permitidos al centro de mando, etc.)
- Análisis de la información suministrada por el sistema de telegestión y desarrollo de acciones correctoras, verificación ante anomalías indicadas por el sistema e información.
- Información a los Servicios Municipales mediante partes en los que se reflejen los trabajos realizados y observaciones pertinentes.

NORMATIVA APLICADA

Las siguientes tablas están contenidas en el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* (Real Decreto 1980/2008 de 14 de noviembre de 2008).

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 1: Clasificación de las vías según velocidad del tráfico rodado. ITC-EA-02

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. Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
	<ul style="list-style-type: none"> Carreteras locales en áreas rurales. 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 2: Clase de alumbrado para vías tipo B. ITC-EA-02

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

^(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 3: Clase de alumbrado para vías tipo C y D. ITC-EA-02

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
E1	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal	CE1A / CE2 / S1 S2 / S3 / S4
	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal	

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 4: Clase de alumbrado para vías tipo E. ITC-EA-02

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_0 [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_{-1} [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

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

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

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

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

Tabla 5: Requerimientos de iluminación para Series ME. ITC-EA-02

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

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

Tabla 6: Requerimientos de iluminación para Series S. ITC-EA-02

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media <i>E_m</i> (lux) [mínima mantenida ⁽¹⁾]	Uniformidad Media <i>U_m</i> [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

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

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

Tabla 7: Requerimientos de iluminación para Series CE. ITC-EA-02

Iluminancia media en servicio <i>E_m</i> (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
≤ 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 8: Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial. ITC-EA-01

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

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

Tabla 9: Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado ambiental. ITC-EA-01

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia E_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia E_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

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

Tabla 10: Valores de eficiencia energética de referencia. ITC-EA-01

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

Tabla 11: Calificación energética de una instalación de alumbrado. ITC-EA-01

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Tabla 12: Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa. ITC-EA-03

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

Tabla 13: Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa. ITC-EA-03

Nivel de competición	Clase de alumbrado		
	I	II	III
Internacional y nacional	*		
Regional	*	*	
Local	*	*	*
Entrenamiento		*	*
Recreativo/deportes escolares (Educación física)			*

Tabla 14: Selección de la clase de alumbrado. UNE EN 12193:2007.

Deporte		Tabla	Grupo CTV
Aeróbic	Interior	A.3	B
Artes marciales	Interior	A.2	B
Atletismo (todas las actividades)	Interior	A.3	A
	Exterior	A.13	A
Bádminton	Interior	A.1	B
Bandy	Exterior	A.19	C
Béisbol	Exterior	A.14	B
Baile (aeróbic/mantenimiento)	Interior	A.3	B
Baloncesto	Interior	A.2	B
	Exterior	A.21	B
Balonmano	Interior	A.2	B
	Exterior	A.21	B
Billar	Interior	A.11	A
Bobsleigh, Luge y Tobogán	Exterior	A.28	
Boccia (petanca paralímpica)	Interior	A.8	A
	Exterior	A.20	A
Bolos (10 bolos/9 bolos)	Interior	A.5	A
Bolos (plano y corto)	Interior	A.9	A
Boules	Interior	A.8	A
	Exterior	A.20	A
Boxeo	Interior	A.10	C

Tabla 15: Lista de deportes. UNE EN 12193:2007.

Exterior		Área de referencia		Números de puntos de la parrilla		
		Longitud m	Anchura m	Longitud	Anchura	
Baloncesto	PA:	28	15	13	7	
	TA:	32	19	15	9	
Balonmano	PA:	40	20	15	7	
	TA:	44	27,5	15	9	
Fistball	PA:	50	20	17	7	
	TA:	66	32	17	9	
Floorball	PA:	40	20	15	7	
	TA:	43	22	15	7	
Fútbol	PA:	100 a 110	64 a 75	19 a 21	13 a 15	
	TA:	108 a 118	72 a 83	21	13 a 15	
Fútbol americano	PA:	110 a 117,5	55	21	9 a 11	
Juego de la soga (tug of war)	PA:	–	–	–	13 a 15	
Netball	PA:	30,5	15,3	13	7	
	TA:	37,5	22,5	15	9	
Rugby	PA:	144	69	23	11	
	TA:	154	79	23	11	
Voleibol	PA:	24	15	13	9	
Voley playa	PA:	(véase la nota)		(véase la nota)		
Clase	Iluminancia horizontal				GR	R _a
	\bar{E}_m lx	E_{min}/\bar{E}_m				
I	500	0,7			50	60
II	200	0,6			50	60
III	75	0,5			55	20

NOTA Para la Clase I, la competición internacional a máximo nivel puede justificar una superficie de 34 m × 19 m para el área principal (PA). El número de puntos de parrilla correspondiente es entonces de 15 × 9.

Tabla 16: Exigencias de iluminación instalaciones deportivas A.21. UNE EN 12193:2007.

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

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

Tabla 17: Exigencias de iluminación instalaciones deportivas A.21. UNE EN 12193:2007.

RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS

Se muestra en este anexo los resultados luminotécnicos que genera el programa de cálculo DIALux para solo una única calle, puesto que si se mostraran los resultados de todas ellas se cubriría con exceso la extensión de este proyecto académico.

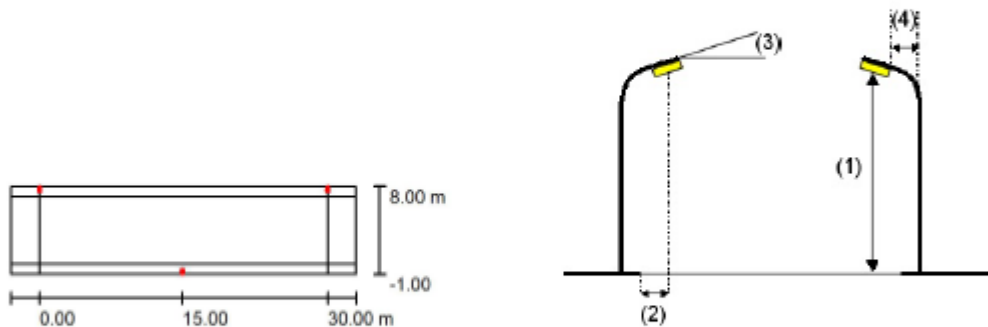
Calle D / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2 (Anchura: 1.000 m)
 Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
 Camino peatonal 1 (Anchura: 1.000 m)

Factor mantenimiento: 0.75

Disposiciones de las luminarias

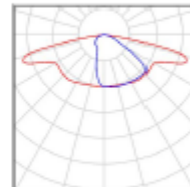


Luminaria: SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402
 Flujo luminoso (Luminaria): 2258 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3240 lm
 Potencia de las luminarias: 26.0 W
 Organización: bilateral desplazado
 Distancia entre mástiles: 30.000 m
 Altura de montaje (1): 6.000 m
 Altura del punto de luz: 6.000 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.570 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

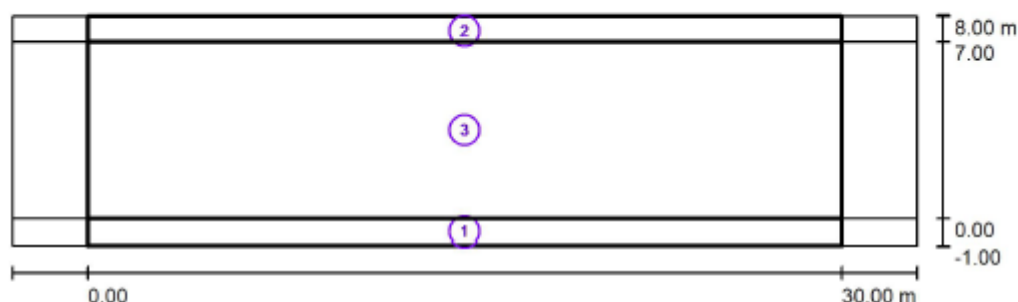
Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 352 cd/klm
 con 80°: 197 cd/klm
 con 90°: 0.00 cd/klm
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
 Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G1.
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.5.

Calle D / Lista de luminarias

SCHREDER AMPERA MINI / 5112 / 16 LEDS 500mA WW / 356402
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 2258 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 3240 lm
 Potencia de las luminarias: 26.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 37 70 95 100 69
 Lámpara: 1 x 16 LEDS 500mA WW (Factor de corrección 1.000).



Calle D / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.75

Escala 1:258

Lista del recuadro de evaluación

1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 1.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES6 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]
Valores reales según cálculo:	7.88	4.42
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 30.000 m, Anchura: 1.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES6 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]
Valores reales según cálculo:	7.88	4.42
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Recuadro de evaluación Calzada 1

Longitud: 30.000 m, Anchura: 7.000 m

Trama: 10 x 5 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Clase de iluminación adicional ES: ES6 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{min} (semicil.) [lx]
Valores reales según cálculo:	8.58	6.10	2.34
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 1.50	≥ 1.50
Cumplido/No cumplido:	✓	✓	✓

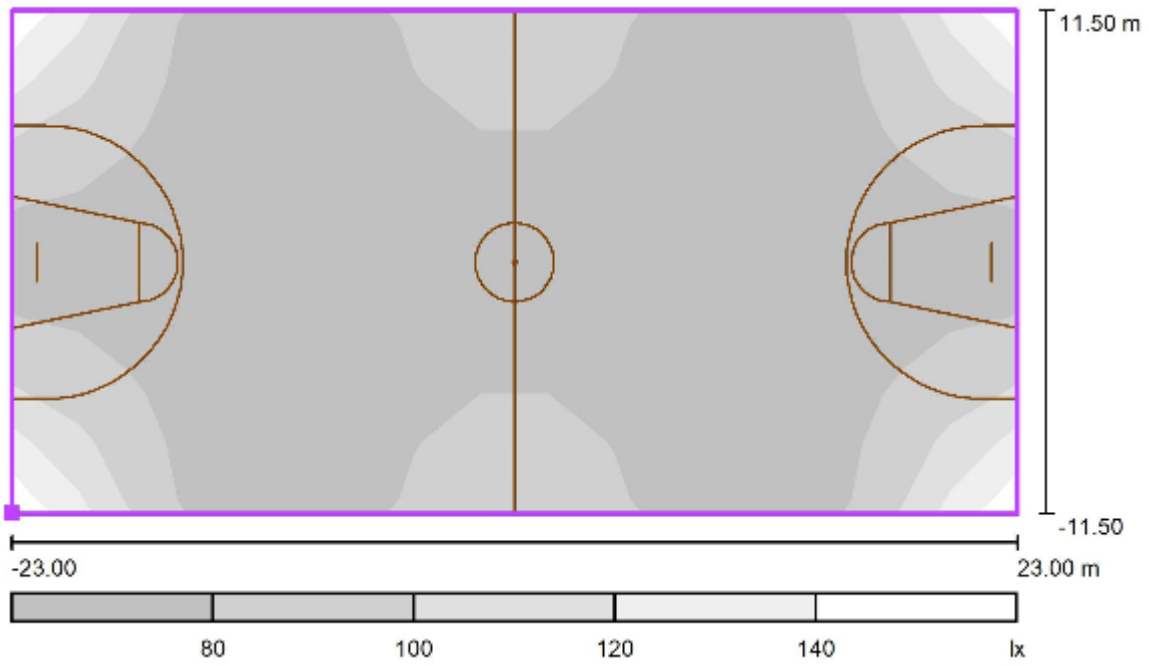


Ilustración 46: Resultados luminotécnicos pista de baloncesto

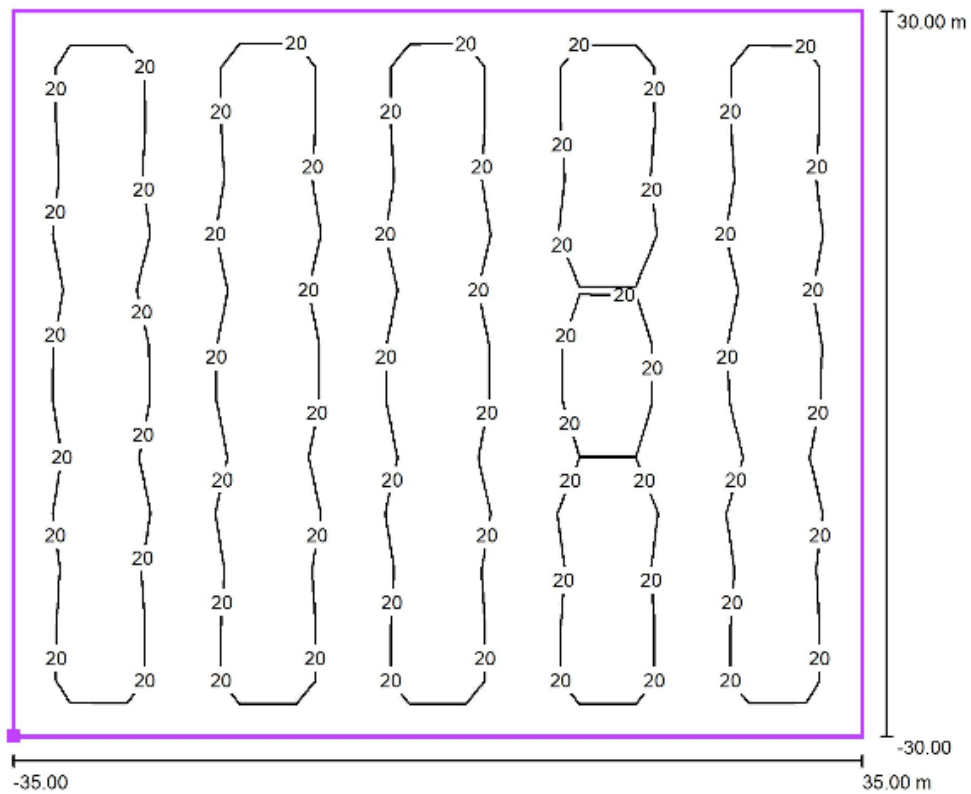


Ilustración 47: Líneas isolux Plaza Doctor Torrens

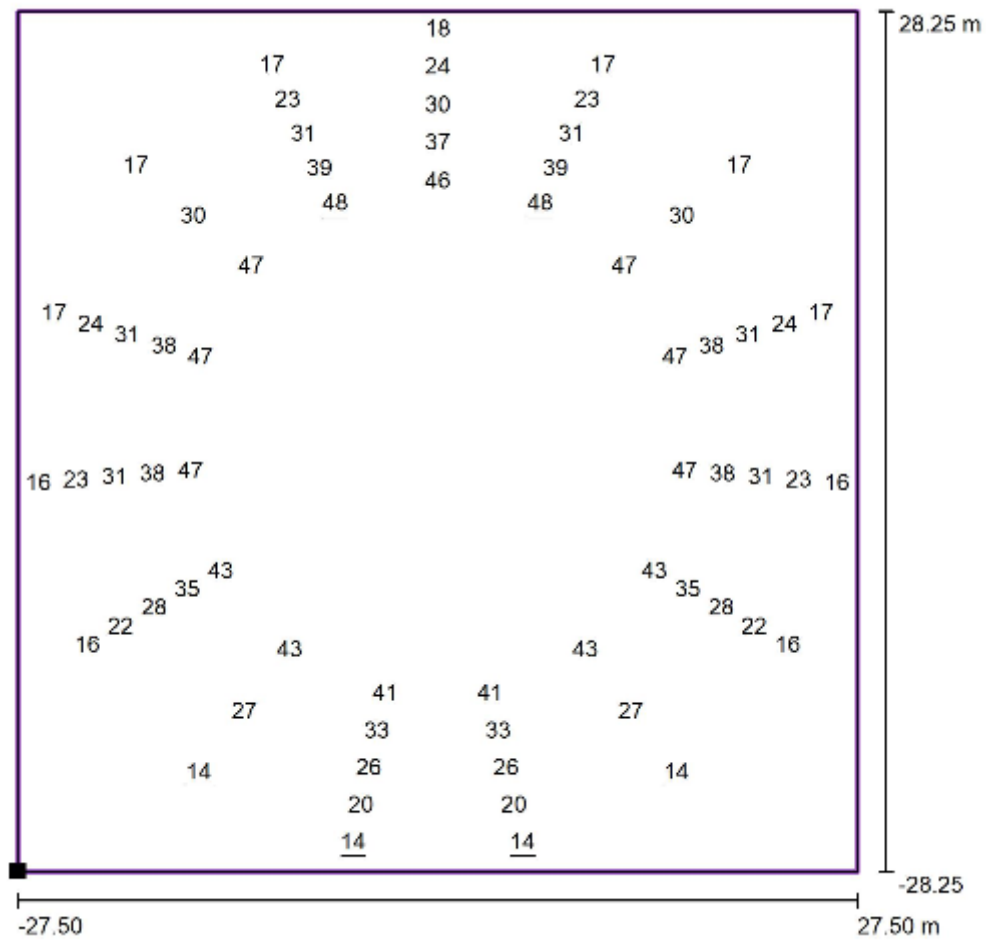


Ilustración 48: Resultados luminotécnicos rotonda calle A

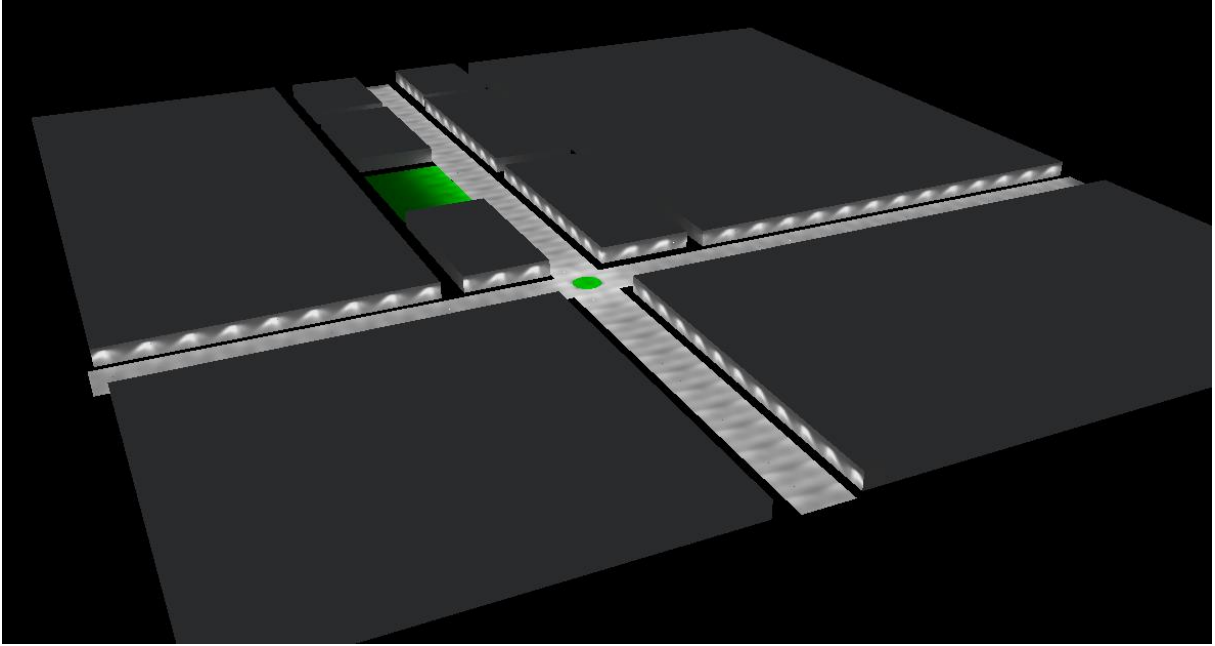


Ilustración 49: Representación 3D Calles A, Rotonda Calle A y Plaza Doctor Torrens

LUMINARIAS

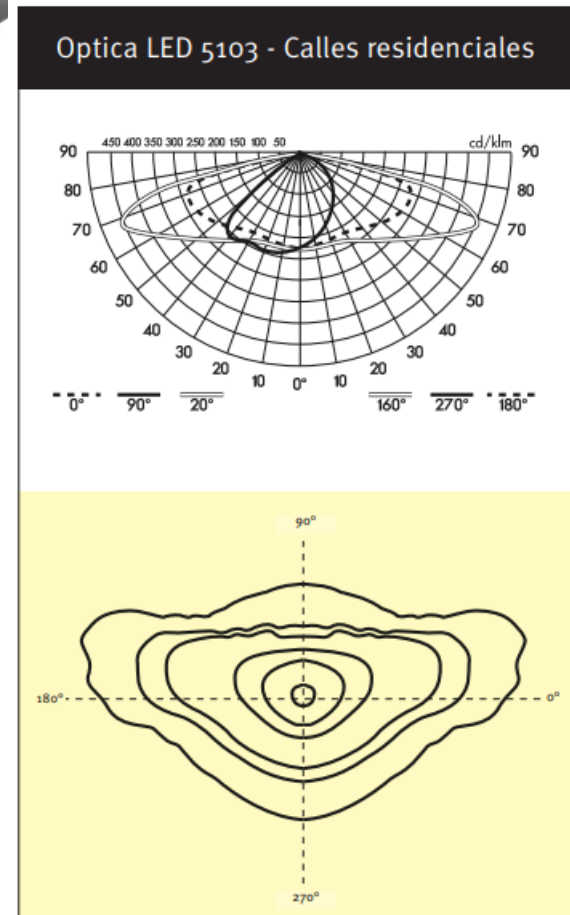
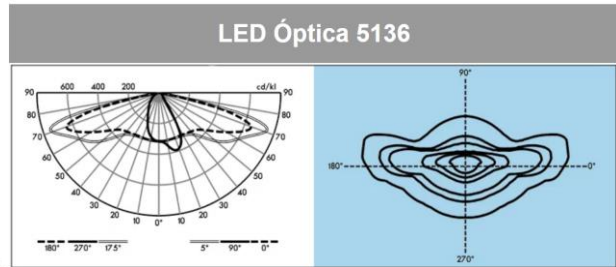
Se describe en este anexo las luminarias proyectadas en este documento.

Previo a ello se debe conocer la nomenclatura que emplea el fabricante para definir cada uno de sus productos.

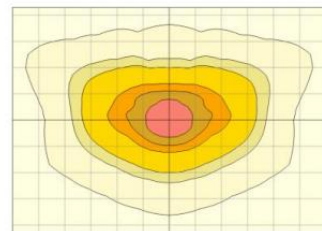
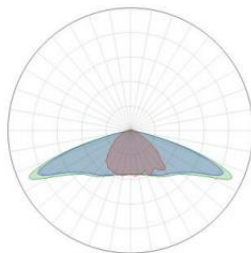
LUMINARIAS SCHREDER	
CARACTERÍSTICAS	SCHREDER AMPERA MINI / 5136 / 8 LEDS 700mA WW / 356642
SCHREDER	Nombre del fabricante
AMPERA MINI	Nombre del modelo
5136	Nombre comercial de la óptica, se emplea la misma óptica en varios modelos.
8 LEDS	Número de LEDs que componen la luminaria
700mA	Intensidad que circula por cada LED
356642	Nombre de la matriz, define la fotometría de la luminaria



LUMINARIA AMPERA

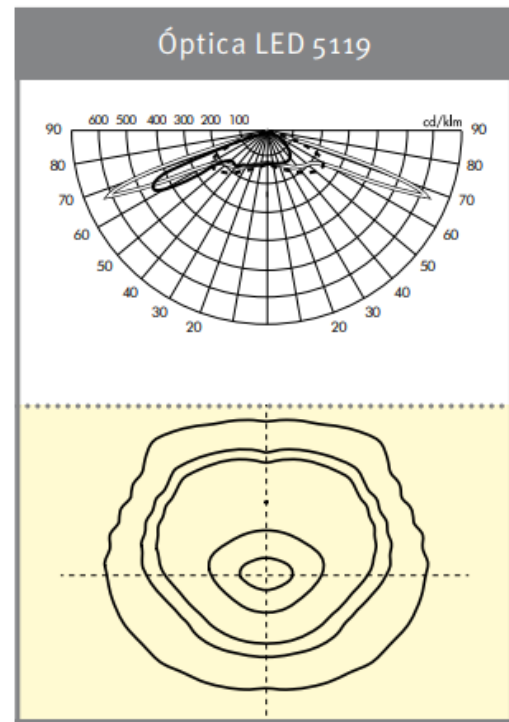
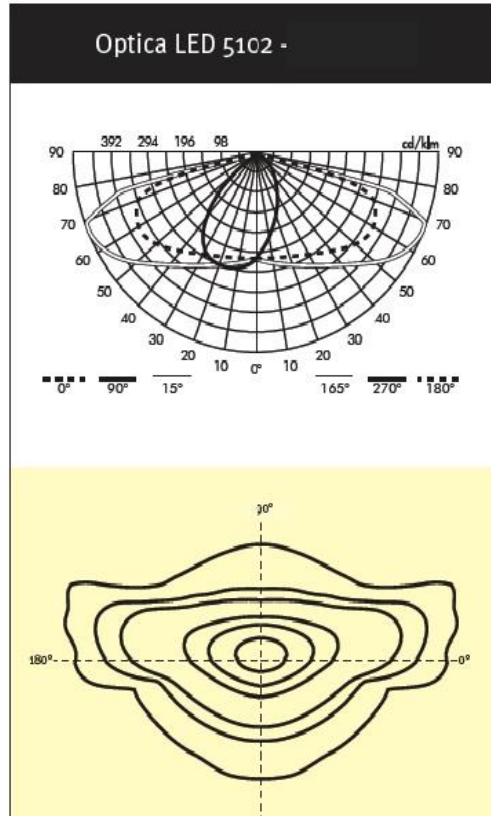


5112
Extensiva





LUMINARIA KAZU

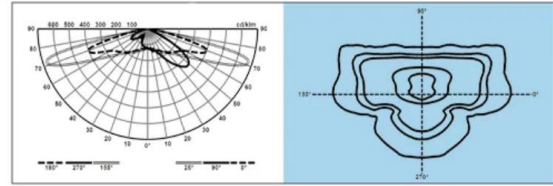




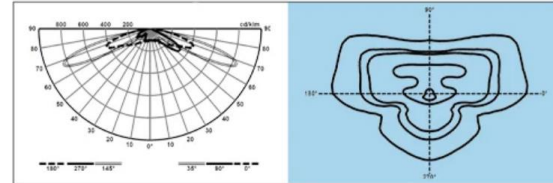
LUMINARIA AXIA 2



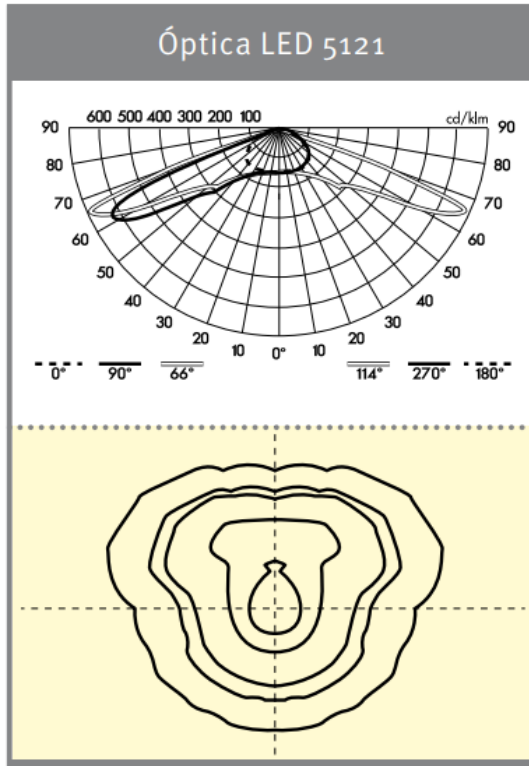
Axia 2 - Óptica LED 5187
S/P Clase ancha, Iluminancia



Axia 2 - Óptica LED 5167
S/P Clase ancha, Iluminancia



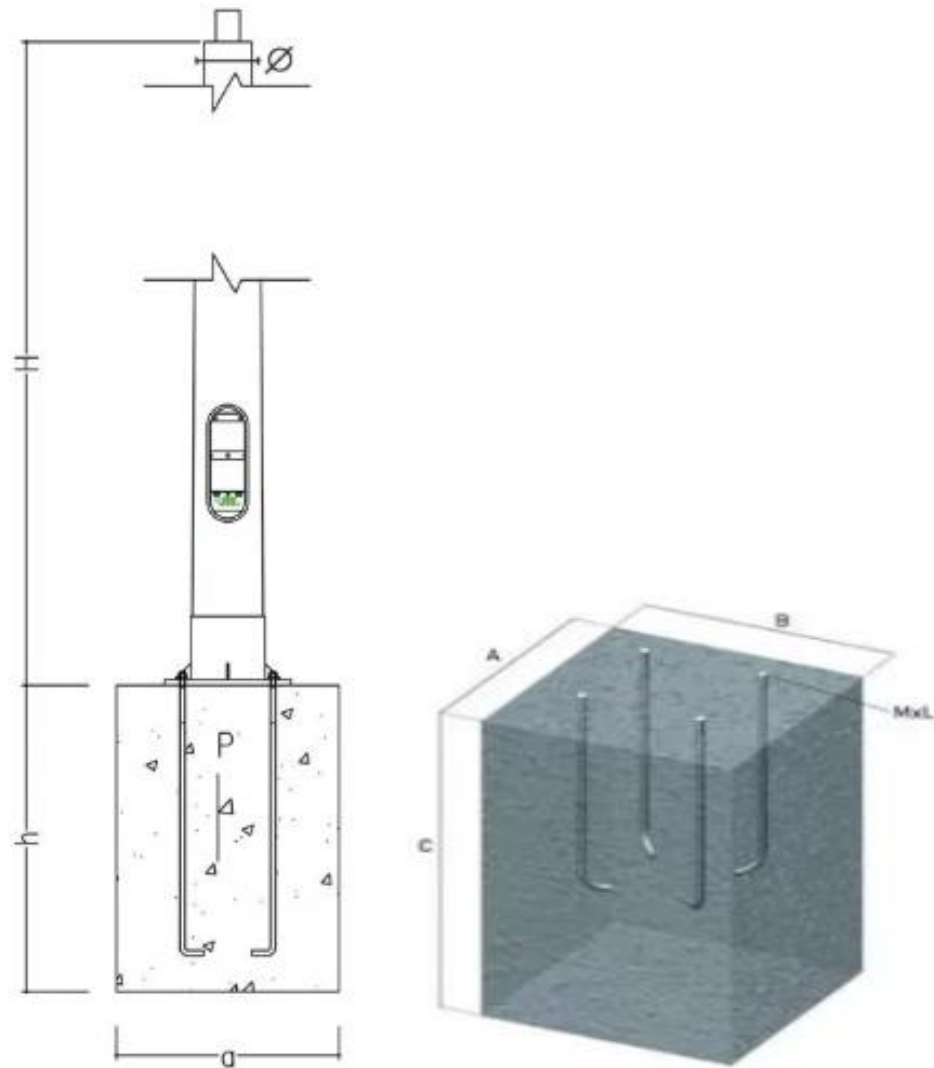
PROYECTOR OMNISTAR



CIMENTACIÓN DE SOPORTES

Las cimentaciones de las columnas serán construidas de la siguiente forma:

- Tramo empotrado de dimensiones indicadas en la tabla anterior de construcción in situ con hormigón de calidad HA-25, con armadura y pernos en el extremo roscado M-18, para recibir los elementos prefabricados y columna.
- Tramo visto. Prefabricado de hormigón H-25 armado de la geometría y detalles indicados en los planos.



BIBLIOGRAFÍA

- Experts in Lightability | Schröder [Internet]. Schreder.com. 2018 [cited 21 August 2018]. Available from: <https://www.schreder.com/>
- CYPE Ingenieros,S.A., Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción [Internet]. Cype.es. 2018 [cited 21 August 2018]. Available from: <http://www.cype.es/>
- DIALux - DIAL [Internet]. Dial.de. 2018 [cited 21 August 2018]. Available from: <https://www.dial.de/en/dialux/>
- INDUSTRIAS JOVIR, S.L. [Internet]. INDUSTRIAS JOVIR, S.L. 2018 [cited 21 August 2018]. Available from: <http://www.jovir.es/Jovir/>

PLANOS



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALÈNCIA

Proyecto: **PROYECTO DE MEJORA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL DISTRITO DE CUATRE CARRERES DE LA CIUDAD DE VALÈNCIA**

Plano: **Zona de estudio**

Autor:
Francesc Artola Safont

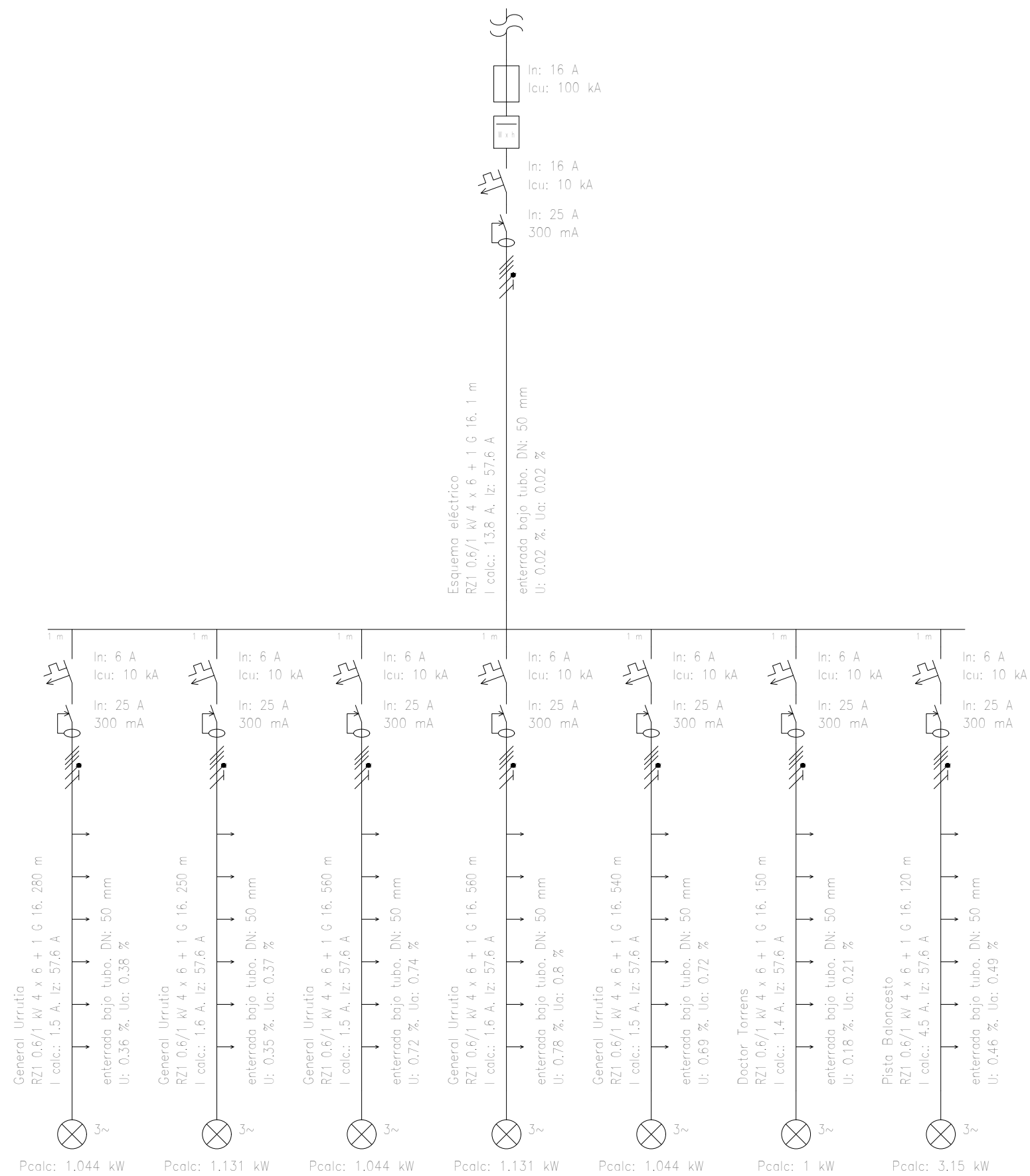
Fecha:
Septiembre 2018

Escala:
1:3000

Nº Plano:

1

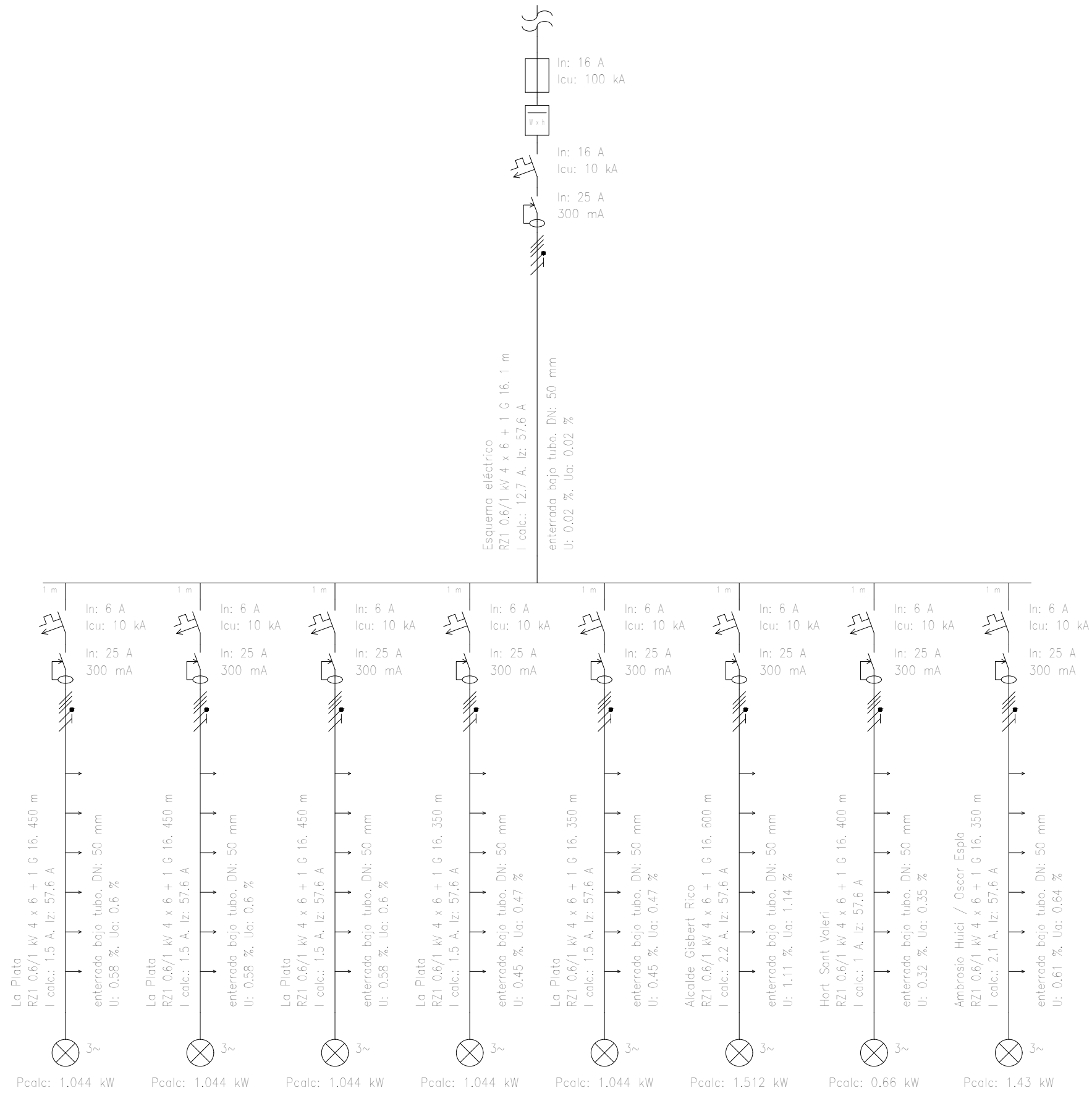
Esquema eléctrico: CM1
Potencia demandada: 9.54 kW





- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 4
- Circuito 5
- Circuito 6
- Circuito 7

Esquema eléctrico: CM2
Potencia demandada: 8.82 kW



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



Proyecto: **PROYECTO DE MEJORA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL DISTRITO DE QUATRE CARRERES DE LA CIUDAD DE VALENCIA**

Plano: **Unifilar cuadro de mando 2**

Autor: **Francesc Artola Safont**

Fecha: **Septiembre 2018**

Nº Plano:

4



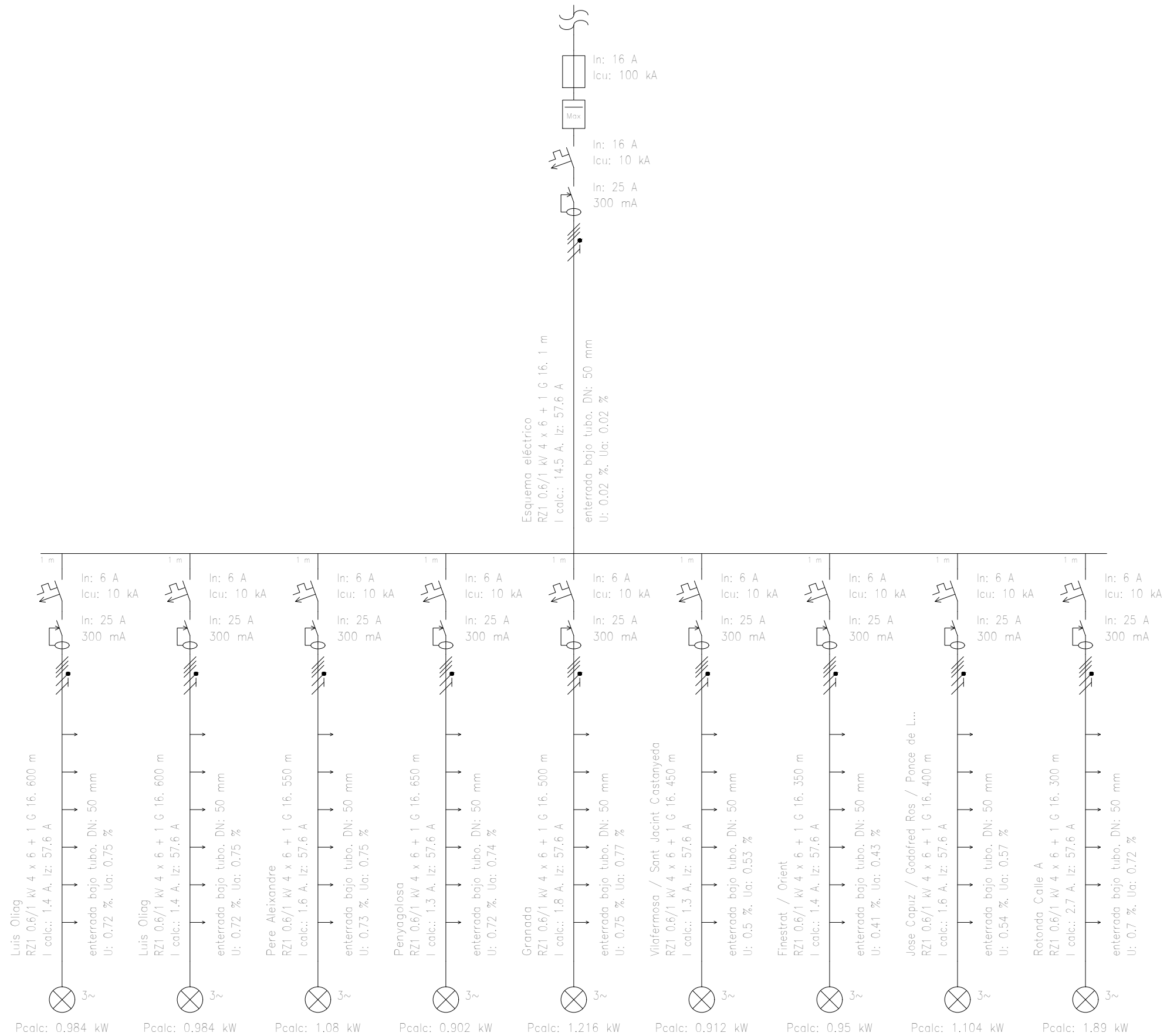
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 4
- Circuito 5
- Circuito 6
- Circuito 7
- Circuito 8



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 4
- Circuito 5
- Circuito 6
- Circuito 7
- Circuito 8

Esquema eléctrico: CM4

Potencia demandada: 10.02 kW



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



Proyecto: **PROYECTO DE MEJORA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL DISTRITO DE QUATRE CARRERES DE LA CIUDAD DE VALENCIA**

Plano: **Unifilar cuadro de mando 4**

Autor: **Francesc Artola Safont**

Fecha: **Septiembre 2018**

Nº Plano:

8



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 4
- Circuito 5
- Circuito 6
- Circuito 7
- Circuito 8
- Circuito 9