



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE BURJASSOT, VALENCIA

AUTOR: FRANCISCO BONORA VALERO

TUTOR: SATURNINO CATALÁN IZQUIERDO

Curso Académico: 2019-20

## **RESUMEN**

En este Trabajo Final de Máster se ha llevado a cabo el diseño de una parte de la instalación de alumbrado público perteneciente municipio de Burjassot (Provincia de Valencia). Para ello se ha delimitado la zona concreta objeto de estudio y se han analizado las características de cada una de las calles que la conforman para realizar un diseño luminotécnico completo de acuerdo a las exigencias de la normativa vigente. Una vez establecidas, en líneas generales, las características mínimas que deberán cumplir las luminarias a instalar en cada una de las calles, así como su disposición en el espacio, se ha hecho uso de un programa informático de simulación luminotécnica para validar la instalación realizando la comprobación del cumplimiento de las distintas magnitudes luminotécnicas que exige el “Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior”. Por último se ha llevado a cabo el diseño de la instalación eléctrica de baja tensión correspondiente, cumpliendo con lo exigido por el “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”.

**Palabras clave:** alumbrado público; iluminación; luminarias; Burjassot.

## RESUM

En aquest Treball Final de Màster s'ha redissenyat part de la instal·lació d'enllumenat públic del municipi de Burjassot (Província de València). Per a fer-ho s'ha delimitat la zona concreta objecte d'estudi i s'han analitzat les característiques de cadascun dels carrers que la conformen per a realitzar un disseny luminotècnic complet d'acord amb les exigències de la normativa vigent. Una vegada establertes, a grans trets, les característiques mínimes que han de complir les lluminàries a instal·lar en cadascun dels carrers, així com la seua disposició en l'espai, s'ha fet ús d'un programa informàtic de simulació luminotècnica per a validar la instal·lació realitzant la comprovació de l'acompliment de les diferents magnituds luminotècniques que exigeix el *“Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior”*. Finalment, s'ha dut a terme el disseny de la instal·lació elèctrica de baixa tensió corresponent, complint amb el que exigeix el *“Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”*.

**Paraules clau:** enllumenat públic; il·luminació; lluminàries; Burjassot.

## **ABSTRACT**

In this Master's Final Project, part of the public lighting installation of the municipality of Burjassot (Province of Valencia) has been designed. In order to do this, the specific area under study has been delimited and the characteristics of each of the streets that are in it have been analyzed to make a complete lighting design according to the requirements of the current regulations. Once established the minimum characteristics required by the luminaries of each street, as well as their spatial location, a computer program of lighting simulation has been used to verify compliance with what is required by the *“Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior”*. Finally, the design of the corresponding low voltage electrical installation has been carried out, complying with what is required by the *“Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión”*.

**Keywords:** street lighting; illumination; luminaires; Burjassot



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

MEMORIA .....	11
1. INTRODUCCIÓN AL TRABAJO .....	12
1.1 Objetivos del proyecto .....	12
1.2 Metodología seguida .....	12
1.3 Marco normativo.....	12
1.4 Elección y análisis de la zona de proyecto.....	13
2. DISEÑO LUMINOTÉCNICO .....	18
2.1 Exigencias lumínicas en base a normativa .....	18
2.2 Determinación de la disposición preliminar de las luminarias .....	21
2.3 Cálculos previos.....	23
2.4 Selección de luminarias .....	25
2.5 Cálculo del Factor de Utilización y del Factor de Mantenimiento reales.....	43
2.6 Resultados del cálculo luminotécnico en condiciones ideales.....	50
2.7 Cálculo luminotécnico de la escena real .....	56
2.8 Eficiencia energética de la instalación.....	61
2.9 Análisis de la contaminación lumínica .....	66
3. DISEÑO ELECTROTÉCNICO .....	71
3.1 Potencia eléctrica instalada en la zona de proyecto .....	71
3.2 Ubicación de los cuadros de mando.....	74
3.3 Trazado de las líneas .....	75
3.4 Dimensionado eléctrico.....	78
3.5 Resultados del diseño electrotécnico.....	81
3.6 Regulación y Control .....	85
4. OBRA CIVIL.....	86
5. PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN .....	88
5.1 Coste de la energía consumida .....	88
5.2 Coste de mantenimiento.....	90
6. CONCLUSIÓN .....	92

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN .....	93
1. PRESUPUESTOS PARCIALES .....	94
1.1 Presupuesto parcial nº1 Obra civil .....	94
1.2. Presupuesto parcial nº2 Instalación eléctrica .....	95
1.3. Presupuesto parcial nº3 Instalación luminotécnica .....	96
1.4. Presupuesto parcial nº4 Verificación de las instalaciones .....	99
1.5. Presupuesto parcial nº5 Gestión medioambiental .....	99
1.6. Presupuesto parcial nº6 Seguridad y salud .....	100
2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL .....	101
3. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	102
3.1 Obra civil.....	102
3.2 Instalación eléctrica.....	103
3.3 Instalación luminotécnica.....	104
3.4 Verificación de las instalaciones.....	108
3.5 Gestión medioambiental.....	108
3.6 Seguridad y salud.....	109
PLANOS.....	111
PLANO 1. ZONA DE PROYECTO.....	112
PLANO 2. UNIFILAR CM1 .....	113
PLANO 3. LÍNEAS E IMPLANTACIÓN DE LUMINARIAS CM1.....	114
PLANO 4. UNIFILAR CM2 .....	115
PLANO 5. LÍNEAS E IMPLANTACIÓN DE LUMINARIAS CM2.....	116
ANEJOS .....	117
1. MODELOS DE LUMINARIAS EMPLEADOS .....	118
2. RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DIALUX.....	119
3. NORMATIVA. TABLAS EMPLEADAS .....	126
3.1 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior .....	126
3.2 Norma UNE-EN 12193 de Julio de 2009. Iluminación de instalaciones deportivas .....	130
4. BIBLIOGRAFÍA .....	132

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CALLES OBJETO DEL PROYECTO .....	14
TABLA 2: GRUPOS DE CALLES Y SUS CARACTERÍSTICAS .....	15
TABLA 3: GRUPOS DE CALLES Y SU COMPOSICIÓN .....	16
TABLA 4: EXIGENCIAS LUMÍNICAS DE LOS GRUPOS DE CALLES.....	19
TABLA 5: EXIGENCIAS LUMÍNICAS ROTONDAS, APARCAMIENTO Y ESTADIO .....	20
TABLA 6: DISPOSICIÓN PRELIMINAR DE LAS LUMINARIAS.....	23
TABLA 7: FLUJO LUMINOSO CALCULADO .....	25
TABLA 8: COMPARACIÓN VALORES PRELIMINARES Y REALES .....	34
TABLA 9: FLUJO REQUERIDO SEGÚN Nº DE PROYECTORES.....	40
TABLA 10: INCLINACIONES Y ROTACIONES DE LOS PROYECTORES DEL ESTADIO DE FÚTBOL.....	42
TABLA 11: RESUMEN FLUJOS LUMINOSOS, SOPORTES EMPLEADOS Y DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS .....	43
TABLA 12: FACTORES DE UTILIZACIÓN SUPUESTOS Y CALCULADOS .....	44
TABLA 13: FACTOR DE MANTENIMIENTO .....	47
TABLA 14: DISPOSICIÓN ANTES Y DESPUÉS DE RECALCULAR CON NUEVO FM.....	48
TABLA 15: RESUMEN DISPOSICIÓN FINAL DE LUMINARIAS .....	50
TABLA 16: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 1 .....	51
TABLA 17: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 2 .....	51
TABLA 18: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 3 .....	51
TABLA 19: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 4 .....	52
TABLA 20: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 5 .....	52
TABLA 21: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 6 .....	52
TABLA 22: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 7 .....	52
TABLA 23: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 8 .....	52
TABLA 24: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS GRUPO 9 .....	52
TABLA 25: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS ROTONDA RONDA DEL CASTELL – CALLE VALENCIA .....	53
TABLA 26: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS ROTONDA RONDA DEL CASTELL – CALLE L'ALMARA .....	53
TABLA 27: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS APARCAMIENTO .....	54
TABLA 28: RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS ESTADIO DE FÚTBOL.....	55
TABLA 29: NÚMERO TOTAL DE LUMINARIAS DE CADA TIPO .....	58
TABLA 30: VALORES ESCENA REAL CERVANTES TRAMO 1 .....	59
TABLA 31: VALORES ESCENA REAL VIRGEN DE LA CABEZA .....	59
TABLA 32: VALORES ESCENA REAL PINTOR GOYA TRAMO 1.....	60
TABLA 33: POTENCIA INSTALADA.....	62
TABLA 34: RESUMEN ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN .....	64
TABLA 35: POTENCIA INSTALADA POR CALLES Y TOTAL .....	72
TABLA 36: SUBZONAS ELÉCTRICAS .....	73
TABLA 37: CENTRO DE CARGAS .....	74
TABLA 38: LÍNEAS DEL CUADRO DE MANDO 1 .....	77
TABLA 39: LÍNEAS DEL CUADRO DE MANDO 2 .....	78
TABLA 40: PUESTA A TIERRA CUADRO DE MANDO 1.....	81



TABLA 41: PUESTA A TIERRA CUADRO DE MANDO 2.....	81
TABLA 42: RESULTADOS LÍNEAS CUADRO DE MANDO 1 .....	82
TABLA 43: RESULTADOS LÍNEAS CUADRO DE MANDO 2 .....	83
TABLA 44: PROTECCIONES CUADRO DE MANDO 1 .....	84
TABLA 45: PROTECCIONES CUADRO DE MANDO 2 .....	84
TABLA 46: POTENCIAS Y CONSUMOS DE LOS CUADROS DE MANDO.....	88
TABLA 47: DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO EN TARIFA DE 2 PERÍODOS.....	89
TABLA 48: DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO EN TARIFA DE 3 PERÍODOS.....	89
TABLA 49: COSTE DE LA ENERGÍA SEGÚN TARIFA .....	89
TABLA 50: COSTE DE LA ENERGÍA CONSUMIDA.....	90
TABLA 51: COSTE ANUAL DE REPOSICIÓN DE LUMINARIAS AVERIADAS.....	91
TABLA 52: RESUMEN PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN.....	91
TABLA 53 (TABLA 1 DE LA ITC-EA-02): CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS.....	126
TABLA 54 (TABLA 4 DE LA ITC-EA-02): CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS TIPOS C Y D .....	126
TABLA 55 (TABLA 5 DE LA ITC-EA-02): CLASES DE ALUMBRADO PARA VÍAS TIPO E .....	127
TABLA 56 (TABLA 8 DE LA ITC-EA-02): SERIES S DE CLASE DE ALUMBRADO PARA VIALES TIPOS C, D Y E.....	127
TABLA 57 (TABLA 9 DE LA ITC-EA-02): SERIES CE DE CLASE DE ALUMBRADO PARA VIALES TIPOS D Y E .....	127
TABLA 58 (TABLA 3 DE LA ITC-EA-06): FACTORES DE DEPRECIACIÓN DE LAS LUMINARIAS (FDLU) .....	128
TABLA 59 (TABLA 2 ITC-EA-01): REQUISITOS MÍNIMOS EFICIENCIA ENERGÉTICA ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL .....	128
TABLA 60 (TABLA 3 DE LA ITC-EA-01): VALORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE REFERENCIA.....	128
TABLA 61 (TABLA 4 DE LA ITC-EA-01): CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO.....	129
TABLA 62 (TABLA 1 ITC-EA-03): CLASIFICACIÓN ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTAMINACIÓN LUMINOSA .....	129
TABLA 63 (TABLA 2 DE LA ITC-EA-03): VALORES LÍMITE DEL FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO.....	129
TABLA 64 (TABLA 3 DE LA UNE-EN 12193): SELECCIÓN DE LA CLASE DE ALUMBRADO .....	130
TABLA 65 (TABLA 4 DE LA UNE-EN 12193): LISTA DE DEPORTES (EN ORDEN ALFABÉTICO) .....	130
TABLA 66 (TABLA A.21 DE LA UNE-EN 12193) .....	131

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: LÍMITES MUNICIPALES DE BURJASSOT.....	13
ILUSTRACIÓN 2: ZONA OBJETO DEL PROYECTO .....	14
ILUSTRACIÓN 3: ROTONDA RONDA DEL CASTELL - CALLE VALENCIA.....	16
ILUSTRACIÓN 4: ROTONDA RONDA DEL CASTELL - CALLE L'ALMARA .....	16
ILUSTRACIÓN 5: CAMPO LOS SILOS .....	17
ILUSTRACIÓN 6: PARKING DEL MERCADO DE BURJASSOT .....	17
ILUSTRACIÓN 7: EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN UNILATERAL .....	21
ILUSTRACIÓN 8: EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN AL TRESBOLILLO .....	21
ILUSTRACIÓN 9: EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN BILATERAL PAREADA .....	21
ILUSTRACIÓN 10: CALLE GRUPO 1 EN PLANTA .....	26
ILUSTRACIÓN 11: CALLE GRUPO 2 EN PLANTA .....	27
ILUSTRACIÓN 12: CALLE GRUPO 3 EN PLANTA .....	28
ILUSTRACIÓN 13: CALLE GRUPO 4 EN PLANTA .....	28
ILUSTRACIÓN 14: CALLES GRUPO 5 EN PLANTA .....	29

ILUSTRACIÓN 15: CALLES GRUPO 6 EN PLANTA .....	30
ILUSTRACIÓN 16: CALLES GRUPO 7 EN PLANTA .....	31
ILUSTRACIÓN 17: CALLES GRUPO 8 EN PLANTA .....	32
ILUSTRACIÓN 18: CALLES GRUPO 9 EN PLANTA .....	33
ILUSTRACIÓN 19: DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS POR EL EXTERIOR .....	35
ILUSTRACIÓN 20: DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS POR EL INTERIOR .....	35
ILUSTRACIÓN 21: GLORIETA RONDA DEL CASTELL - CALLE L'ALMARA .....	37
ILUSTRACIÓN 22: APARCAMIENTO DEL MERCADO DE BURJASSOT .....	38
ILUSTRACIÓN 23: DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN EL APARCAMIENTO .....	39
ILUSTRACIÓN 24: CAMPO DE FÚTBOL BURJASSOT C.F. ....	41
ILUSTRACIÓN 25: DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS EN EL CAMPO DE FÚTBOL .....	42
ILUSTRACIÓN 26: CURVA DE DEPRECIACIÓN DE LAS LUMINARIAS .....	46
ILUSTRACIÓN 27: CURVA DE DEPRECIACIÓN PROYECTOR CAMPO DE FÚTBOL .....	49
ILUSTRACIÓN 28: CURVA DE MANTENIMIENTO PROYECTOR CAMPO DE FÚTBOL .....	49
ILUSTRACIÓN 29: ISOLINEAS DE ILUMINANCIA ROTONDA RONDA DEL CASTELL - CALLE VALENCIA.....	53
ILUSTRACIÓN 30: ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA ROTONDA RONDA DEL CASTELL - CALLE L'ALMARA.....	54
ILUSTRACIÓN 31: ISOLÍNEAS DE ILUMINANCIA APARCAMIENTO.....	54
ILUSTRACIÓN 32: GAMA DE GRISES CAMPO DE FÚTBOL .....	55
ILUSTRACIÓN 33: ISOLINEAS CAMPO DE FÚTBOL.....	55
ILUSTRACIÓN 34: ESCENA REAL ILUMINADA.....	57
ILUSTRACIÓN 35: ESCENA REAL ILUMINADA 2.....	57
ILUSTRACIÓN 36: ESCENA REAL ILUMINADA 3.....	58
ILUSTRACIÓN 37: ISOLINEAS ESCENA REAL CERVANTES TRAMO 1 .....	59
ILUSTRACIÓN 38: ISOLÍNEAS ESCENA REAL VIRGEN DE LA CABEZA.....	60
ILUSTRACIÓN 39: ISOLINEAS ESCENA REAL PINTOR GOYA TRAMO 1 .....	60
ILUSTRACIÓN 40: ETIQUETA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA .....	63
ILUSTRACIÓN 41: NIVELES DE ILUMINACIÓN .....	65
ILUSTRACIÓN 42: SUBZONAS ELÉCTRICAS .....	73
ILUSTRACIÓN 43: UBICACIÓN DE LOS CUADROS DE MANDO.....	75
ILUSTRACIÓN 44: TRAZADO DE LÍNEAS SUBZONA 1 .....	76
ILUSTRACIÓN 45: TRAZADO DE LÍNEAS SUBZONA 2.....	77
ILUSTRACIÓN 46: SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA ZANJA .....	86
ILUSTRACIÓN 47: EJEMPLO DE CIMENTACIÓN Y ARQUETA .....	87

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1.....	24
ECUACIÓN 2.....	43
ECUACIÓN 3.....	44
ECUACIÓN 4.....	45
ECUACIÓN 5.....	61
ECUACIÓN 6.....	62
ECUACIÓN 7.....	64

ECUACIÓN 8.....	70
ECUACIÓN 9.....	74
ECUACIÓN 10.....	74
ECUACIÓN 11.....	79
ECUACIÓN 12.....	79
ECUACIÓN 13.....	79
ECUACIÓN 14.....	79
ECUACIÓN 15.....	79

# MEMORIA

---

## **1. INTRODUCCIÓN AL TRABAJO**

### **1.1 Objetivos del proyecto**

El objetivo principal del presente proyecto es el rediseño de toda una instalación de alumbrado público perteneciente al municipio de Burjassot. Se trata de una completa revisión del alumbrado ya existente en la zona, de modo que la instalación va a ser concebida y diseñada prácticamente desde cero.

De acuerdo con la anterior premisa el objeto de este proyecto es el acto académico de diseñar un alumbrado público para la zona escogida, junto con su correspondiente instalación eléctrica, que cumpla con los requerimientos impuestos por la normativa vigente tanto en materia luminotécnica como electrotécnica. Además se persigue el logro de una mejora respecto del alumbrado actualmente instalado en términos de la calidad del servicio así como de la eficiencia energética.

### **1.2 Metodología seguida**

Para ello se ha realizado en primer lugar un análisis de la zona de estudio seleccionada para establecer de forma precisa y detallada el número total de calles que se pretende iluminar, su tipología y las características que presentan de cara al posterior diseño luminotécnico de las mismas.

A continuación se ha llevado a cabo el diseño luminotécnico de la zona de estudio, se han seleccionado las luminarias a instalar y se ha analizado la solución planteada en términos de la eficiencia energética y la contaminación lumínica producida. Todo ello se ha realizado cifiéndose en todo momento a la normativa vigente.

Tras el diseño luminotécnico se ha realizado el diseño de la instalación eléctrica que alimentará las luminarias. Se ha establecido el trazado de las líneas y se han dimensionado todos los elementos eléctricos para ajustarse a lo exigido en la normativa. Por último se ha desarrollado el presupuesto para la realización del presente proyecto.

### **1.3 Marco normativo**

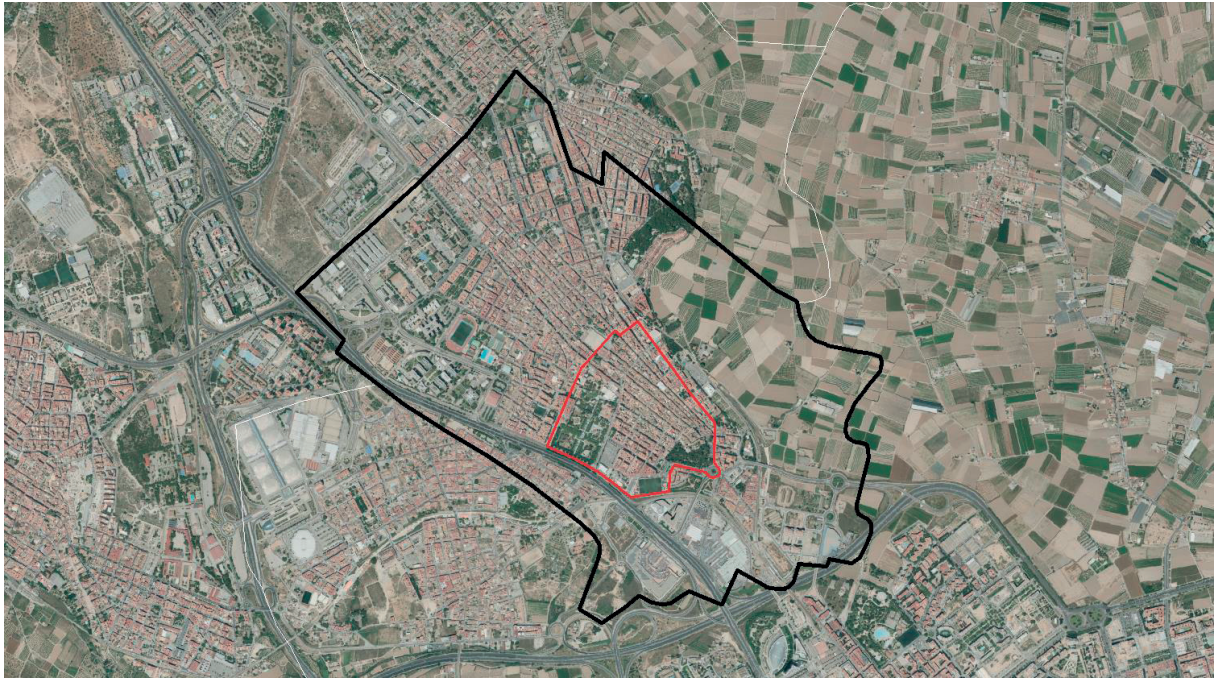
Como se ha mencionado en párrafos anteriores el presente proyecto se ha desarrollado teniendo en cuenta las exigencias que establece la normativa vigente. En concreto los documentos que se han consultado y a los que se han ajustado todas las acciones del trabajo son los siguientes:

- *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*. REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre. BOE núm. 279 del Miércoles 19 de noviembre de 2008.
- *Norma UNE-EN 12193. Iluminación de instalaciones deportivas*. Julio 2009.
- *Reglamento electrotécnico para baja tensión*. REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto. BOE núm. 224 de Miércoles 18 de septiembre de 2002.
- *Ordenanzas municipales del ayuntamiento*. (en caso de que las hubiere).

#### 1.4 Elección y análisis de la zona de proyecto

La zona escogida para la realización del presente proyecto pertenece en su totalidad al municipio de Burjassot, en la provincia de Valencia. Este municipio de la comarca de L'Horta Nord forma parte del área metropolitana de la ciudad de Valencia con la cual limita.

En la imagen siguiente se muestra una fotografía satelital de Burjassot. Las líneas en negro representan los límites municipales y en rojo se ha delimitado la zona concreta que va a ser objeto del presente proyecto.



**Ilustración 1: Límites municipales de Burjassot**

La zona escogida se corresponde en buena parte con el casco antiguo del municipio e incluye algunas vías peatonales y otras calles de escasa circulación de vehículos. Pero esta zona también incluye otras calles que actúan como las principales arterias de tránsito de la localidad así como las vías de entrada a la misma y que la comunican con la capital de la provincia. En definitiva, se trata de una zona con una amplia variedad de tipologías de calle lo cual la hace muy adecuada para la realización de un proyecto como el aquí planteado.

En resumen, se ha intentado incluir en la zona de estudio la máxima variedad posible de tipologías de viales para hacer su análisis lo más exigente posible y elevar su interés a nivel académico. En la siguiente imagen se representa ampliada la zona concreta objeto del trabajo.



**Ilustración 2: Zona objeto del proyecto**

La zona de estudio incluye un total de treinta y cuatro calles, además de dos rotondas de distinta tipología, un aparcamiento de vehículos al aire libre y un campo de fútbol con capacidad para hasta dos mil espectadores.

En la tabla siguiente se recogen los nombres de todas y cada una de las calles a iluminar:

<b>CALLES OBJETO DE ESTUDIO</b>		
C/ Cervantes	C/ Cristobal Sorní	C/ Mariana Pineda
C/ Bautista Riera	C/ Emilia Carsi	C/ Mariano Segarra
C/ Beniferri	C/ Guillem de Castro	C/ Mestre Fernando Martín
C/ Bernat i Baldoví	C/ Jorge Juan	C/ Obispo Muñoz
C/ Blasco Ibañez	C/ José Carrau	C/ Pintor Goya
C/ Huertas	C/ José Carsi	C/ Pintor Pinazo
C/ Navarra	C/ L'Almara	Plaça Baltasar Mallent
C/ Patriarca	C/ Llirions	Plaça de Sequera
C/ Pedrós	C/ Maestro Giner	Plaza San Juan de Ribera
C/ Valencia	C/ Maestro Lope	C/ Ronda del Castell
C/ Carolina Álvarez	C/ Maestro Palau	C/ Virgen de la Cabeza
C/ De Cuba		

**Tabla 1: Calles objeto del proyecto**

Dado el elevado número de calles considerado se ha decidido clasificarlas en un reducido número de grupos en base a las características que muchas de ellas tienen en común. El primer criterio empleado para la clasificación de las calles ha sido la velocidad de circulación del tráfico rodado en las mismas. Para ello se ha hecho uso de la **tabla 1 del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (en adelante REEIAE), instrucción técnica complementaria EA-02 (en adelante ITC-EA-02)**.

En el caso de este proyecto todas las calles de la zona de estudio son vías urbanas cuya velocidad máxima de circulación no excede en ningún caso los 30 Km/h. Por este motivo casi todas las calles analizadas se corresponden con el tipo D del REEIAE (vía de baja velocidad), a excepción de las calles peatonales que se corresponden con el tipo E.

El segundo criterio empleado en la clasificación ha sido la situación de proyecto de las calles para lo cual se han usado las **tablas 4 y 5 de la ITC-EA-02**. Casi todas las calles presentan una misma situación de proyecto, concretamente la D3-D4 (calles residenciales con aceras para peatones y con velocidad de circulación muy limitada) a excepción de las calles peatonales cuya situación de proyecto es la E1.

El tercer criterio en la clasificación ha sido el flujo de peatones y ciclistas. En algunas calles dicho flujo es alto, en otras normal y en otras medio. El cuarto criterio ha sido el ancho total de la vía, de modo que las calles que presentan un ancho similar (diferencia no superior a los 2 m) han sido incluidas en un mismo grupo. El resto de criterios que se han tenido en cuenta a la hora de agrupar las calles han sido la disposición y el ancho de las aceras, y por último la presencia o ausencia de carril bici a lo largo de la vía.

Con lo anteriormente expuesto se han establecido hasta nueve grupos de calles de características similares, algunos de ellos están integrados exclusivamente por una única calle mientras que otros lo están por un número elevado de ellas. También es necesario precisar en este punto que determinadas calles han sido segmentadas en tramos que presentan diferente tipología y que han sido clasificados en grupos diferentes.

Los nueve grupos, sus características y las calles que los integran se exponen en las siguientes tablas:

GRUPOS DE CALLES Y SUS CARACTERÍSTICAS							
Grupo	Clasificación <i>ITC EA - 02</i>	Situación de proyecto <i>ITC EA-02</i>	Flujo peatones y ciclistas	Ancho total de la vía	Situación de la acera	Ancho de la acera	Carril bici
1	D	D3-D4	Alto	35 m	2 lados	1 m y 6 m	si
2	D	D3-D4	Alto	18 m	1lado	3 m	si
3	D	D3-D4	Alto	14 m	2 lados	1 m y 4 m	no
4	D	D3-D4	Normal	13-14 m	2 lados	2,5 m	no
5	D	D3-D4	Normal	14 m	1 lado	1,5 m	si
6	D	D3-D4	Normal	10-12 m	2 lados	1 m	no
7	D	D3-D4	Normal	7-9 m	2 lados	1 m	no
8	D	D3-D4	Normal	4,5-5,5 m	2 lados	1 m	no
9	E	E1	Alto	4-6 m	<i>Calles peatonales</i>		no

Tabla 2: Grupos de calles y sus características



GRUPOS DE CALLES Y SU COMPOSICIÓN	
Grupo	Calles del grupo
1	Cervantes (tramo 1)
2	Virgen de la cabeza
3	Valencia y Pintor Goya (tramo 1)
4	Ronda del Castell y Pintor Goya (tramo 2)
5	L'Almara (tramo 1)
6	Huertas (tramo 1), Guillem de Castro, Bautista Riera, José Casrsí y Plaza San Juan de Ribera
7	Mestre Fernando Martin (tramo 1), Cervantes (tramo 2), Beniferri, Maestro Palau, Mariano Segarra, Plaça de Sequera, Maestro Lope, Emilia Carsi, Pintor Pinazo, Cristobal Sorní, Maestro Giner, Bernat i Baldoví, Llirons, José Carrau, Calle Huertas (tramo 2) y Calle Navarra
8	Mariana Pineda, Blasco Ibañez, Mestre Fernando Martin (tramo 2), Carolina Álvarez y Patriarca
9	Obispo Muñoz, Jorge Juan, Cervantes (tramo peatonal), Mestre Fernando Martin (tramo peatonal), Calle Pedrós, Carrer de Cuba y Plaça Baltasar Mallent

Tabla 3: Grupos de calles y su composición

Estos nueve grupos de calles se pueden a su vez agrupar en tres categorías generales de viales. Los grupos de calles 1, 2, 3, 4 y 5 se corresponden con calles perimetrales del municipio y que apenas presentan accesos a viviendas o comercios. Los grupos 6, 7 y 8 (que contienen a la mayoría de calles de la zona analizada) representan calles residenciales flanqueadas por edificios de viviendas o comercios y por último el grupo 9 lo conforman las calles peatonales.

Junto con las treinta y tres calles analizadas se ha llevado a cabo también el diseño luminotécnico de los siguientes elementos especiales: la glorieta de acceso al municipio en la que confluyen las calles Ronda del Castell y Calle Valencia; La particular glorieta “alargada” que se encuentra entre las calles Almara y Ronda del Castell; El aparcamiento de vehículos al aire libre del Mercado de Burjassot (aparcamiento antiguo campo de fútbol las palmeras) y el Estadio de fútbol del Burjassot C.F. (Campo Los Silos).

A continuación se muestran las fotografías aéreas de cada uno de los citados elementos especiales a iluminar. Las imágenes se han obtenido vía el *visor cartogràfic de la Generalitat Valenciana*.



Ilustración 3: Rotonda Ronda del Castell - Calle Valencia

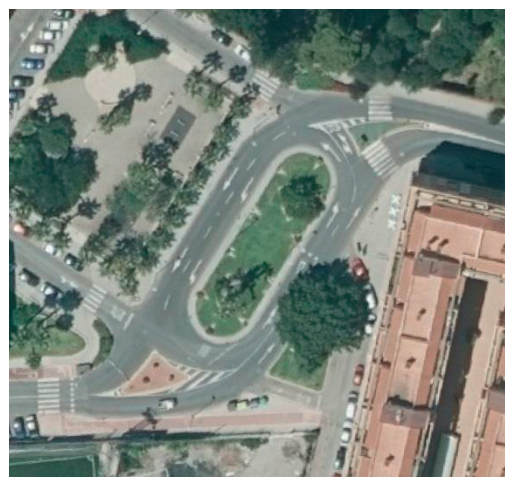


Ilustración 4: Rotonda Ronda del Castell - Calle l'Almara



**Ilustración 6: Parking del Mercado de Burjassot**



**Ilustración 5: Campo Los Silos**

Una vez delimitada la zona objeto del trabajo y analizadas, clasificadas y agrupadas las calles que la conforman, se ha procedido a realizar el diseño luminotécnico de las mismas en base al **REEIAE ITC-EA-02**. Dicho proceso de detalla en el siguiente capítulo de la memoria.

## 2. DISEÑO LUMINOTÉCNICO

En este capítulo se recoge de forma detallada todo el procedimiento seguido en el diseño luminotécnico de la instalación de alumbrado de la zona objeto de estudio.

### 2.1 Exigencias lumínicas en base a normativa

Una vez realizada la clasificación de las calles en un número manejable de grupos, se ha procedido a determinar cuál es la clase de alumbrado que corresponde a cada uno de dichos grupos de calles en función de sus características. Finalmente se han obtenido las exigencias lumínicas que establece el **Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior**. A continuación se expone el procedimiento seguido.

En primer lugar se ha determinado la clase de alumbrado que corresponde a cada uno de los nueve grupos de calles en cuestión. Para ello se ha hecho uso de las **tablas 4 y 5 de la ITC-EA-02**. En dichas tablas se indica cual es la clase de alumbrado que corresponde a una tipología de calle en función de su situación de proyecto y de su flujo de tráfico de peatones y ciclistas, factores ya establecidos en el apartado 1.4 de la presente memoria. La asignación de las clases de alumbrado ha sido la siguiente:

- A Las calles pertenecientes a los grupos 1, 2 y 3 (situación de proyecto **D3-D4**) se les ha supuesto un **flujo alto de peatones y ciclistas**. Por ello les serían de aplicación las clases de alumbrado CE2, S1 o S2. En este caso se ha tomado la decisión de asignarles una **clase de alumbrado S2** (la de exigencias lumínicas más moderadas) ya que dicho flujo de peatones y ciclistas, pese a ser superior al del resto de calles, no lo es por una gran diferencia. Además otros factores, como la existencia de vehículos aparcados, las necesidades de reconocimiento facial de las personas o los niveles de criminalidad son prácticamente idénticos a los del resto de calles del municipio. En resumen, adoptando la clase de alumbrado S2 para estos grupos de calles se logrará una mayor uniformidad en la iluminación del municipio con respecto al resto de calles en situación de proyecto D3-D4 a las que se les ha supuesto un flujo normal de peatones y ciclistas.
- A Las calles pertenecientes a los grupos 4, 5, 6, 7 y 8 (situación de proyecto **D3-D4**) se les ha supuesto un **flujo normal de peatones y ciclistas**. Por ello les serían de aplicación las clases de alumbrado S3 o S4. Siguiendo con el razonamiento expuesto en el punto anterior, la decisión tomada ha sido la de asignarles una **clase de alumbrado S3**. Es decir, se ha optado en este caso por la clase de alumbrado que establece las exigencias lumínicas más elevadas y también más cercanas a las del resto de calles del municipio en aras de la uniformidad en el alumbrado.
- Las calles del grupo 9 son peatonales (Situación de proyecto **E1**) y se les ha supuesto un **flujo alto de peatones**. Por ello les serían de aplicación las clases de alumbrado CE1A, CE2 o S1. En este caso se ha optado por asignarles la clase **de alumbrado S1**, de exigencias lumínicas más cercanas al resto de calles del municipio, de nuevo buscando la mayor uniformidad posible.

Por último se han empleado las tablas **8 y 9 la ITC-EA-02** para determinar las exigencias lumínicas (iluminancias medias, iluminancias mínimas o uniformidades medias) que son aplicables a cada grupo de calles en función de la clase de alumbrado asignada a cada uno de ellos.

Los resultados relativos a las clases de alumbrado que se han establecido para cada uno de los nueve grupos de calles considerados en el presente proyecto, así como también sus exigencias lumínicas (El objetivo principal del presente punto), se recogen en la siguiente tabla:

Exigencias lumínicas de los grupos de calles						
Grupo	Clasificación ITC EA - 02	Situación de proyecto ITC EA-02	Flujo peatones y ciclistas	Clase alumbrado ITC EA-02	Iluminancia media $E_m$ (lux) ITC EA-02	Iluminancia mínima $E_{min}$ (lux) ITC EA-02
1	D	D3-D4	Alto	S2	10	3
2	D	D3-D4	Alto	S2	10	3
3	D	D3-D4	Alto	S2	10	3
4	D	D3-D4	normal	S3	7,5	1,5
5	D	D3-D4	normal	S3	7,5	1,5
6	D	D3-D4	normal	S3	7,5	1,5
7	D	D3-D4	normal	S3	7,5	1,5
8	D	D3-D4	normal	S3	7,5	1,5
9	E	E1	Alto	S1	15	5

Tabla 4: Exigencias lumínicas de los grupos de calles

Una vez establecidas las exigencias de iluminación para las distintas calles de la zona, se ha hecho lo mismo con las dos glorietas, el aparcamiento y el estadio de fútbol.

Para el alumbrado de las dos glorietas se ha tenido en cuenta lo indicado en el **apartado 3.7 de la ITC-EA-02 (Alumbrado de Glorietas)**. En dicho apartado se especifica que, en caso de que las glorietas se encuentren en zona urbana, el nivel de iluminación deberá ser como mínimo un grado superior al del tramo que confluye con mayor nivel de iluminación. Así mismo, se indica que el valor de referencia a considerar para la **Uniformidad media será del 0,5** y para el **deslumbramiento máximo será el GR 45**. Por lo tanto:

- Para la glorieta en la que confluyen las calles Ronda del Castell (Grupo de calles 4) y Calle Valencia (Grupo de calles 3), cuyas clases de alumbrado son S3 y S2 respectivamente, se tiene que la **clase de alumbrado para la glorieta deberá ser S1** (Un grado superior a S2). En **la tabla 8 de la ITC-EA-02** se indican las exigencias lumínicas para esta clase de alumbrado.
- Para la glorieta en la que confluyen las calles Almara (Grupo de calles 5) y Ronda del Castell (Grupo de calles 4), para las que la clase de alumbrado es S3, se tiene que la **clase de alumbrado para la glorieta deberá ser S2** (Un grado superior a S3). En **la tabla 8 de la ITC-EA-02** se indican las exigencias lumínicas para esta clase de alumbrado.

Para el alumbrado del aparcamiento de vehículos del mercado se ha seguido lo indicado en el apartado **3.9 de la ITC-EA-02 (Aparcamientos de vehículos al aire libre)**. En dicho apartado se

especifica que todo alumbrado de aparcamientos al aire libre deberá cumplir con los requisitos fotométricos de las clases de alumbrado correspondientes a la situación de proyecto D1-D2.

La clase de alumbrado que corresponde a la situación de proyecto del aparcamiento (D1-D2) se indica en la **tabla 4 de la ITC-EA-02** en función del flujo de tráfico de peatones y ciclistas. Se ha decidido considerar un flujo de peatones normal -ya que este aparcamiento no está especialmente concurrido en horas nocturnas- para el cual se establecen las clases de alumbrado CE3 y CE4. En este caso **se ha optado por la clase CE3**, cuyos requisitos son superiores, para así estar del lado de la seguridad. En la **tabla 9 de la ITC-EA-02** se indican las exigencias lumínicas para esta clase de alumbrado.

Por último, para el alumbrado del estadio de fútbol se ha recurrido a la norma **UNE-EN 12193 de iluminación de instalaciones deportivas**. En el **ANEXO A** de dicha norma se encuentran las tablas de requisitos de iluminación para las áreas de juego de distintos deportes. La tabla en la que se establecen los requisitos para estadios de fútbol es la **tabla A.21**.

El dato requerido para entrar en dicha tabla es la clase de alumbrado (Clase I, Clase II o Clase III) la cual se determina en base al nivel de competición que se practica en el estadio. En este caso se trata de un **alumbrado Clase II** ya que en el campo de fútbol en cuestión se dan competiciones deportivas de nivel medio como las regionales o de clubes locales y es un estadio que puede albergar un nivel medio de espectadores.

En la tabla siguiente se resumen las conclusiones obtenidas en cuanto a las exigencias de iluminación de las glorietas, el aparcamiento y el estadio de fútbol en base a todo lo expuesto en los párrafos anteriores.

Exigencias lumínicas rotondas, aparcamiento y estadio					
Elemento a iluminar	Clase alumbrado	Iluminancia media $E_m(lux)$	Iluminancia mínima $E_{min}(lux)$	Uniformidad media $U_m$	Deslumbramiento máximo
Glorieta Ronda del Castell - Calle Valencia	S1	15	5	0,5	GR 45
Glorieta Ronda del Castell - Calle L'Almara	S2	10	3	0,5	GR 45
Aparcamiento mercado	CE3	15	No especificado	0,4	No especificado
Campo de fútbol	No pertinente	200	No especificado	0,6	GR 50

Tabla 5: Exigencias lumínicas rotondas, aparcamiento y estadio

## 2.2 Determinación de la disposición preliminar de las luminarias

En este apartado se ha decidido la forma de disponer las luminarias a lo largo de las vías a iluminar. Básicamente se tienen tres formas comunes de distribuir las luminarias a lo largo de la vía, las cuales se exponen a continuación:

- **Distribución unilateral:** Todas las luminarias se disponen en una única fila en uno de los lados de la calle. Esta disposición se emplea cuando el ancho de la vía a iluminar no es demasiado grande de modo que es posible iluminarla empleando alturas del punto de luz aceptables. En la imagen siguiente se muestra un ejemplo de distribución unilateral:

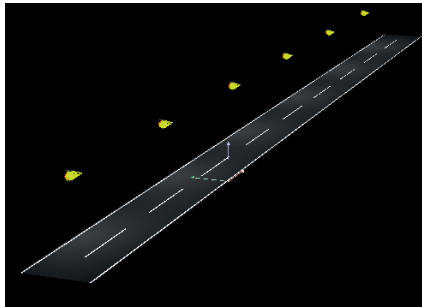


Ilustración 7: Ejemplo de distribución unilateral

- **Distribución al tresbolillo:** Las luminarias se disponen en dos filas, una a cada lado de la calle, pero las luminarias no se encuentran enfrentadas si no que ambas filas se encuentran desplazadas lateralmente una respecto de la otra. La imagen siguiente muestra un ejemplo:

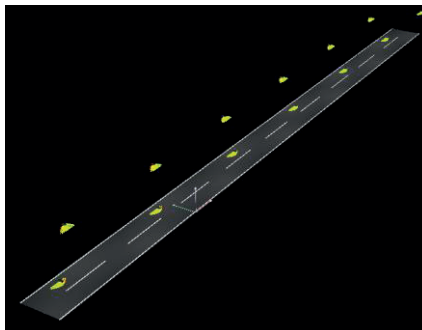


Ilustración 8: Ejemplo de distribución al tresbolillo

- **Distribución bilateral pareada:** Las luminarias se disponen en dos filas, una a cada lado de la calle y las luminarias se encuentran enfrentadas tal y como se muestra a continuación:

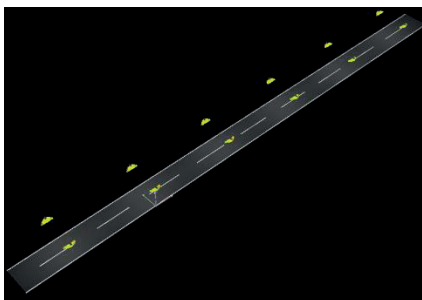


Ilustración 9: Ejemplo de distribución bilateral pareada

En el caso que nos ocupa, para casi todos los grupos de calles se ha optado por una distribución unilateral de las luminarias ya que las calles correspondientes son lo bastante “estrechas” como para permitir que todo su ancho pueda ser iluminado por una única fila de luminarias empleando mástiles de altura asumible.

Por otro lado, para el grupo de calles 1 se ha tenido que optar por una distribución bilateral pareada, esto se debe a que dicha calle presenta un ancho total excesivamente grande (unos 35 m) como para ser iluminado por una sola fila de luminarias.

En cuanto a la distribución al tresbolillo, en este proyecto no se tiene ninguna calle que presente tal disposición de luminarias.

A continuación se expone el procedimiento seguido para establecer los valores iniciales tanto de la altura como de la separación de las luminarias con los que se han realizado los cálculos preliminares en cada uno de los grupos de calles.

Para la altura de las luminarias se ha establecido el mismo valor que el ancho de calle a iluminar hacia adelante. Como estimación inicial de dicho valor se ha considerado el ancho de calle opuesto a la acera en la que se ha montado la fila de luminarias. Esto es lo que se ha hecho para los grupos de calles 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 cuya distribución de luminarias es la unilateral. Mientras que para el grupo de calles 1, en el cual se ha optado por una distribución de luminarias bilateral pareada, la distancia a iluminar hacia delante de cada una de las dos filas de luminarias será la mitad del ancho de calle que queda entre ambas aceras. Por otra parte, para las calles peatonales se ha tomado el ancho a iluminar como el ancho total de la vía, puesto que para este tipo de calles se van emplear luminarias cuyo haz de luz no se proyecta en una dirección específica.

En cuanto a la separación entre luminarias a lo largo de la calle se ha optado por establecer un valor igual a cinco veces la altura del foco de luz en caso de emplear luminarias de alcance largo y de tres veces la altura del foco en caso de luminarias de alcance medio.

**Para las calles de los grupos 1 y 2** que presentan una clase de alumbrado S2 además de un elevado ancho a iluminar (y por tanto una elevada altura del punto de luz) se ha decidido adoptar un **valor preliminar de separación de luminarias igual a 3 veces la altura del punto de luz**. Esto se debe a que, teniendo en cuenta la experiencia en este tipo de proyectos, los requisitos relativos a la uniformidad de iluminación (iluminancia mínima en este caso) de este tipo de calles probablemente no podrían ser satisfechos con ninguna luminaria de catálogo en caso de que se optase por separaciones mayores.

Por otra parte, **para las calles del grupo 3** cuya clase de iluminación es también S2, pero que poseen un ancho a iluminar (y altura del punto de luz) de tan solo 10 m, se ha decidido adoptar un **valor preliminar de separación de luminarias de 5 veces la altura de punto de luz**. Esto se debe a que se trata de una separación moderada que, a priori, puede permitir sin problemas que se cumplan los requisitos de iluminación con luminarias ofertadas en catálogos. Este mismo razonamiento se ha aplicado a **las calles de los grupos 4, 5, 6, 7 y 8**, que tienen unos requisitos relativos a uniformidad menos restrictivos que las calles 1, 2 y 3, ya que en este caso se trata de calles con clase de alumbrado S3.

En cuanto a **las calles del grupo 9**, también se ha optado por una **separación entre luminarias de 5 veces la altura del punto de luz**. Esto es debido a que, pese a tener unos requisitos de uniformidad más elevados que el resto de calles, el ancho a iluminar (y por tanto el punto de luz) es relativamente reducido.

En la siguiente tabla se muestra un resumen con la disposición y configuración de luminarias que se ha establecido para llevar a cabo los cálculos preliminares. Más adelante en la fase de simulación se realizarán las modificaciones oportunas de acuerdo a las necesidades de cada grupo de calles. Además, aunque en esta fase del proyecto no es importante, se ha indicado en la tabla el tipo de soporte empleado para las luminarias en cada grupo de calles (poste o brazo mural) en función las restricciones de espacio que presentan las aceras de dichas calles.

Disposición preliminar de las luminarias						
Grupo	Ancho genérico del grupo	Distribución de la luminarias	Ancho a iluminar	Altura luminarias	Separación luminarias	soporte
1	35 m	bilateral pareada	14,5 m	15 m	45 m	poste
2	18 m	unilateral	12,5 m	13 m	39 m	poste
3	14 m	unilateral	10 m	10 m	50 m	poste
4	14 m	unilateral	11,5 m	12 m	60 m	poste
5	14 m	unilateral	12,5 m	13 m	65 m	brazo mural
6	12 m	unilateral	11 m	11 m	55 m	brazo mural
7	9 m	unilateral	8 m	8 m	40 m	brazo mural
8	6 m	unilateral	5 m	5 m	25 m	brazo mural
9	4 m	unilateral	4 m	4 m	20 m	columna

Tabla 6: Disposición preliminar de las luminarias

Una vez establecida la disposición geométrica de las luminarias en las calles, se ha procedido a llevar a cabo los cálculos previos necesarios para determinar cuál es el flujo luminoso necesario a instalar en cada una de ellas para cumplir con las exigencias lumínicas que les son de aplicación. En el apartado siguiente se muestra el procedimiento seguido.

### 2.3 Cálculos previos

En este apartado se calcula el flujo luminoso necesario por luminaria que se debería instalar en cada uno de los grupos de calles analizados de forma que se cumpla con las exigencias lumínicas que establece la normativa. Con los resultados de este cálculo se podrá llevar a cabo la selección de luminarias para cada grupo de calles y, finalmente, realizar una simulación luminotécnica empleando un software de cálculo para comprobar que con la selección realizada se cumplen los requisitos luminotécnicos establecidos por la **ITC-EA-02**.

Este cálculo se ha realizado dada la disposición preliminar de luminarias que se ha establecido en la tabla 6 del apartado anterior y realizando una estimación para los valores de los factores de utilización y mantenimiento basada en la experiencia en este tipo de proyectos, tal y como se explica a continuación.



La ecuación empleada para realizar los cálculos previos es la siguiente:

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

Ecuación 1

Dónde:

- **$\Phi$  = Flujo luminoso (lm):** Se trata de la cantidad de lúmenes que deberían emitir las lámparas instaladas, para poder satisfacer las exigencias lumínicas que la **ITC-EA-02** establece en cada caso.
- **$E_m$  = Iluminancia media (lux):** Es el valor medio, en luxes, que la norma exige para cada uno de los casos.
- **$A$  = Área que ilumina cada luminaria ( $m^2$ ):** Se trata del área de la porción de calle que ilumina cada una de las luminarias instaladas. Se calcula como el producto del ancho de vía que recoge cada luminaria (el ancho total de vía –en caso de disposición unilateral- o la mitad del ancho total de vía –en caso de disposición bilateral-) multiplicado por la distancia de separación entre luminarias.
- **$F_U$  = Factor de utilización:** Se trata del cociente entre el flujo luminoso recibido por la superficie de la vía y el que en realidad emite la lámpara, es decir, el flujo realmente aprovechado. Se trata de un factor de difícil cálculo exacto ya que depende del tipo de lámpara instalado así como de la disposición geométrica de las luminarias en la calle. Por este motivo **se ha estimado un valor razonable** que establece la experiencia en este tipo de proyectos **de 0,5**.
- **$F_M$  = Factor de mantenimiento:** este factor representa la pérdida de flujo luminoso de la lámpara con el paso del tiempo debido a diversas causas como, por ejemplo, el envejecimiento de la lámpara y el ensuciamiento de la misma. Su valor dependerá de diversos factores como la estanqueidad del sistema óptico de la luminaria, el grado de contaminación de la zona en la cual se instale o la frecuencia de las operaciones de mantenimiento. Al igual que el factor de utilización, se trata de un parámetro de difícil cálculo exacto en esta fase preliminar de diseño por lo que **se ha estimado un valor razonable de 0,75**.

Puesto que tanto el valor del factor de utilización como el del factor de mantenimiento han sido estimados, se deberá corroborar la validez de dicha estimación una vez llevada a cabo la simulación de las calles con las luminarias escogidas.

En la tabla siguiente se muestran a modo de resumen los resultados de los cálculos previos realizados haciendo uso de la **ecuación 1** y los valores obtenidos de flujo luminoso requeridos por cada grupo de calles:

Flujo luminoso calculado							
Grupo	$E_m$ (lux)	Separación luminarias (m)	Ancho a iluminar (m)	A (m <sup>2</sup> )	$F_U$	$F_M$	$\Phi$ (lm)
1	10	45	17,5	787,5	0,5	0,75	21000,00
2	10	39	18	702,0			18720,00
3	10	50	14	700,0			18666,67
4	7,5	60	14	840,0			16800,00
5	7,5	65	14	910,0			18200,00
6	7,5	55	12	660,0			13200,00
7	7,5	40	9	360,0			7200,00
8	7,5	25	6	150,0			3000,00
9	15	20	4	80,0			3200,00

Tabla 7: Flujo luminoso calculado

- **Nota:** El cálculo del flujo luminoso requerido para las glorietas, el aparcamiento y el estadio se expone en las secciones correspondientes del apartado siguiente.

En el siguiente apartado se va a exponer la selección de las luminarias que se ha llevado a cabo a partir de los resultados de la tabla anterior.

## 2.4 Selección de luminarias

En este apartado se recogen las características que deberán presentar las luminarias para cumplir con los requisitos luminotécnicos de cada grupo de calles o elemento a iluminar. Éstas características son fundamentalmente el flujo luminoso y el tipo de distribución fotométrica.

En los anexos se ha incluido un documento en el que se especifican los modelos de luminarias realmente escogidos para llevar a cabo los cálculos del factor de mantenimiento, el presupuesto de explotación o el análisis de la eficiencia energética realizados en la presente memoria. No obstante, a lo largo de esta memoria las luminarias no serán identificadas por su marca y modelo, sino por un código de identificación arbitrario que se expondrá a continuación en este mismo apartado. Con esto se pretende dejar claro que no se tiene una preferencia por un fabricante de luminarias concreto, sino que cualquier fabricante que sea capaz de satisfacer las características mínimas exigidas servirá.

Además también se resumen los parámetros que definen la disposición de luminarias como la altura del punto de luz, la separación entre soportes, el tipo de soporte, etc.

### CALLES GRUPO 1

Este grupo de calles está formado exclusivamente por el tramo 1 de la calle cervantes y presenta un ancho total de 35 m. El ancho de la calzada es de 14 m y dispone a ambos lados de sendas zonas de estacionamiento de 5,5 m. A un lado se encuentra una acera de 6 m de ancho y al otro un carril bici de 2 m junto con otra acera de 2 m.

En la imagen siguiente se muestra una representación en planta de la calle.



Ilustración 10: Calle Grupo 1 en planta

Como se ha explicado en apartados anteriores, dado el elevado ancho de esta calle se ha optado por una disposición bilateral pareada para las luminarias. Ambas filas de luminarias se encontrarán montadas sobre mástiles ya que las aceras disponen de suficiente espacio para permitirlo sin que el tránsito de peatones se vea entorpecido.

Con todo lo anterior y teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 21000 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*), se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de exactamente 21000 lm y con una óptica de distribución extra-ancha, dado el importante ancho de la calle a iluminar. Con esta luminaria se ha llevado a cabo el cálculo de los niveles de iluminación en la calle mediante software de cálculo luminotécnico.

Puesto que los resultados obtenidos en esta primera simulación indicaban un exceso de iluminancia respecto de la requerida (se superaba en un 20% los valores de iluminancia media establecidos por la **ITC-EA-02**), se ha vuelto a simular empleando, esta vez, una lámpara de 20000 lm manteniendo idénticas el resto de características. Además la separación entre mástiles se ha modificado ligeramente de 45 m a 46 m. Con estos pequeños cambios se cumplen los requisitos luminotécnicos de la norma **ITC-EA-02**.

En resumen, para la calle del grupo 1 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 20000 lm
- **Óptica:** Distribución Extra-ancha

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Bilateral pareada. Ambas filas de luminarias a una distancia de 8 m del borde de la calzada.
- **Características del soporte:** Poste montado sobre acera con una inclinación del brazo de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 15 m
- **Separación entre luminarias:** 46 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 1 será: **G1-200X**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a decidido usar para este proyecto.

## CALLES GRUPO 2

Este grupo de calles está también formado por una única vía, la calle Virgen de la cabeza. El ancho total de esta calle es de 18 m. La calzada es de 6 m y dispone a ambos lados de sendas zonas de estacionamiento: una de ellas de 4,5 m de ancho y la otra de 2 m. Así mismo dispone a un lado de una acera de 3 m de ancho y de un carril bici de 2 m.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:

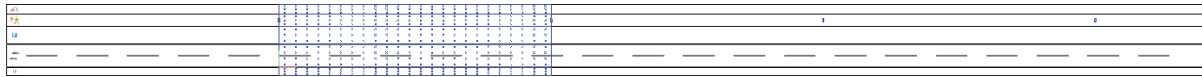


Ilustración 11: Calle Grupo 2 en planta

En esta calle se ha optado por una distribución de luminarias unilateral dado que, a diferencia de la calle del grupo 1, el ancho a iluminar es asumible por una única fila de ellas. Las luminarias irán montadas sobre mástiles ya que se dispone de suficiente espacio en la acera para permitirlo sin entorpecer el tránsito de peatones.

Con todo lo anterior y teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 18720 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*), se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 19000 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Para obtener un resultado óptimo la altura del punto de luz se ha tenido que modificar de 13 m a 14 m.

En resumen, para la calle del grupo 2 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 19000 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 1 m del borde de la acera.
- **Características del soporte:** Poste montado sobre acera con una inclinación del brazo de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 14 m
- **Separación entre luminarias:** 39 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 2 será: **G2-190M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

## CALLES GRUPO 3

Este grupo de calles lo conforman dos vías, la calle Valencia y el tramo 1 de la calle Pintor Goya. El ancho total de este grupo de calles es de 14 m. La calzada es de 7 m y dispone a un lado de una zona de estacionamiento de 2 m de ancho junto con una acera de 4 m y al otro lado de una acera de 1 m de ancho.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:



**Ilustración 12: Calle Grupo 3 en planta**

En este grupo de calles se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre mástiles que se podrán situar sin problemas sobre la acera de 4 m de ancho.

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 18666,67 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 18000 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Para obtener un resultado óptimo la distancia entre mástiles se ha modificado de 50 m a 52 m.

En resumen, para las calles del grupo 3 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 18000 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

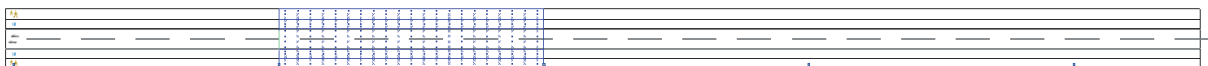
- **Distribución:** Unilateral. Luminarias justo a la altura del borde de la acera.
- **Características del soporte:** Poste montado sobre acera con una inclinación del brazo de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 10 m
- **Separación entre luminarias:** 52 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 3 será: **G3-180M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

#### **CALLES GRUPO 4**

Este grupo de calles lo conforman dos vías, la Ronda del Castell y el tramo 2 de la calle Pintor Goya. El ancho total de este grupo de calles es de 14 m. La calzada es de 5 m y disponen a ambos lados de una zona de estacionamiento de 2 m de ancho junto con dos aceras de 2,5 m.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:



**Ilustración 13: Calle Grupo 4 en planta**

En este grupo de calles se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre mástiles que se situarán en una de las dos aceras dado que éstas disponen de un ancho de paso suficiente como para permitirlo.

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 16800 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 17000 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Para obtener un resultado óptimo la distancia entre mástiles se ha modificado de 60 m a 63 m y la altura del punto de luz se ha cambiado de 12 m a 13 m.

En resumen, para las calles del grupo 4 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 17000 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 1,5 m del borde de la acera.
- **Características del soporte:** Poste montado sobre acera con una inclinación del brazo de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 13 m
- **Separación entre luminarias:** 63 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 4 será: **G4-170M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

## CALLES GRUPO 5

Este grupo de calles lo integra una única vía, El tramo 1 de la calle l'Almara. El ancho total de este grupo de calles es de 14 m. La calzada es de 7 m y tiene un carril de estacionamiento a uno de sus lados que mide 3,5 m de ancho. En el lado opuesto dispone de un carril bici de 2 m junto a una acera de 1,5 m.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:



Ilustración 14: Calles Grupo 5 en planta

En esta calle se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre brazos murales que se anclarán a la fachada de los edificios existentes a uno de los lados de la vía ya que la acera existente no dispone de espacio suficiente que permita el empleo de mástiles situados sobre la misma.

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 18200 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 18000 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. El resultado obtenido ha sido satisfactorio sin necesidad de modificar los parámetros iniciales de disposición de luminarias.

En resumen, para las calles del grupo 5 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 18000 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 3,5 m del borde de la calzada.
- **Características del soporte:** Brazo mural con una inclinación de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 13 m
- **Separación entre luminarias:** 65 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 5 será: **G5-180M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

## CALLES GRUPO 6

Este grupo de calles lo integran cinco vías distintas de la zona de estudio. El ancho total de dichas calles es de 12 m. La calzada es de 6 m y tiene a ambos lados dos carriles de estacionamiento de 2 m de ancho así como dos aceras de 1 m de ancho cada una.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:



Ilustración 15: Calles Grupo 6 en planta

En este grupo de calles se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre brazos murales que se anclarán a la fachada de los edificios existentes a uno de los lados de la vía ya que las aceras no disponen de espacio suficiente que permita emplear mástiles situados sobre las mismas.

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 13200 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 13500 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. El resultado obtenido ha sido satisfactorio sin necesidad de modificar los parámetros iniciales de disposición de luminarias.

En resumen, para las calles del grupo 6 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 13500 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 1,5 m del borde de la calzada.
- **Características del soporte:** Brazo mural con una inclinación de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 11 m
- **Separación entre luminarias:** 55 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 6 será: **G6-135M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

## CALLES GRUPO 7

Este grupo de calles es el más amplio de todos los considerados ya que lo integran dieciséis vías distintas de la zona de estudio. El ancho total de las calles de este grupo es de 9 m. La calzada es de 4 m y tiene a ambos lados dos carriles de estacionamiento de 1,5 m de ancho así como dos aceras de 1 m de ancho cada una.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:

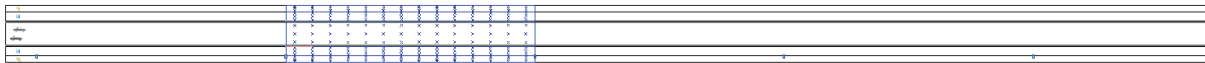


Ilustración 16: Calles Grupo 7 en planta

En este grupo de calles se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre brazos murales que se anclarán a la fachada de los edificios existentes a uno de los lados de la vía ya que las aceras no disponen de espacio suficiente que permita emplear mástiles.

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 7200 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 7600 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Para obtener un resultado óptimo se ha tenido que incrementar la altura del punto de luz de 8 m a 9 m.

En resumen, para las calles del grupo 7 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 7600 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 1,5 m del borde de la calzada.
- **Características del soporte:** Brazo mural con una inclinación de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 9 m
- **Separación entre luminarias:** 40 m



En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 7 será: **G7-76M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

### CALLES GRUPO 8

Este grupo de calles lo integran cinco vías distintas de la zona de estudio. El ancho total de estas calles es de 6 m. La calzada es de 4 m y tiene a ambos lados dos aceras de 1 m de ancho cada una.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:



Ilustración 17: Calles grupo 8 en planta

En este grupo de calles se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre brazos murales que se anclarán a la fachada de los edificios existentes a uno de los lados de la vía ya que las aceras no disponen de espacio suficiente que permita emplear mástiles.

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 3000 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de exactamente 3000 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Para obtener un resultado óptimo se ha tenido que incrementar la altura del punto de luz de 5 m a 6 m, mientras que la separación entre luminarias se ha reducido ligeramente de 25 m a 24 m.

En resumen, para las calles del grupo 8 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 3000 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 0,5 m del borde de la calzada.
- **Características del soporte:** Brazo mural con una inclinación de 3º.
- **Altura del punto de luz:** 6 m
- **Separación entre luminarias:** 24 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 8 será: **G8-30M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

## CALLES GRUPO 9

Este grupo de calles lo integran seis vías distintas que se corresponden con las calles peatonales de la zona de estudio. El ancho total de estas calles es de 4 m y está formado íntegramente por una zona de tránsito peatonal.

En la imagen siguiente se muestra la representación en planta de la calle:



Ilustración 18: Calles Grupo 9 en planta

En esta calle se ha optado por una distribución de luminarias unilateral. Las luminarias se montarán sobre mástiles los cuales se colocarán en fila a una distancia de 1 m de la fachada de los edificios situados a uno de los lados de la vía. De este modo se deja una distancia de paso suficiente de 3 m en el lado opuesto a la fila de luminarias

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso requerido es de 3200 lm (calculado en el apartado 2.3 *Cálculos previos*) se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de exactamente 3200 lm y con una óptica de dispersión estrecha para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Para obtener un resultado óptimo se ha tenido que incrementar ligeramente la separación entre luminarias pasando de 20 m a 21 m.

En resumen, para las calles del grupo 9 se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 3200 lm
- **Óptica:** Distribución estrecha

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** Unilateral. Luminarias a una distancia de 1 m de la fachada más próxima dejando otros 3 m de paso.
- **Características del soporte:** Sobre columna (sin brazo).
- **Altura del punto de luz:** 4 m
- **Separación entre luminarias:** 21 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas en el grupo de calles 9 será: **G9-35M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

## RESUMEN GRUPOS DE CALLES

A continuación se ha incluido una tabla en la que se muestran a modo de resumen los valores preliminares de disposición de las luminarias y el flujo luminoso obtenido en el cálculo preliminar comparados con los valores reales que se emplearán en el proyecto.

Comparación valores preliminares y reales						
Grupo	Φ (lm)		Altura luminarias (m)		Separación luminarias (m)	
	Cálculo preliminar	Luminaria escogida	Disposición preliminar	Disposición real	Disposición preliminar	Disposición real
1	21000	20000	15	15	45	46
2	18720	19000	13	14	39	39
3	18667	18000	10	10	50	52
4	16800	17000	12	13	60	63
5	18200	18000	13	13	65	65
6	13200	13500	11	11	55	55
7	7200	7600	8	9	40	40
8	3000	3000	5	6	25	24
9	3200	3200	4	4	20	21

Tabla 8: Comparación valores preliminares y reales

En la tabla anterior se aprecia que los valores preliminares calculados han sido muy acertados ya que son extremadamente semejantes, cuando no idénticos, a los valores reales que se ha decidido adoptar tras llevar a cabo la simulación luminotécnica.

#### GLORIETA RONDA DEL CASTELL – CALLE VALENCIA

Esta glorieta en la que confluyen la Ronda del Castell y la Calle Valencia presenta un radio interior de 16 m y un radio exterior de 26 m. Con ello se tiene que el ancho de calzada a iluminar es de unos 10 m aproximadamente.

Puesto que el ancho a iluminar hacia adelante es similar al de las calles confluyentes en la glorieta (Calles grupos 3 y 4) se ha decidido que las luminarias poseerán la misma distribución fotométrica que las empleadas en dichos grupos de calles. De este modo se mantiene una cierta continuidad en la iluminación con respecto a las calles adyacentes a la rotonda.

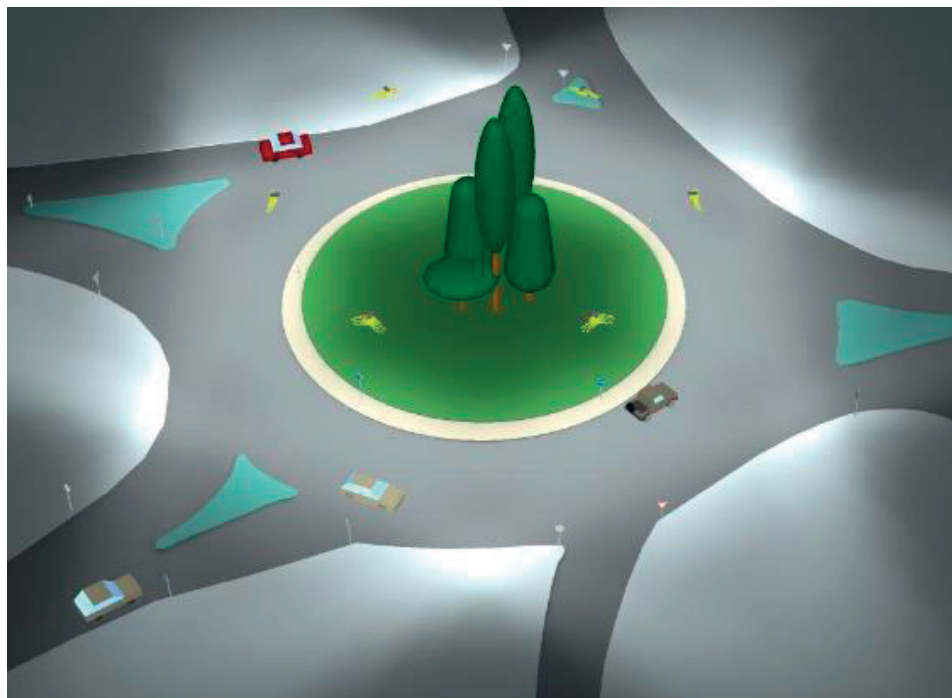
En cuanto a la configuración inicial de las luminarias se ha decidido que la altura del punto de luz sea igual al ancho a iluminar hacia adelante, es decir 10 m. Se emplearán mástiles situados sobre la acera para instalar las luminarias.

En cuanto a la disposición de los mástiles caben dos opciones distintas: Una de ellas es colocarlos formando un círculo por el exterior de la glorieta con las luminarias apuntando hacia el interior de la misma en dirección radial. Esta opción se muestra en la imagen siguiente:



**Ilustración 19: Disposición de las luminarias por el exterior**

La otra opción es situar los mástiles en círculo por el interior de la glorieta de forma que las luminarias apunten hacia el exterior de la misma en dirección radial. Esta opción se muestra en la imagen siguiente:



**Ilustración 20: Disposición de las luminarias por el interior**

Ambas opciones planteadas arrojan buenos resultados en el cálculo luminotécnico, sin embargo se ha decidido finalmente colocar las luminarias por el exterior de la glorieta debido a que esta disposición genera un mayor “guiado visual” a lo largo del trazado la glorieta.

Por tanto los mástiles se colocarán formando una circunferencia por el exterior de la glorieta. El número de luminarias se ha decidido que sea de 6 ya que se ha comprobado que ésta es la configuración con menor número de mástiles necesarios que cumple con los requisitos de uniformidad que establece la **ITC-EA-02**.

Una vez determinado el número de luminarias a emplear y la superficie a iluminar (la superficie correspondiente a la calzada de la glorieta dividida entre 6) se ha empleado la **ecuación 1** para estimar el flujo luminoso requerido por cada luminaria. El resultado es un flujo luminoso requerido de aproximadamente **9445 lúmenes** por luminaria.

Finalmente, teniendo en cuenta el resultado anterior, se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 9400 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. El resultado obtenido ha sido satisfactorio sin necesidad de modificar los parámetros iniciales de disposición de luminarias.

En resumen, para esta glorieta se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 9400 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** 6 luminarias distribuidas de manera equidistante a lo largo del exterior de la glorieta formando una circunferencia de 25 m de radio
- **Características del soporte:** Poste montado sobre acera sin inclinación de brazo.
- **Altura del punto de luz:** 10 m

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas para iluminar esta glorieta será: **GL1-94M**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

#### **GLORIETA RONDA DEL CASTELL – CALLE L’ALMARA**

Esta glorieta en la que confluyen la Ronda del Castell y la Calle L’Almara presenta una geometría particular que la hace distinta de la glorieta analizada en el punto anterior. Se trata de una glorieta “estirada” que presenta una calzada de 7,5 m de ancho.

Se ha decidido que las luminarias poseerán la misma distribución fotométrica que las empleadas en las calles que confluyen en la misma (Calles grupos 4 y 5). De este modo se mantiene una cierta continuidad en la iluminación con respecto a las calles adyacentes a la rotonda.

La altura del punto de luz se ha establecido en aproximadamente igual al ancho a iluminar hacia delante, que es el ancho de la calzada de la glorieta, es decir, a 8 m de altura. Las luminarias se instalarán sobre mástiles que se situarán sobre la acera.

En cuanto a la disposición de los mástiles, éstos se situarán por el exterior de la glorieta con las luminarias apuntando hacia el centro de la misma. Esta decisión se justifica por las mismas razones que las aportadas para la glorieta del apartado anterior.

El número de luminarias se ha decidido que sea de 8 ya que se ha comprobado que ésta es la configuración con menor número de mástiles necesarios que cumple con los requisitos de uniformidad establecidos por la **ITC-EA-02** para esta glorieta.

En la imagen siguiente se muestra una representación de la glorieta realizada en el programa de cálculo luminotécnico con la disposición de luminarias escogida. En ella puede apreciarse lo particular de su geometría.



Ilustración 21: Glorieta Ronda del Castell - Calle L'Almara

Dado el número de luminarias escogido y la superficie a iluminar (la superficie correspondiente a la calzada de la glorieta dividida entre 8) se ha empleado la **ecuación 1** para estimar el flujo luminoso requerido por cada luminaria. El resultado es que cada una requiere aproximadamente **2888 lúmenes**.

Finalmente, teniendo en cuenta lo anterior, se ha escogido una luminaria IP 66 equipada con lámpara LED de 3000 lm y con una óptica de dispersión media para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. Puesto que el resultado obtenido no alcanzaba a satisfacer los requisitos mínimos de iluminancia media se ha llevado a cabo una segunda simulación modificando la altura del punto de luz de 8 m a 7 m. como en este caso lo que no se cumplía era el requisito relativo a la uniformidad media se ha tenido que llevar a cabo una tercera simulación empleando luminarias de 3400 lm y con la altura del punto de luz inicial de 8m. El resultado obtenido en ese caso ha sido satisfactorio.

En resumen, para esta glorieta se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Lámpara:** LED
- **Flujo luminoso:** 3400 lm
- **Óptica:** Distribución media

Con la siguiente disposición:

- **Distribución:** 8 luminarias distribuidas de manera equidistante a lo largo de la circunferencia exterior de la glorieta. Puntos de luz a 1,5 m del borde de la acera (sobre la calzada)
- **Características del soporte:** Poste montado sobre acera sin inclinación de brazo.
- **Altura del punto de luz:** 8 m

En adelante, el código utilizado para identificar las luminarias usadas en esta glorieta será: **GL2-34M**. Se ha incluido un anexo a la memoria en que se establece el modelo concreto usado en este trabajo.

### APARCAMIENTO MERCADO

El aparcamiento del mercado de Burjassot presenta unas dimensiones aproximadas de 60 m de ancho por unos 100 m de largo, aunque su geometría no es perfectamente rectangular. Puesto que el coste de la instalación se incrementa notablemente con el número de mástiles utilizados, se ha intentado lograr la correcta iluminación de esta superficie empleando el número mínimo de ellos, es decir, cuatro mástiles sobre los que se colocarán cuatro proyectores.

Como el aparcamiento presenta unos 60 m de ancho, cada luminaria tendrá que alumbrar un ancho total de 30 m. Puesto que, empleando proyectores es posible iluminar una distancia hacia adelante de hasta dos veces la altura del punto de luz (apuntando el foco a una distancia aproximadamente igual a la altura de dicho punto), se concluye que se tendría que emplear cuatro mástiles de 15 m.

En la imagen siguiente se muestra la representación del aparcamiento en cuestión en el programa de cálculo luminotécnico con la disposición de luminarias escogida:

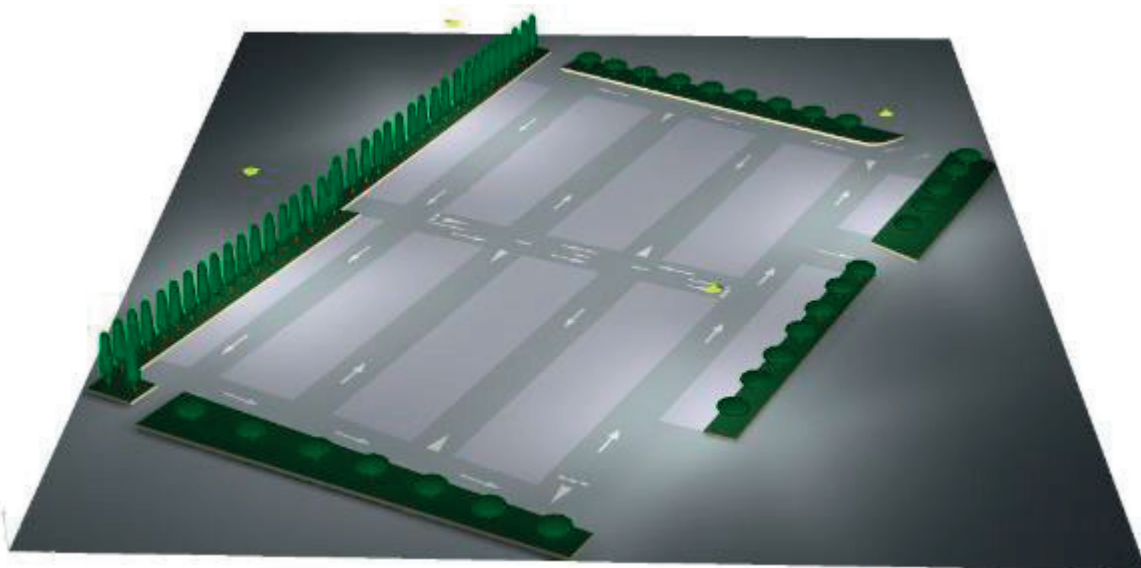


Ilustración 22: Aparcamiento del mercado de Burjassot

Dado el número de luminarias escogido y la superficie a iluminar (la superficie correspondiente al aparcamiento dividida entre cuatro) se ha empleado la **ecuación 1** para estimar el flujo luminoso requerido por cada luminaria. El resultado es que cada una requiere aproximadamente **57300 lúmenes**.

Finalmente, teniendo en cuenta lo anterior, se ha escogido un proyector LED con grado de protección IP 66, de 60000 lm y con una óptica de dispersión extra-ancha para llevar a cabo el cálculo de los niveles de iluminación. El resultado óptimo se ha obtenido dando a las luminarias una inclinación respecto de la vertical de 13º.

En resumen, para el aparcamiento se deberá usar una luminaria con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 66
- **Proyector:** LED
- **Flujo luminoso:** 60000 lm
- **Distribución fotométrica:** extra-ancha

Con la siguiente disposición:

- **Características del soporte:** columna. Los proyectores tendrán una inclinación de 13º respecto de la horizontal.
- **Altura del punto de luz:** 15 m
- **Distribución:** 2 luminarias por cada lado largo del aparcamiento separadas unos 50 m entre sí. A continuación se ha incluido un plano de planta del aparcamiento en el que se han señalado mediante círculos de color rojo la posición concreta donde se instalarán las luminarias.

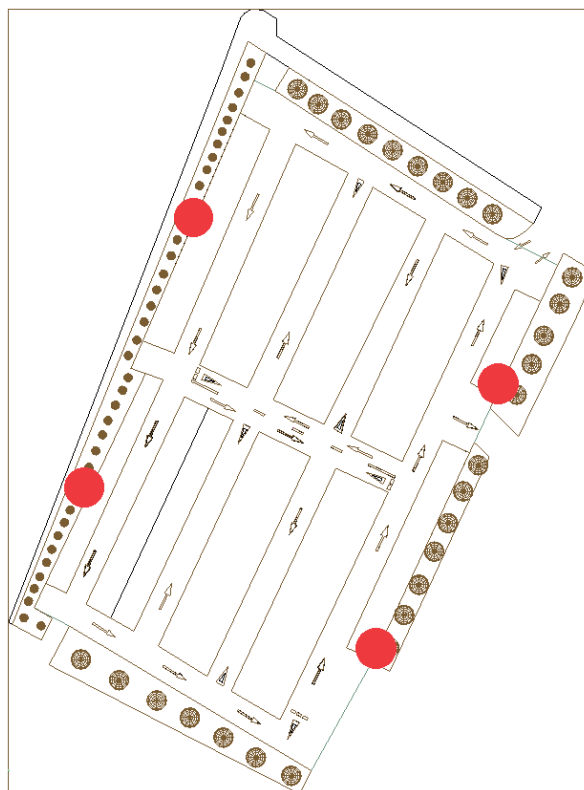


Ilustración 23: Disposición de las luminarias en el aparcamiento



En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas para iluminar el aparcamiento será: **AP-600X**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

### CAMPO DE FÚTBOL

El estadio de fútbol del Burjassot C.F. presenta un área de juego de 60 m de ancho por 100 m de largo. El área total del campo es por tanto de 6000 m<sup>2</sup>. Para la iluminación de dicha área se van a emplear proyectores específicos para instalaciones deportivas.

Puesto que el coste de la instalación se incrementa notablemente con el número de mástiles, se ha intentado lograr la correcta iluminación de esta superficie empleando el número mínimo de ellos, es decir, cuatro. Sin embargo, como se comprueba a continuación, cada uno de los cuatro mástiles deberá llevar instalado más de un proyector debido a la elevada superficie a iluminar unida a los altos requisitos de iluminación impuestos por la norma **UNE-EN 12193**.

Empleando la **ecuación 1** se ha calculado el flujo luminoso requerido por cada luminaria en función del número total de luminarias que se va a emplear en el alumbrado del estadio. En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos realizados.

FLUJO REQUERIDO SEGÚN Nº DE PROYECTORES		
Nº de proyectores por mástil	Nº TOTAL de proyectores	Flujo requerido por proyector
1	4	800000
2	8	400000
3	12	266667
4	16	200000
5	20	160000
6	24	133333

Tabla 9: Flujo requerido según nº de proyectores

Puesto que resulta extremadamente difícil encontrar en catálogos proyectores con un flujo luminoso superior a los 200000 lm, se ha decidido emplear cuatro proyectores instalados en cada mástil, lo cual arroja un total de dieciséis proyectores. Por lo tanto, cada uno de los proyectores requiere un flujo de al menos 200000 lúmenes.

En cuanto a la altura de los mástiles empleados ésta se ha encontrado condicionada principalmente por el requerimiento de uniformidad media establecido por la **UNE-EN 12193** para estadios de este tipo (nada menos que del 0,6). Teniendo esta importante restricción, se ha comprobado que la menor altura de instalación de los proyectores que permite cumplirla es de 30 m. Por lo tanto ésta será la altura de los cuatro mástiles que van a ser empleados.

En la imagen siguiente se muestra una representación del campo de fútbol realizada en el programa de cálculo luminotécnico en la que se muestra la disposición de luminarias escogida:



**Ilustración 24: Campo de fútbol Burjassot C.F.**

Finalmente se ha escogido un proyector simétrico con grado de protección IP 65 y con un flujo luminoso de 226000 lm con el cual se ha obtenido un resultado satisfactorio. Actualmente es extremadamente difícil encontrar en el mercado proyectores LED que proporcionen semejante nivel de flujo luminoso, por este motivo los proyectores empleados serán de lámpara de halogenuro metálico.

El principal problema de las lámparas de halogenuro metálico con respecto al LED es su menor vida útil, por lo tanto, para desarrollar una justificación del empleo de este tipo de proyector frente un proyector de luminarias LED (Además de la dificultad de encontrar proyectores LED con flujos luminosos semejantes a los aquí requeridos) se ha incluido un estudio de mantenimiento del mismo en el apartado 2.7 de la presente memoria.

En resumen, para el campo de fútbol se deberá usar una luminaria que cumpla con las siguientes características:

- **Grado de protección IP:** 65
- **Proyector:** halogenuros
- **Flujo luminoso:** 226000 lm
- **Distribución fotométrica:** simétrica

Con la siguiente disposición:

- **Altura del punto de luz:** 30 m
- **Características del soporte:** columna. Los proyectores presentarán la siguiente configuración en cuanto inclinaciones y rotaciones (Más abajo se incluye un plano de planta del campo de fútbol en el que se identifica cada columna):

		Inclinaciones y rotaciones de los proyectores	
		inclinación respecto de la horizontal	rotación respecto de la línea transversal del campo
COLUMNA 1	Proyector 1	55º	45 (mirando hacia la portería)
	Proyector 2	55º	45 (mirando al centro del campo)
	Proyector 3	35º	55 (mirando hacia la portería)
	Proyector 4	35º	45 (mirando al centro del campo)
COLUMNA 2	Proyector 5	55º	45 (mirando hacia la portería)
	Proyector 6	55º	45 (mirando al centro del campo)
	Proyector 7	35º	55 (mirando hacia la portería)
	Proyector 8	35º	45 (mirando al centro del campo)
COLUMNA 3	Proyector 9	55º	45 (mirando hacia la portería)
	Proyector 10	55º	45 (mirando al centro del campo)
	Proyector 11	35º	55 (mirando hacia la portería)
	Proyector 12	35º	45 (mirando al centro del campo)
COLUMNA 4	Proyector 13	55º	45 (mirando hacia la portería)
	Proyector 14	55º	45 (mirando al centro del campo)
	Proyector 15	35º	55 (mirando hacia la portería)
	Proyector 16	35º	45 (mirando al centro del campo)

Tabla 10: Inclinaciones y rotaciones de los proyectores del estadio de fútbol

- **Distribución:** Las columnas se instalarán a una distancia de 32,5 m del eje longitudinal del campo y a 25 m del eje transversal del mismo, tal y como se indica en el siguiente plano de planta del campo:

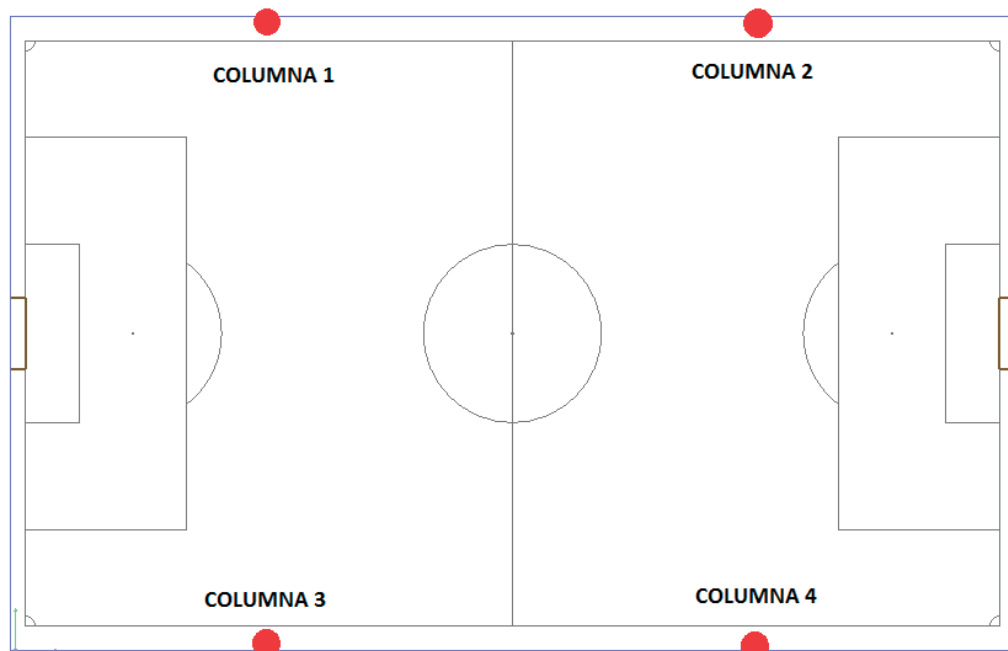


Ilustración 25: Disposición de las luminarias en el campo de fútbol

En adelante, el código empleado para identificar las luminarias empleadas para iluminar el estadio será: **EF-2260A**. Se ha incluido un anexo de la memoria en el que se establece el modelo de luminaria concreto que se va a usar para este proyecto.

A modo de resumen de las soluciones planteadas, se recoge en la siguiente tabla la información relativa a los soportes y la disposición geométrica que se ha establecido para las luminarias (Tipo de soporte, altura del punto de luz, longitud del brazo y separación entre soportes):

<b>Resumen de soportes empleados y disposición de luminarias</b>				
<b>Grupo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Flujo luminoso</b>	<b>Altura</b>	<b>Separación</b>
1	Báculo	20000 lm	15 m	46 m
2	Báculo	19000 lm	14 m	39 m
3	Báculo	18000 lm	10 m	52 m
4	Báculo	17000 lm	13 m	63 m
5	Brazo Mural	18000 lm	13 m	65 m
6	Brazo Mural	13500 lm	11 m	55 m
7	Brazo Mural	7600 lm	9 m	40 m
8	Brazo Mural	3000 lm	6 m	24 m
9	Columna	3200 lm	4 m	21 m
Glorieta Castell - Valencia	Báculo	9400 lm	10 m	-
Glorieta Castell - L'Almara	Báculo	3400 lm	8 m	-
Aparcamiento	Columna	60000 lm	15 m	-
Estadio	Columna	226000 lm	30 m	-

Tabla 11: Resumen flujos luminosos, soportes empleados y disposición de luminarias

## 2.5 Cálculo del Factor de Utilización y del Factor de Mantenimiento reales

### FACTOR DE UTILIZACIÓN

Tras simular y obtener los resultados relativos a los valores luminotécnicos de los distintos grupos de calles se ha llevado a cabo el cálculo tanto del factor de utilización real como del factor de mantenimiento real para comprobar que la estimación realizada sobre dichos valores es razonable.

En cuanto al factor de utilización la fórmula empleada para su cálculo es la siguiente:

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

Ecuación 2

En la anterior fórmula  $\Phi$  es el flujo de la luminaria escogida.  $F_M$  es el factor de mantenimiento, que ha sido también supuesto y deberá ser validado después. Por último, puesto que el programa de cálculo proporciona las iluminancias de los distintos elementos que componen la vía (calzada, aceras, carril

bici, etc.), se ha sustituido el producto  $E_M \cdot A$  por una expresión que pondera dichas iluminancias en todo el ancho de la vía. De modo que la ecuación 2 se transforma en la siguiente:

$$F_U = \frac{\sum(E_{mi} \cdot D_i) \cdot S_{ep}}{F_M \cdot \Phi}$$

Ecuación 3

Dónde:

- $E_{mi}$  = Iluminancia media del elemento i (lux)
- $D_i$  = Ancho del elemento i (m): Es el ancho del elemento i de la vía. (acera, calzada, etc.)
- $S_{ep}$  = Separación de las luminarias (m)

En la tabla siguiente se muestra un resumen con los factores de utilización calculados para los nueve grupos de calles, las dos glorietas, el aparcamiento y el estadio:

Factores de utilización supuestos y calculados		
Grupo	F <sub>U</sub> estimado	F <sub>U</sub> real
1	0,5	0,60
2	0,5	0,55
3	0,5	0,59
4	0,5	0,58
5	0,5	0,58
6	0,5	0,56
7	0,5	0,52
8	0,5	0,53
9	0,5	0,54
Glorieta Castell - Valencia	0,5	0,50
Glorieta Castell -L'Almara	0,5	0,47
Parking	0,5	0,48
Estadio de Fútbol	0,5	0,51

Tabla 12: Factores de utilización supuestos y calculados

Como se puede apreciar los valores reales obtenidos del factor de utilización son por lo general muy próximos a los valores inicialmente estimados. En la mayoría de los casos (salvo dos excepciones) los factores de utilización reales tienen valores superiores a los estimados. Esto es positivo puesto que indica que se está utilizando el flujo de la lámpara de manera más eficiente (Como ya se ha explicado en apartados anteriores, el factor de utilización indica qué porcentaje del flujo emitido por la luminaria “cae” dentro de la zona que se pretende alumbrar, es decir, el flujo que se aprovecha realmente).

Por otra parte, en los dos casos en los que el factor de utilización real es inferior al supuesto la diferencia no es significativa (0,47 y 0,48) por lo que el resultado se da por bueno. En el caso de que los valores hubiesen resultado muy inferiores a los supuestos lo mejor habría sido volver a diseñar y realizar el cálculo empleando una implantación distinta u otro tipo de fotometría ya que eso estaría indicando que se está desperdiciando gran cantidad de luz del total emitido por la luminaria.

## FACTOR DE MANTENIMIENTO

En la **ITC-EA-06** del **REEIAE** se define el factor de mantenimiento como: “la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva”. Es decir, este factor representa la pérdida de flujo luminoso de la lámpara debido al paso del tiempo.

Por otra parte, la **ITC-EA-06** establece la siguiente fórmula para realizar el cálculo del factor de mantenimiento:

$$F_M = F_E \cdot F_S \cdot F_D$$

Ecuación 4

Dónde:

- **FE = Factor de ensuciamiento:** Representa la reducción del flujo luminoso de la lámpara debido al ensuciamiento de la óptica. Depende del grado de protección IP de la luminaria, así como del grado de contaminación del entorno en el que se encuentra instalada y del intervalo de limpieza de la misma. Con estos datos el factor de mantenimiento se obtiene de la tabla 3 de la **ITC-EA-06 del REEIAE**.
  - Todas las luminarias empleadas en este proyecto cuentan con un **grado de protección IP66**.
  - Se ha considerado un **grado de contaminación medio** ya que es el que establece la **ITC-EA-06** para vías urbanas y zonas residenciales con intensidad de tráfico medio.
  - Se establece un **intervalo de limpieza de 3 años** para situarse en el caso más desfavorable.

Considerando lo anteriormente expuesto, se obtiene de la tabla antes mencionada un factor de ensuciamiento de 0,87 para todas las luminarias de tipo LED empleadas en el presente trabajo.

- **FS = Factor de supervivencia de la lámpara:** Representa la inutilización de la luminaria debida a averías. Su valor se puede tomar **igual a 1 en todos los casos** siempre que se garantice que toda avería que produzca la inutilización de una luminaria será reparada en un tiempo inferior a 72 horas.
- **FD = Factor de depreciación:** Representa la reducción del flujo luminoso de la lámpara debido a su envejecimiento. Este factor se obtiene a partir de la información de catálogo del fabricante de la luminaria LED, en el cual se indica la vida útil de la misma. Con esta información se obtienen las llamadas curvas de depreciación de cada luminaria. A continuación se incluyen las curvas de depreciación de las luminarias empleadas en el presente proyecto.

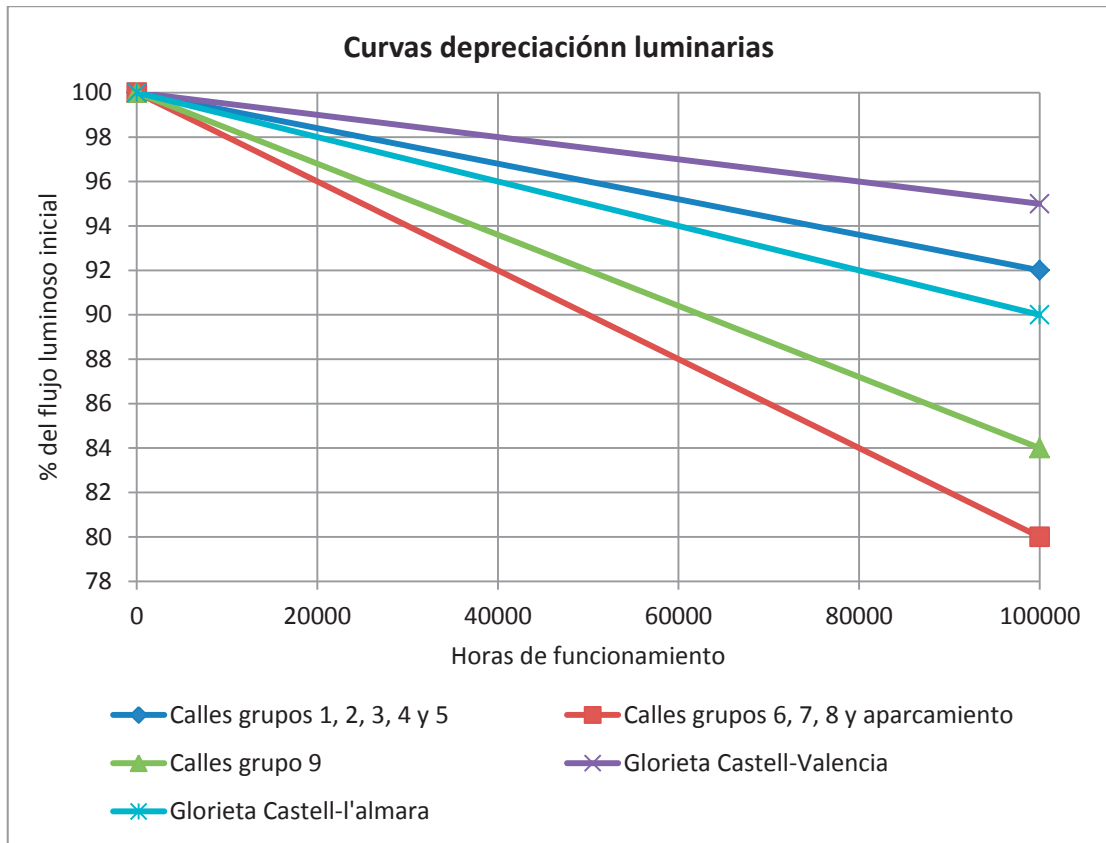


Ilustración 26: Curva de depreciación de las luminarias

Para obtener el factor de depreciación de las luminarias a partir de las curvas anteriores se deben definir las horas de funcionamiento totales para las que se proyecta la instalación. Siguiendo lo establecido por el IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía), estas instalaciones de alumbrado exterior tendrán una **vida útil no menor de 20 años**. Además, se puede considerar que **1 año de uso de la instalación de iluminación equivale a unas 4000 h de funcionamiento**. Por lo tanto, las luminarias de este proyecto tendrán unas **80000 h de funcionamiento totales**. Conocido este dato, las curvas nos proporcionan el valor del factor de depreciación.

Una vez obtenidos tanto el factor de ensuciamiento como el factor de depreciación para cada una de las luminarias del proyecto, se puede aplicar la **Ecuación 4** para obtener el factor de mantenimiento de las mismas.

En la tabla siguiente se resumen los valores de los factores de ensuciamiento, de depreciación y de mantenimiento calculados para cada uno de los modelos de luminarias empleados en este trabajo de fin de máster:

Factor de Mantenimiento					
Grupo	Código de luminaria	F <sub>E</sub>	F <sub>D</sub>	F <sub>M</sub>	F <sub>M</sub> Supuesto
1	G1-200X	0,87	0,936	<b>0,81</b>	0,75
2	G2-190M	0,87	0,936	<b>0,81</b>	0,75
3	G3-180M	0,87	0,936	<b>0,81</b>	0,75
4	G4-170M	0,87	0,936	<b>0,81</b>	0,75
5	G5-180M	0,87	0,936	<b>0,81</b>	0,75
6	G6-135M	0,87	0,84	<b>0,73</b>	0,75
7	G7-76M	0,87	0,84	<b>0,73</b>	0,75
8	G8-30M	0,87	0,84	<b>0,73</b>	0,75
9	G9-35M	0,87	0,872	<b>0,76</b>	0,75
Glorieta Castell - Valencia	GL1-94M	0,87	0,96	<b>0,84</b>	0,75
Glorieta Castell - L'Almara	GL2-34M	0,87	0,92	<b>0,80</b>	0,75
Aparcamiento	AP-600X	0,87	0,84	<b>0,73</b>	0,75

Tabla 13: Factor de mantenimiento

- Nota:** No se ha llevado a cabo el cálculo del valor de FM para los proyectores del estadio de fútbol en este punto ya que para los mismos se ha realizado un estudio de mantenimiento a parte, que se incluye más adelante en este mismo apartado de la memoria.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los valores reales del factor de mantenimiento no son iguales al valor que se había estimado para el mismo en los cálculos preliminares. En determinadas calles el valor real es superior al estimado, mientras que en otras, es algo inferior.

En el primer caso se corre el riesgo de que la iluminancia media de la superficie a iluminar supere el 120% de la iluminancia media que establece la **ITC-EA-02**. Pero, en todo caso, al haberse incrementado el valor de FM también se habrá incrementado el valor de iluminancias medias y mínimas, por lo tanto seguramente será posible optimizar la configuración de luminarias. Por lo tanto es necesario recalcular todas aquellas superficies que se encuentren en esta situación y, en su caso, la mejor opción es incrementar la distancia de separación entre luminarias para cumplir con la norma sin exceder en un 120% los valores de iluminancia media especificados.

En el segundo caso, el problema es que pueden no llegarse a cumplir los valores de iluminancias medias o mínimas puesto que una reducción en el valor de FM implicará una reducción en dichas magnitudes. Por lo tanto, también en este caso se debe recalcular y, de ser necesario, reducir la distancia de separación entre luminarias.

En determinados casos, pese a haber variado el valor del FM no ha sido necesario modificar la configuración de luminarias ya que se ha seguido cumpliendo con la **ITC-EA-02**. Este ha sido el caso de las calles de los grupos 8 y 9, de las dos glorietas y del aparcamiento.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de las modificaciones que se han llevado a cabo en la disposición de las luminarias de los distintos grupos de calles para cumplir con la norma o para optimizar el alumbrado tras el cálculo empleando el valor real de FM.



Grupo	Disposición antes y después de recalcular con el nuevo FM			
	Altura luminarias (m)		Separación luminarias (m)	
	Disposición Antes	Disposición Después	Disposición Antes	Disposición Después
1	15	15	46	50
2	14	14	39	43
3	10	10	52	56
4	13	13	63	68
5	13	13	65	75
6	11	11	55	53
7	9	9	40	39
8	6	6	24	24
9	4	4	21	21

Tabla 14: Disposición antes y después de recalcular con nuevo FM

En la tabla anterior se aprecia lo siguiente:

- En **los grupos de calles 1, 2, 3, 4 y 5** -en los que el factor de mantenimiento real es superior al estimado- se ha tenido que **incrementar la separación** entre luminarias para cumplir con las exigencias normativas.
- En **los grupos de calles 6 y 7** -en los que el factor de mantenimiento real es inferior al estimado- se ha tenido que **reducir ligeramente la separación** entre luminarias (tan solo 1 m).
- En **los grupos de calles 8 y 9**, a pesar de que FM real es distinto al supuesto (en el primer caso inferior y en el segundo caso superior), en estos dos casos se sigue cumpliendo con la norma, por tanto, **no ha sido necesario realizar modificaciones** en su disposición de luminarias.
- En ningún caso se ha modificado la altura de las luminarias inicialmente adoptada.

En la tabla anterior no aparecen ni las glorietas ni el aparcamiento debido a que, como se ha explicado anteriormente, no ha sido necesario realizar modificaciones en ellos.

También se ha llevado a cabo **de nuevo el cálculo del FU** con los resultados luminotécnicos producidos por las nuevas disposiciones de luminarias. En todos los casos se tiene que el **FU es prácticamente idéntico** al obtenido anteriormente en este mismo apartado de la memoria.

## ESTUDIO DE MANTENIMIENTO DE LOS PROYECTORES DEL ESTADIO DE FÚTBOL

Como se ha explicado anteriormente, para iluminar el estadio de fútbol se empleará un total de 16 proyectores de uso específico para instalaciones deportivas con un flujo luminoso de 226000 lm cada uno de ellos. A día de hoy resulta extremadamente difícil, por no decir imposible, encontrar fabricantes de calidad que oferten proyectores LED con semejante nivel de flujo. Por este motivo se deberá elegir otro tipo de opciones.

Una de las opciones posibles en este caso es emplear lámparas de halogenuros metálicos. El principal inconveniente que plantean este tipo de lámparas es que su vida útil es notablemente inferior a la de

las lámparas LED. Por lo tanto, para justificar el uso de halogenuros es necesario realizar un estudio de mantenimiento a parte tal y como se expone a continuación.

Para ello, se han obtenido, del fabricante del proyector, las curvas de depreciación y mantenimiento de la lámpara en cuestión. La primera, como ya se ha explicado anteriormente, representa la reducción del flujo luminoso de la lámpara con el paso del tiempo debido al envejecimiento de la misma. La segunda, representa el porcentaje de luminarias que fallarán debido a averías en función del tiempo de funcionamiento de la lámpara.

Dichas curvas son las siguientes:

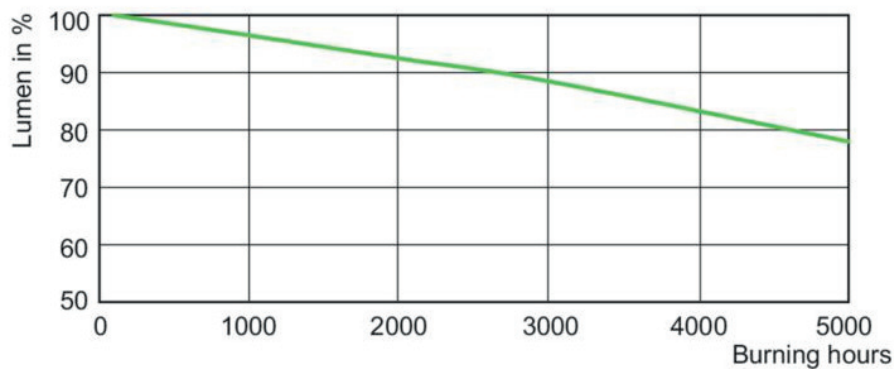


Ilustración 27: Curva de depreciación proyector campo de fútbol

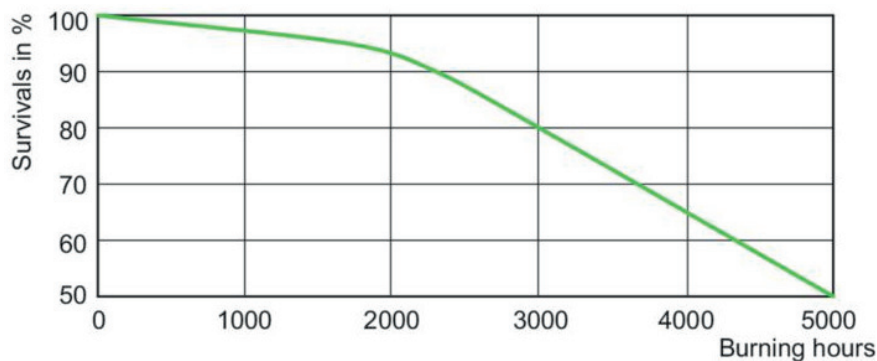


Ilustración 28: Curva de mantenimiento proyector campo de fútbol

El estadio de fútbol presenta una media de dos horas diarias de uso, es decir unas 730 horas de uso al año. Si se programa un intervalo de mantenimiento de los proyectores de 3 años (el mismo intervalo que para el resto de luminarias del proyecto), se tiene que los proyectores tendrán un tiempo de funcionamiento de unas 2200 horas antes de cada sesión de mantenimiento.

De la curva de depreciación se obtiene que a las 2200 horas de funcionamiento **el flujo del proyector se habrá reducido hasta el 92% de su valor inicial**. Por otra parte, de la curva de mantenimiento se obtiene que a las 2200 horas **habrán fallado el 90%** de las lámparas.

Acudiendo a la tabla 3 la **ITC-EA-06**, se obtiene el factor de ensuciamiento de la lámpara con el intervalo de limpieza propuesto de 3 años. Sabiendo que el grado de protección de este proyector es un IP65 y considerando un grado de contaminación medio -como se ha explicado anteriormente-, se tiene que el **FE para esta luminaria es del 0,87**.

Con todo lo anterior se tiene que a los tres años de funcionamiento de la lámpara se tiene una reducción del flujo al 72% de su valor inicial, es decir, un **factor de mantenimiento de 0,72**. Recalculando la escena mediante el software de cálculo luminotécnico, se tiene que con este factor de mantenimiento se siguen cumpliendo los requisitos luminotécnicos establecidos por la **UNE-EN 12193**.

En conclusión: las lámparas de halogenuros metálicos poseen una menor vida útil que las lámparas LED y eso podría suponer un incremento excesivo en los costes de mantenimiento. Pero debido a que su uso para la iluminación del estadio de fútbol apenas llega a las dos horas diarias de media, se tiene que su ritmo de pérdida de eficiencia se iguala al del resto de luminarias del municipio. Por este motivo no es necesario llevar a cabo el mantenimiento de los proyectores con una frecuencia muy elevada, sino que resulta más que suficiente realizarlo a intervalos de 3 años, al igual que el resto de luminarias del municipio. Todo esto, unido al hecho de que los proyectores requieren un flujo luminoso muy elevado (200000 lm) -lo cual dificulta enormemente el empleo de proyectores LED para este propósito-, hace que el empleo de lámparas de halogenuros metálicos sea una opción recomendable para este propósito.

## 2.6 Resultados del cálculo luminotécnico en condiciones ideales

Una vez obtenidos los valores reales del factor de utilización y del factor de mantenimiento, y realizados los pertinentes ajustes en la disposición de las luminarias para cumplir los requisitos luminotécnicos establecidos por la **ITC-EA-02**, se tiene que la disposición de luminarias finalmente adoptada es la que se recoge en la siguiente tabla.

<b>Resumen de soportes empleados y disposición de luminarias</b>			
<b>Grupo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Altura</b>	<b>Separación</b>
1	Báculo	15 m	47 m
2	Báculo	14 m	70 m
3	Báculo	10 m	55 m
4	Báculo	13 m	66 m
5	Brazo Mural	13 m	39 m
6	Brazo Mural	11 m	55 m
7	Brazo Mural	9 m	45 m
8	Brazo Mural	6 m	29 m
9	Columna	4 m	12 m
Glorieta Castell - Valencia	Báculo	10 m	-
Glorieta Castell - L'Almara	Báculo	8 m	-
Aparcamiento	Columna	15 m	-
Estadio	Columna	30 m	-

Tabla 15: Resumen disposición final de luminarias

En este apartado se van a exponer los resultados logrados. Éstos se han obtenido empleando un programa de cálculo luminotécnico en el que se han simulado los distintos tipos calles y elementos a iluminar en este proyecto.

Como indica el título del presente apartado se trata de un cálculo en condiciones ideales ya que en el programa han definido las calles como modelos de longitud infinita. De modo que no se tienen en cuenta los diferentes cruces, recodos y las geometrías irregulares que presentan las verdaderas calles individuales de la zona de estudio.

No obstante lo anterior, una vez validada la selección de luminarias mediante el cálculo en condiciones ideales, se llevará a cabo después un cálculo luminotécnico en un escenario que intente aproximarse lo máximo posible a la situación real de las calles y elementos de la zona de estudio y en el que se computará el número real de luminarias que se requerirá instalar en la misma.

Para cada grupo de calles se ha realizado una tabla en la que se indican los niveles de iluminancia media y mínima obtenidos para cada uno de los elementos pertenecientes a la vía (calzada, aceras, etc.) y se han comparado con los niveles de iluminancia exigidos por el reglamento para cada uno de dichos elementos.

Así mismo se ha incluido tras cada tabla una imagen obtenida directamente del software de cálculo luminotécnico en la que se pueden ver, mediante una representación en colores falsos, los niveles de iluminancia obtenidos en la vía.

#### CALLES GRUPO 1

Resultados luminotécnicos Grupo 1								
	Calzada		Acera 1		Acera 2		Carril Bici	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
$E_m$	11,68 lx	10 lx	10,39 lx	10 lx	10,04 lx	10 lx	10,76 lx	10 lx
$E_{min}$	8,2 lx	3 lx	7,23 lx	3 lx	6,74 lx	3 lx	7,88 lx	3 lx

Tabla 16: Resultados luminotécnicos Grupo 1

#### CALLES GRUPO 2

Resultados luminotécnicos Grupo 2						
	Calzada		Acera		Carril Bici	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
$E_m$	10,76 lx	10 lx	11,18 lx	10 lx	10,04 lx	10 lx
$E_{min}$	9,98 lx	3 lx	8,55 lx	3 lx	7,76 lx	3 lx

Tabla 17: Resultados luminotécnicos Grupo 2

#### CALLES GRUPO 3

Resultados luminotécnicos Grupo 3						
	Calzada		Acera 1		Acera 2	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
$E_m$	11,21 lx	10 lx	10,23 lx	10 lx	10,14 lx	10 lx
$E_{min}$	7,13 lx	3 lx	8,45 lx	3 lx	5,52 lx	3 lx

Tabla 18: Resultados luminotécnicos Grupo 3

#### CALLES GRUPO 4

Resultados luminotécnicos Grupo 4						
	Calzada		Acera 1		Acera 2	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
	$E_m$	8,67 lx	7,5 lx	7,5 lx	7,5 lx	8,05 lx
$E_{min}$	3,19 lx	1,5 lx	4,29 lx	1,5 lx	2,42 lx	1,5 lx

Tabla 19: Resultados luminotécnicos Grupo 4

#### CALLES GRUPO 5

Resultados luminotécnicos Grupo 5						
	Calzada		Acera		Carril Bici	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
	$E_m$	8,33 lx	7,5 lx	7,55 lx	7,5 lx	8,0 lx
$E_{min}$	2,47 lx	1,5 lx	1,9 lx	1,5 lx	2,16 lx	1,5 lx

Tabla 20: Resultados luminotécnicos Grupo 5

#### CALLES GRUPO 6

Resultados luminotécnicos Grupo 6						
	Calzada		Acera 1		Acera 2	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
	$E_m$	7,71 lx	7,5 lx	7,62 lx	7,5 lx	8,95 lx
$E_{min}$	5,19 lx	1,5 lx	2,71 lx	1,5 lx	3,45 lx	1,5 lx

Tabla 21: Resultados luminotécnicos Grupo 6

#### CALLES GRUPO 7

Resultados luminotécnicos Grupo 7						
	Calzada		Acera 1		Acera 2	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
	$E_m$	8,42 lx	7,5 lx	7,93 lx	7,5 lx	7,58 lx
$E_{min}$	3,93 lx	1,5 lx	5,88 lx	1,5 lx	3,15 lx	1,5 lx

Tabla 22: Resultados luminotécnicos Grupo 7

#### CALLES GRUPO 8

Resultados luminotécnicos Grupo 8						
	Calzada		Acera 1		Acera 2	
	Result.	Exig.	Result.	Exig.	Result.	Exig.
	$E_m$	8,18 lx	7,5 lx	7,73 lx	7,5 lx	7,55 lx
$E_{min}$	4,03 lx	1,5 lx	6,19 lx	1,5 lx	3,45 lx	1,5 lx

Tabla 23: Resultados luminotécnicos Grupo 8

#### CALLES GRUPO 9

Resultados luminotécnicos Grupo 9		
Camino Peatonal		
	Result.	Exig.
$E_m$	15,62 lx	15 lx
$E_{min}$	6,53 lx	5 lx

Tabla 24: Resultados luminotécnicos Grupo 9

**ROTONDA RONDA DEL CASTELL – CALLE VALENCIA**

	Resultados luminotécnicos Glorieta Ronda del Castell - Calle Valencia	
	Result.	Exig.
$E_m$	16 lx	15 lx
$E_{min}$	10 lx	5 lx
$U_m$	0,61	0,5
Deslumbramiento máximo	GR 41	GR 45

Tabla 25: Resultados luminotécnicos Rotonda Ronda del Castell – Calle Valencia

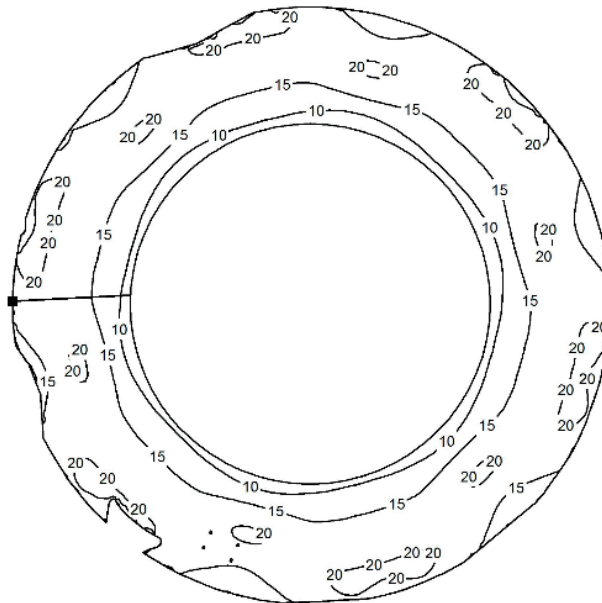


Ilustración 29: Isocías de iluminación Rotonda Ronda del Castell - Calle Valencia

**ROTONDA RONDA DEL CASTELL – CALLE L'ALMARA**

	Resultados luminotécnicos Glorieta Ronda del Castell - Calle L'Almara	
	Result.	Exig.
$E_m$	12 lx	10 lx
$E_{min}$	5,87 lx	3 lx
$U_m$	0,507	0,5
Deslumbramiento máximo	GR 41	GR 45

Tabla 26: Resultados luminotécnicos Rotonda Ronda del Castell – Calle L'Almara

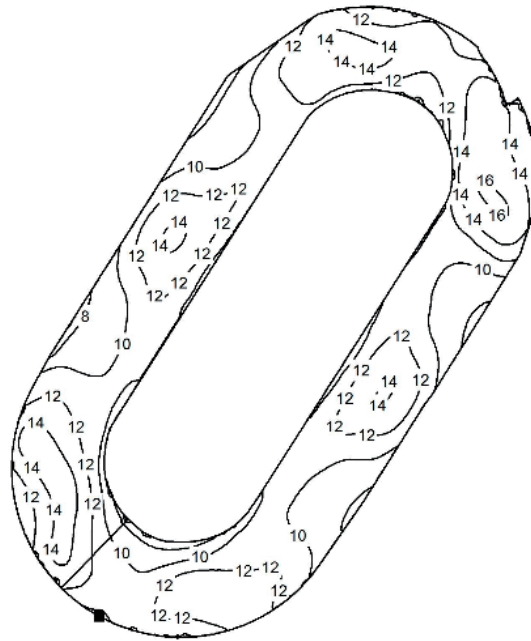


Ilustración 30: Isolíneas de iluminación Rotonda Ronda del Castell - Calle L'Almara

**APARCAMIENTO**

	Resultados luminotécnicos Aparcamiento	
	Resultados	Exigencias
$E_m$	15 lx	15 lx
$U_m$	0,44	0,4

Tabla 27: Resultados luminotécnicos Aparcamiento

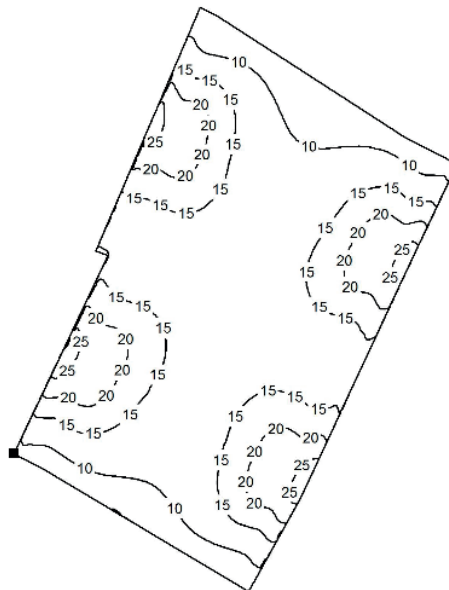


Ilustración 31: Isolíneas de iluminación Aparcamiento

### ESTADIO DE FÚTBOL

	Resultados luminotécnicos Estadio de fútbol	
	Resultados	Exigencias
$E_m$	239 lx	200 lx
$U_m$	0,64	0,6
Deslumbramiento máximo	GR 36	GR 50

Tabla 28: Resultados luminotécnicos Estadio de Fútbol

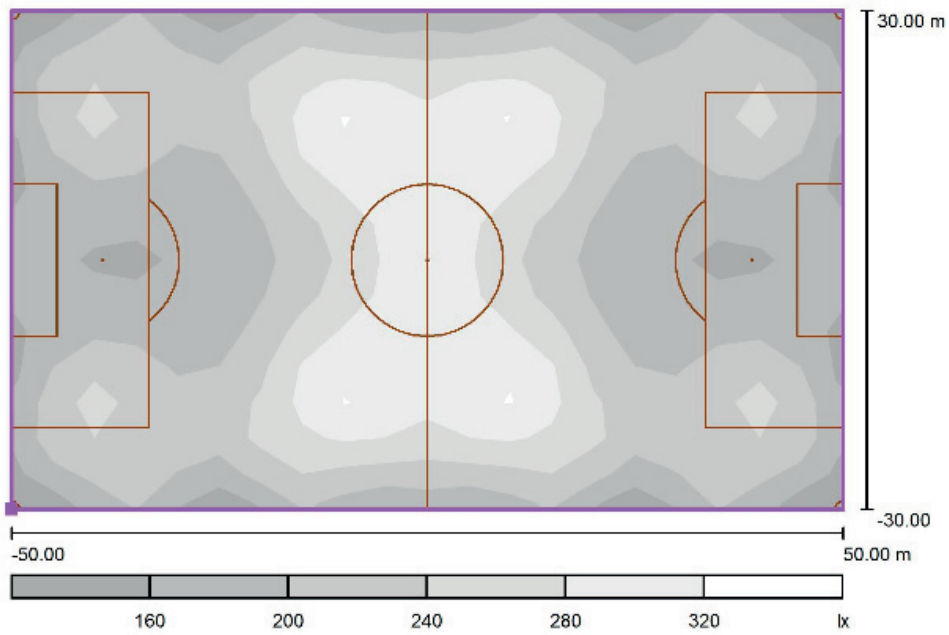


Ilustración 32: Gama de grises campo de fútbol

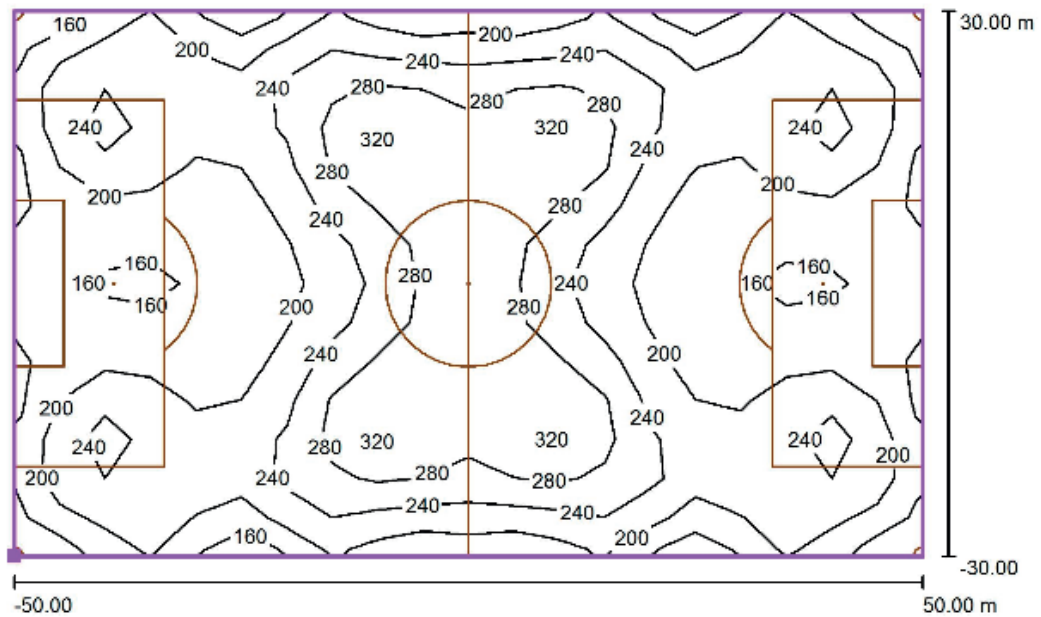


Ilustración 33: Isolineas campo de fútbol



## **2.7 Cálculo luminotécnico de la escena real**

Una vez obtenidos los resultados luminotécnicos de los distintos grupos de viales en condiciones ideales, se ha realizado el cálculo luminotécnico de la zona de estudio en condiciones más próximas a la realidad.

Para ello se ha empleado un programa de cálculo luminotécnico en el que se ha creado un modelo tridimensional de la zona de estudio al completo. En este modelo se ha definido, de la forma más fiel posible a la realidad, la geometría real de las distintas calles que integran la zona para poder realizar un cálculo luminotécnico esta vez en condiciones mucho más próximas a las reales para poder validar la solución planteada.

Una vez definido el modelo de la zona de estudio, se han situado las distintas luminarias seleccionadas en sus calles correspondientes. Para ello se han tenido en cuenta las alturas del punto de luz y las separaciones que se han determinado en apartados anteriores para cada uno de los grupos de calles a los que pertenecen.

A continuación, se ha llevado a cabo una primera simulación y con los resultados obtenidos se han realizado las correcciones oportunas eliminando o añadiendo luminarias en aquellas zonas que por sus particularidades así lo han requerido, por ejemplo en los cruces de calles, esquinas, etc. A continuación se ha vuelto a simular para comprobar si el resultado es satisfactorio y, en caso de ser necesario llevar a cabo nuevas correcciones.

Hay que puntualizar que en esta escena real se han incluido todas las calles del proyecto así como las rotondas, pero no se ha incluido en la misma ni el aparcamiento ni el estadio de fútbol ya que estos elementos no se consideran parte de la vía pública. Además la simulación realizada con el modelo aislado de cada uno de ellos es bastante fiel a la realidad puesto que se ha considerado que la influencia que produce la iluminación del resto de vías cercanas a los mismos tiene un efecto despreciable.

En las imágenes siguientes se muestra la zona objeto del proyecto totalmente iluminada tras llevar a cabo la simulación definitiva.

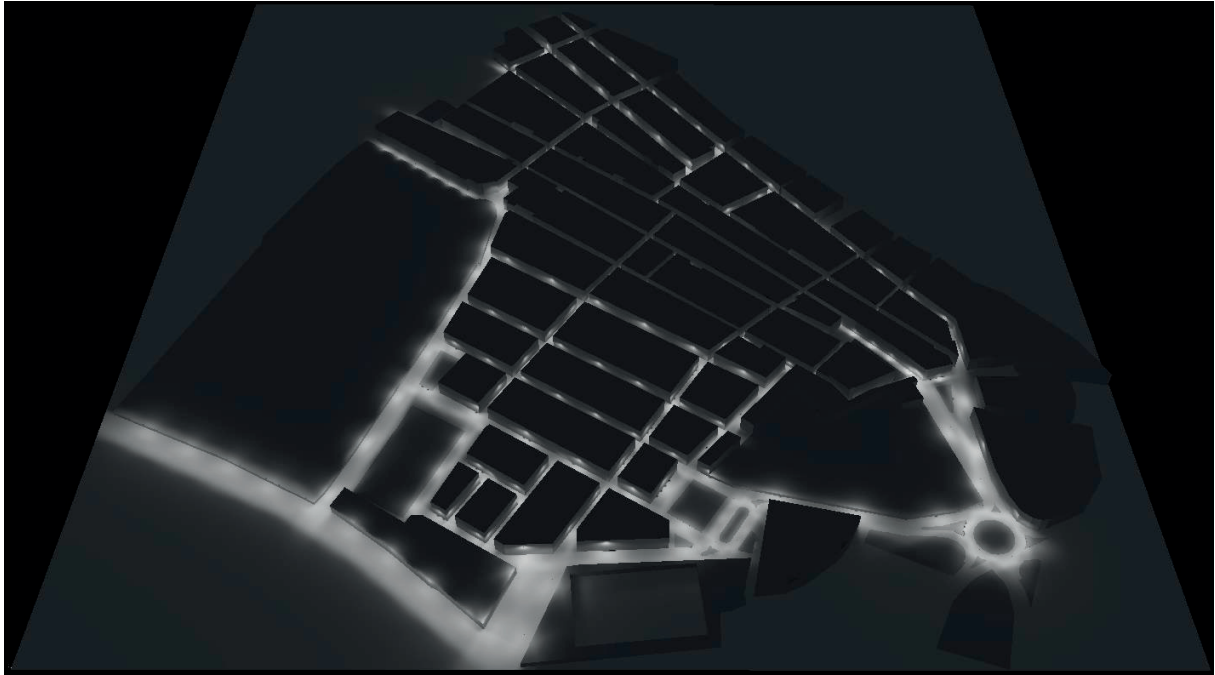


Ilustración 34: Escena real iluminada

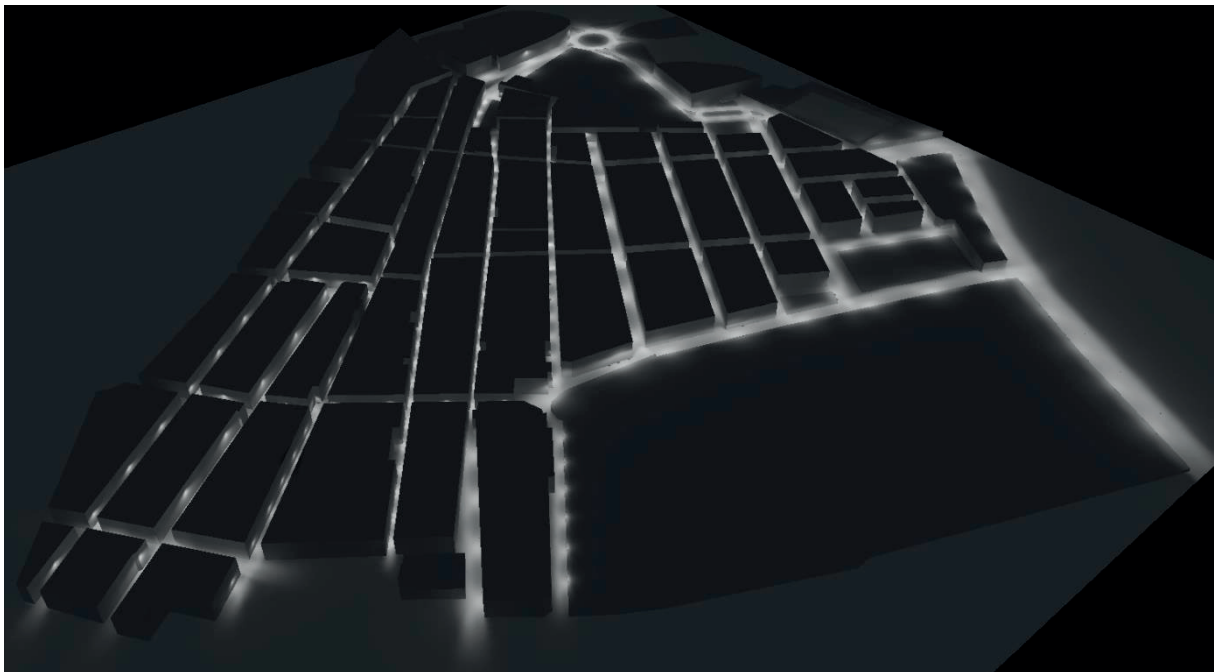


Ilustración 35: Escena real iluminada 2

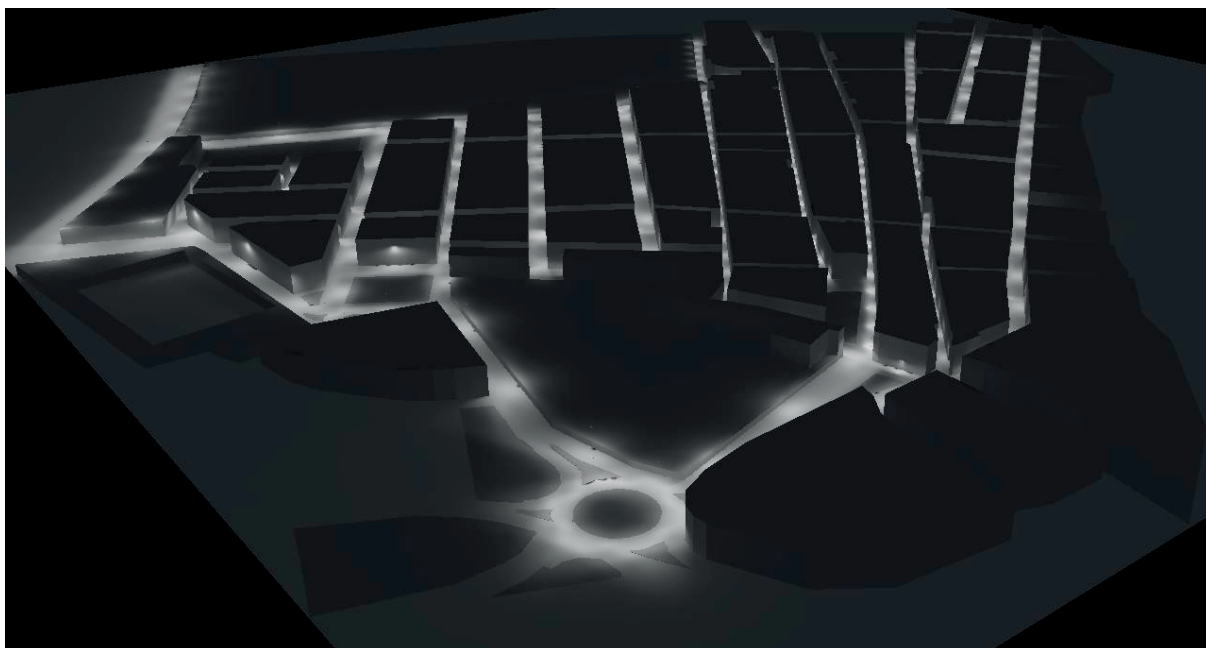


Ilustración 36: Escena real iluminada 3

En la tabla siguiente se recoge a modo de resumen la información relativa a la solución luminotécnica definitiva (número de luminarias de cada tipo a instalar):

Número total de luminarias de cada tipo		
Grupo	Modelo de luminaria	nº luminarias
1	G1-200X	4
2	G2-190M	9
3	G3-180M	9
4	G4-170M	5
5	G5-180M	3
6	G6-135M	21
7	G7-76M	75
8	G8-30M	55
9	G9-35M	66
Glorieta Castell - Valencia	GL1-94M	6
Glorieta Castell - L'Almara	GL2-34M	8
Parking	AP-600X	4
Estadio de Fútbol	EF-2260A	16

Tabla 29: Número total de luminarias de cada tipo

Una vez montada y simulada la escena real se deberían comprobar una a una todas las calles pertenecientes a la zona de proyecto y corroborar que en todas y cada una de ellas se cumplen las exigencias del reglamento.

En este caso, teniendo en cuenta todas las calles de la zona y sus subdivisiones, se debería realizar hasta un total de 40 comprobaciones en caso de que el aquí desarrollado se tratase de un proyecto real. Sin embargo esto excedería los límites de un trabajo de interés básicamente académico como es el presente trabajo de fin de máster. Por este motivo únicamente se ha realizado, a modo de ejemplo de la metodología a seguir en estos casos, la comprobación de tres calles de la escena real para demostrar que, efectivamente, las especificaciones requeridas se cumplen en las mismas.

Concretamente las calles en las que se ha realizado la comprobación de la escena real son: el tramo 1 de la calle Cervantes, la calle Virgen de la Cabeza y el tramo 1 de la calle Pintor Goya. A continuación se muestran los resultados obtenidos para las calles citadas:

### CALLE CERVANTES TRAMO 1

Valores escena real Cervantes tramo 1		
	Resultados	Exigencias
$E_m$	11 lx	10 lx
$E_{min}$	3,99 lx	3 lx

Tabla 30: Valores escena real Cervantes tramo 1

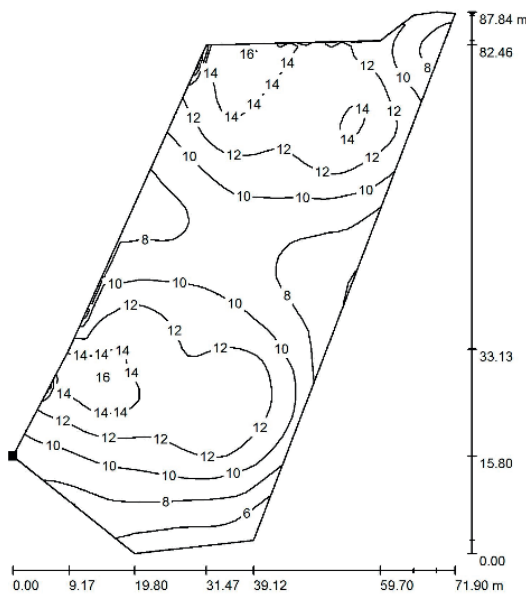


Ilustración 37: Isolineas escena real Cervantes tramo 1

### CALLE VIRGEN DE LA CABEZA

Valores escena real Virgen de la Cabeza		
	Resultados	Exigencias
$E_m$	10 lx	10 lx
$E_{min}$	6,01 lx	3 lx

Tabla 31: Valores escena real Virgen de la Cabeza

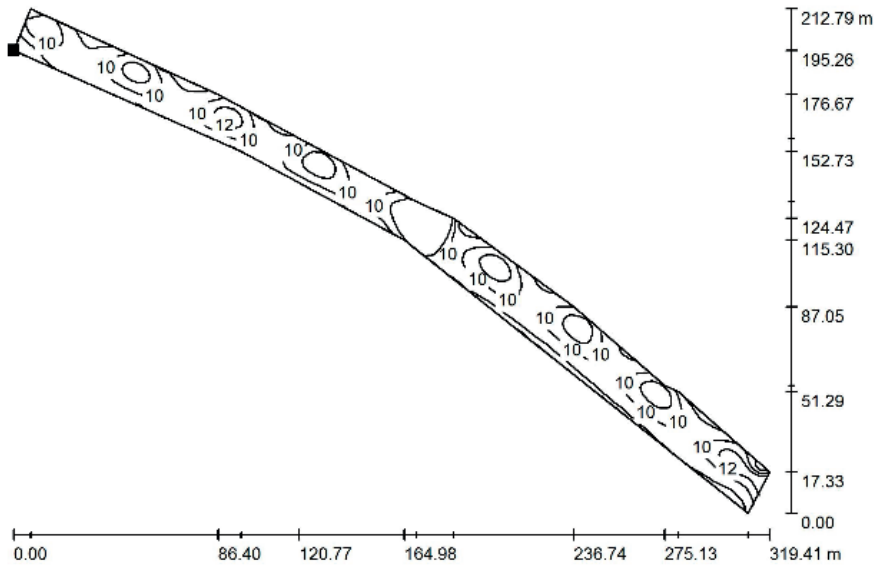


Ilustración 38: Isolíneas escena real Virgen de la Cabeza

**CALLE PINTOR GOYA TRAMO 1**

Valores escena real Pintor Goya tramo 1		
	Resultados	Exigencias
$E_m$	11 lx	10 lx
$E_{min}$	3,49 lx	3 lx

Tabla 32: Valores escena real Pintor Goya tramo 1

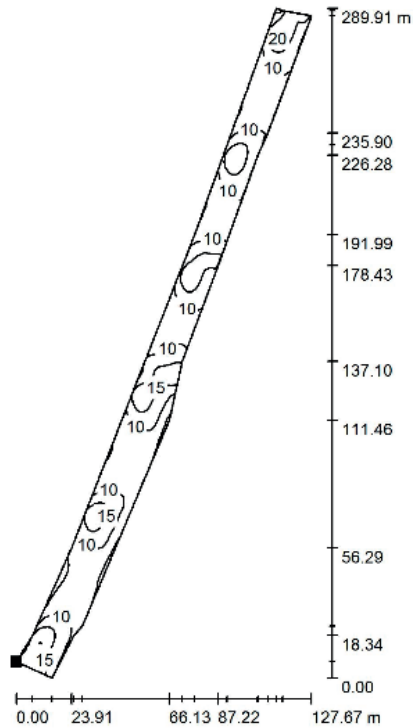


Ilustración 39: Isolineas escena real Pintor Goya tramo 1

Como se aprecia en las tablas anteriores las calles analizadas cumplen con las exigencias luminotécnicas aún con su geometría real. Nótese que en esta ocasión no se han subdividido las vías en calzada, aceras, etc. Si no que los resultados dados por el programa se refieren al total de la calle.

A pesar de no analizar una a una todas las calles de la zona, la simulación mediante el software de cálculo luminotécnico de la escena real aporta datos de gran importancia y utilidad para apartados posteriores. Por ejemplo mediante esta simulación se ha obtenido la cantidad total a instalar de luminarias de cada tipo así como la situación de cada una de ellas en un sistema de coordenadas. Así mismo se obtiene la potencia total instalada, la iluminancia media de toda la zona del proyecto o los niveles de contaminación lumínica producidos por esta instalación. Por este motivo el cálculo luminotécnico de la escena real sigue siendo un elemento de gran importancia en este trabajo.

## 2.8 Eficiencia energética de la instalación

Para el cálculo de la eficiencia energética de la instalación se ha empleado la definición que hace de la misma la **ITC-EA-01 del REEIAE** donde se indica que la fórmula para su cálculo es la siguiente:

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

Ecuación 5

Dónde:

- **$\varepsilon$  = eficiencia energética de la instalación de alumbrado ( $m^2 \cdot \text{lux}/W$ )**
- **S = superficie iluminada ( $m^2$ ):** Se trata de la superficie total de todas las vías a iluminar en la zona de estudio.
- **$E_m$  = iluminancia media de la instalación (lux):** Valor de la iluminancia media obtenida en toda la superficie de viales de la zona de estudio.
- **P = potencia total instalada (W):** Suma de las potencias individuales de todas las luminarias.

La eficiencia ha sido calculada teniendo en cuenta todas las luminarias instaladas en la zona de proyecto salvo las del aparcamiento y las del estadio de fútbol debido a que las mismas no se han considerado como pertenecientes al alumbrado vial.

Teniendo esto último en cuenta los datos recogidos para el cálculo de la eficiencia energética son los siguientes:

- La **superficie total iluminada** se ha calculado mediante un programa de CAD y el resultado obtenido es de **83264,63  $m^2$** .
- La **iluminancia media de la instalación** se ha obtenido tras simular la instalación. Para ello se ha definido una superficie de cálculo que se superpone a todas las calles iluminadas en el proyecto. El resultado obtenido es una iluminancia media en toda la zona de estudio de **9,43 lux**.
- La **potencia instalada** se ha obtenido como la suma de las potencias individuales de todas las luminarias instaladas salvo las del aparcamiento y las del estadio como ya se ha comentado anteriormente. El valor obtenido es de **13019,5 W**. En la tabla siguiente se muestra como ha sido obtenido dicho valor de potencia instalada:

Potencia instalada (W)			
Grupo	nº de luminarias	potencia por luminaria (W)	Potencia total (W)
1	4	120	480
2	9	114	1026
3	9	106	954
4	5	100	500
5	3	106	318
6	21	80	1680
7	75	44,5	3337,5
8	55	18,8	1034
9	66	25	1650
Glorieta Castell -Valencia	6	58	348
Glorieta Castell - L'Almara	8	21,5	172
<b>TOTAL (W)</b>			<b>13019,5</b>

Tabla 33: Potencia instalada

Con todo lo anterior y empleando la **ecuación 5**, el resultado final obtenido es que la instalación de iluminación exterior diseñada en el presente proyecto tiene una **eficiencia energética de 60,31 m<sup>2</sup>·lux/W**.

Para determinar si este valor de eficiencia energética obtenido es aceptable hay que compararlo con los valores de eficiencia energética mínima que exige el reglamento para las instalaciones de alumbrado vial. Para ello se ha empleado la tabla 2 de la **ITC-EA-01 del REEIAE**, en la que se recogen los valores de eficiencia energética mínima en función de la iluminancia media en servicio de la instalación. Dicha tabla se aplica exclusivamente a las instalaciones de alumbrado vial ambiental, es decir, para los viales de tipo C, D y E. Como en la presente zona de estudio todos los viales pertenecen exclusivamente a alguna de esas 3 categorías, la tabla es de aplicación a la instalación de alumbrado de toda la zona.

En este caso la **iluminancia media es de 9,43 lux**, interpolando los valores de la tabla antes mencionada se obtiene que el valor de **eficiencia energética mínimo** exigido para la presente instalación de alumbrado es de **5,77 m<sup>2</sup>·lux/W**.

Puesto que en este caso se tiene que **60,31 > 5,77**, la instalación **cumple sobradamente los requerimientos de eficiencia energética mínima**.

A continuación se va a realizar la calificación energética de la instalación mediante la asignación de una etiqueta que caracterizará el consumo de energía de la misma.

Para ello se ha hecho uso de un nuevo índice que es el índice de eficiencia energética, el cual se define según la **ITC-EA-01** de la siguiente forma:

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

Ecuación 6

Dónde:

- $I_e$  = índice de eficiencia energética
- $\epsilon$  = eficiencia energética de la instalación ( $m^2 \cdot lux/W$ ): Este valor ha sido calculado en párrafos anteriores y es de **68,28  $m^2 \cdot lux/W$** .
- $\epsilon_R$  = eficiencia energética de referencia ( $m^2 \cdot lux/W$ ): Este valor se obtiene de la **tabla 3 de la ITC-EA-01** en función de la iluminancia media de la instalación. En este caso el valor obtenido mediante interpolación entre los valores de la tabla es de **8,54  $m^2 \cdot lux/W$** .

Finalmente el valor del **índice de eficiencia energética obtenido es de 7,1**.

Con el valor obtenido ya se puede obtener la calificación energética de la instalación empleando la **tabla 4 de la ITC-EA-01**. En dicha tabla se indica que aquellas instalaciones con un índice de eficiencia energética superior a 1,1 poseen una calificación energética de A, es decir la mejor calificación de todas.

En el presente caso se ha obtenido un **índice de eficiencia energética de 7,1 > 1,1**. Es decir, no solo se ha logrado la calificación energética más alta posible si no que la eficiencia energética lograda es muy superior a la mínima requerida para obtener la calificación A.

A continuación se incluye la etiqueta de calificación energética de la instalación.

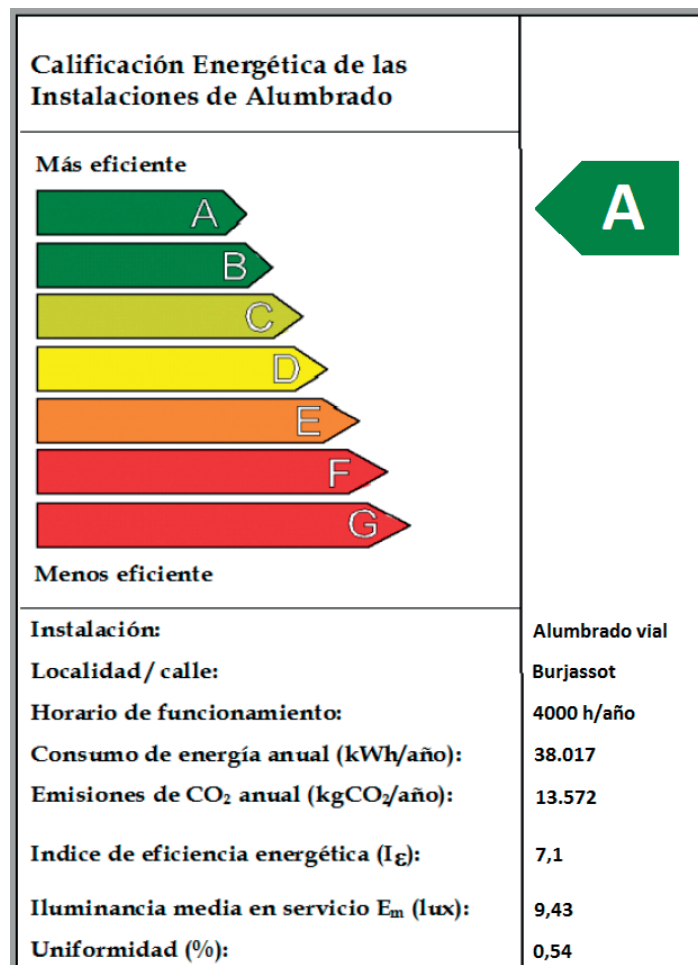


Ilustración 40: Etiqueta de calificación energética



En la siguiente tabla se resumen los valores más importantes que se han obtenido en el estudio de eficiencia energética de la instalación:

Resumen estudio de eficiencia energética de la instalación	
Eficiencia energética (m <sup>2</sup> ·lux/W)	60,31
Eficiencia energética mínima (m <sup>2</sup> ·lux/W)	5,77
Índice de eficiencia energética	7,1
Calificación Energética	A

Tabla 34: Resumen estudio de eficiencia energética de la instalación

## ESTUDIO DE CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

En la etiqueta de calificación energética mostrada anteriormente, se ha incluido el dato de consumo energético de la instalación proyectada, así como su equivalencia en emisiones de CO<sub>2</sub> anuales. En este punto se expone el procedimiento seguido para el cálculo de éstos dos valores.

Para calcular la energía anual consumida por una instalación de alumbrado exterior hay que tener en cuenta que este tipo de instalaciones suelen funcionar con niveles distintos de iluminación en función de la hora de la noche. Esto se debe a cuestiones relacionadas con el ahorro y la eficiencia energética. Para la instalación diseñada en el presente trabajo se ha considerado que dicha instalación funcionará con dos niveles de potencia distintos en función del momento de la noche. Durante un periodo funcionará a su potencia nominal y durante el otro periodo lo hará a la mitad de dicha potencia.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, para el cálculo de la energía anual consumida por la instalación de alumbrado se ha hecho uso de la siguiente ecuación:

$$E_{anual} = P_{nivel\ 1} \cdot t_{nivel\ 1} + P_{nivel\ 2} \cdot t_{nivel\ 2}$$

Ecuación 7

Dónde:

- **E<sub>anual</sub> = Energía consumida anualmente (kWh/año)**
- **P<sub>nivel 1</sub> = Potencia de la instalación en el nivel 1 de iluminación (kW):** Se trata de la potencia consumida por la instalación de alumbrado cuando ésta se encuentra funcionando a su potencia nominal. Esta potencia ha sido calculada anteriormente y **su valor es de 13,02 kW.**
- **P<sub>nivel 2</sub> = Potencia de la instalación en el nivel 2 de iluminación (kW):** Se trata de la potencia consumida por la instalación de alumbrado cuando ésta se encuentra funcionando a la mitad de su potencia nominal. **El valor de esta potencia es de 6,51 kW.**
- **t<sub>nivel 1</sub> = Tiempo de funcionamiento de la instalación al nivel 1 de iluminación (h/año)**
- **t<sub>nivel 2</sub> = Tiempo de funcionamiento de la instalación al nivel 2 de iluminación (h/año)**

Para la obtención de los tiempos de funcionamiento de la instalación en cada uno de los dos niveles, se ha estudiado un día promedio del año, es decir, uno de los dos equinoccios. Se tiene que para la ubicación geográfica del presente proyecto (el municipio de Burjassot), en el día del equinoccio de primavera (20 de Marzo aproximadamente) se produce la salida del sol a las 7:03 h, mientras que la puesta del sol se produce a las 19:13 h. (Ambas horas UTC+1).

El alumbrado exterior normalmente se enciende un tiempo después de la puesta del sol y se apaga un tiempo antes de su salida para aprovechar los minutos de luz crepuscular. Concretamente se ha considerado que la presente instalación se encenderá a las 19:30 h a su potencia nominal y se mantendrá a ese nivel hasta las 23:30, momento en el que se pasará al nivel 2 de potencia. Este nivel se mantendrá hasta las 5:30 h de la madrugada y a continuación se incrementará de nuevo a la potencia nominal hasta el apagado de alumbrado a las 6:30 h.

En la imagen siguiente se muestra un gráfico en el que se han representado los tiempos y niveles de funcionamiento de la instalación.

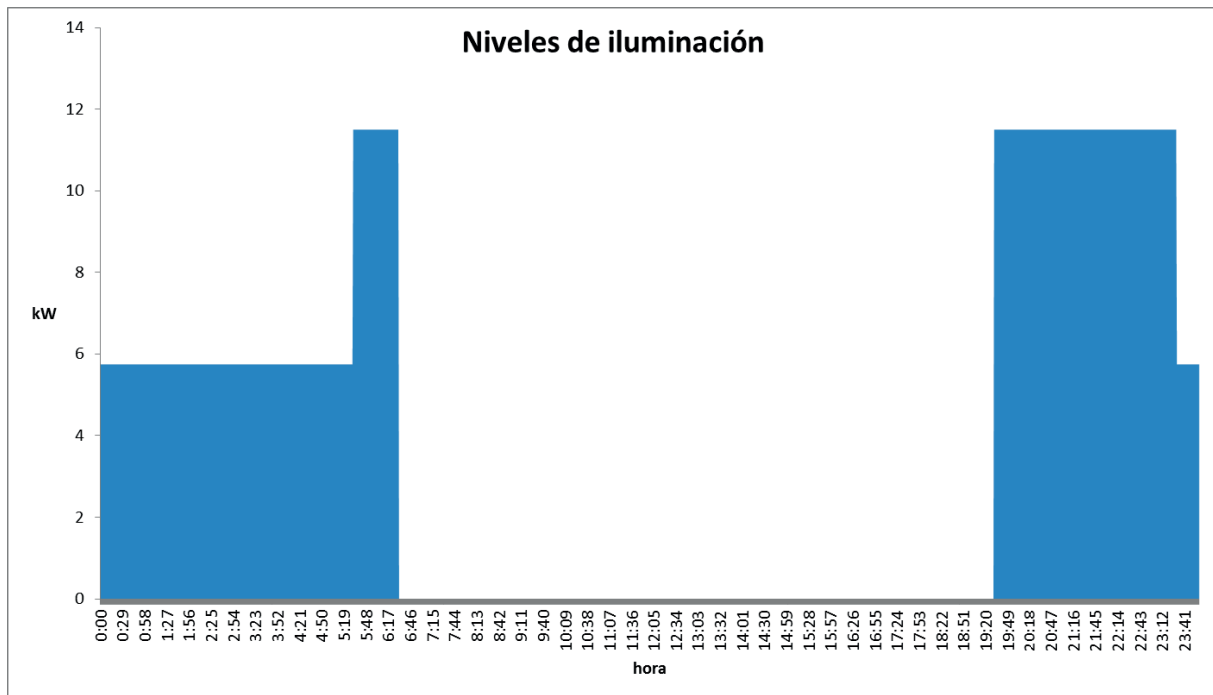


Ilustración 41: Niveles de iluminación

Con todo lo anterior, se tiene que la instalación funcionará al nivel 1 durante 5 horas diarias, mientras que lo hará al nivel 2 durante 6 horas diarias. Esto supone al año un total **1825 horas de funcionamiento al nivel 1** y de **2190 horas de funcionamiento al nivel 2**. La suma de ambos tiempos arroja un total de 4015 horas anuales de funcionamiento de la instalación, que prácticamente coincide es el valor que había sido estimado.

Con estos datos y haciendo uso de la **Ecuación 7** se obtiene la **energía consumida anualmente**, cuyo valor es de **38017 kWh/año**.

Por último se ha realizado la conversión de dicho consumo energético a emisiones de CO<sub>2</sub>. Para ello se ha recurrido a la información que proporciona el IDAE en cuanto a factores de conversión que relacionan la energía consumida con las emisiones del gas de efecto invernadero en función del tipo de energía de que se trate. Concretamente para la energía eléctrica medida en el punto de consumo, el IDAE proporciona un **factor de conversión de 0,357 kgCO<sub>2</sub>/kWh**.

Multiplicando el factor anterior por el valor de energía consumida anualmente, se obtienen las **emisiones de CO<sub>2</sub> totales**. En este caso el valor obtenido es de **13572,5 kgCO<sub>2</sub>/año**.

## 2.9 Análisis de la contaminación lumínica

En este apartado se ha analizado la contaminación lumínica producida por la instalación de alumbrado exterior diseñada en el presente proyecto. Dicha contaminación lumínica, llamada también en el **REEIAE** “resplandor luminoso nocturno”, se define como el porcentaje de luz que es emitida hacia el cielo nocturno.

Para comprobar si la instalación diseñada cumple con lo que a este respecto indica el **REEIAE**, se ha seguido lo establecido en la **ITC-EA-03**. En dicha instrucción técnica se especifica cual es el valor del flujo hemisférico superior instalado (cantidad de luz que es enviada hacia el cielo) máximo que se permite, en función del tipo de instalación de que se trate.

En el presente caso se tiene que toda la zona iluminada en el proyecto se clasifica como **zona E3** (Áreas de brillo o luminosidad media) según la **tabla 1** de la **ITC-EA-03**. Esto es debido a que se trata de una zona urbana residencial en la que se encuentran iluminadas las calzadas y aceras.

De acuerdo con la **tabla 2** de la **ITC-EA-03** el **flujo hemisférico superior instalado ( $FHS_{INST}$ ) máximo permitido** para este tipo las zonas de clasificación E3, como la del presente caso, es del **15%**.

De la simulación en condiciones reales llevada a cabo haciendo uso del programa de cálculo luminotécnico, se ha obtenido que la **cantidad de luz que es enviada hacia el cielo (ULR o Upward Light Ratio)** es del **0,0%**, es decir, es **totalmente despreciable** y por ello la instalación **cumple perfectamente con lo establecido en el reglamento** en cuanto a cuestiones de contaminación lumínica.

### LUZ INTRUSA O MOLESTA

En la **ITC-EA-03**, además de establecer un límite máximo a la contaminación lumínica producida por la instalación de alumbrado, también se establecen límites a una serie de magnitudes relacionadas con las posibles molestias que puede causar un exceso de luz a los residentes de la zona a iluminar en particular y a los usuarios de la vía pública en general. Dichas magnitudes son las siguientes:

- **Iluminancia vertical ( $E_v$ ) en ventanas:** Se trata de la cantidad de flujo luminoso que incide sobre la superficie correspondiente a las ventanas de los edificios. Es necesario limitar esta magnitud ya que, de lo contrario, la luz intrusa que penetraría a través de las ventanas hacia el interior de las viviendas de los residentes en la zona podría causar molestias, especialmente si las ventanas sobre las que incide el flujo luminoso son las correspondientes a un dormitorio.

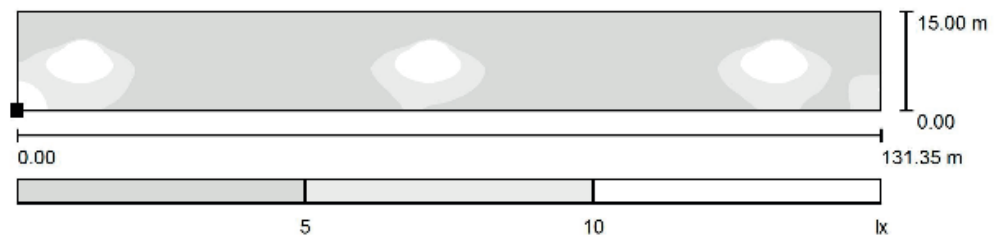
La **tabla 3** de la **ITC-EA-03** establece los valores máximos para la iluminancia vertical en ventanas en función de la clasificación de la zona en cuestión. En el presente caso, toda la zona de proyecto se clasifica como **zona E3**, tal y como se ha determinado en párrafos anteriores. La tabla establece para estos casos que la **iluminancia vertical en ventanas máxima permitida** es de **10 lux**.

En un proyecto real sería necesario comprobar que se cumple la anterior restricción en todas y cada una de las fachadas con ventanas de la zona de proyecto para evitar futuros

problemas relacionados con las posibles quejas que podrían emitir determinados vecinos que se hubieran visto afectados por un exceso de luz intrusa en sus ventanas. No obstante, esto excede los límites de un trabajo de interés puramente académico como es el presente caso y por esa razón se ha llevado a cabo la comprobación de una pequeña muestra de fachadas de la zona de proyecto a modo de ejemplo de lo que se debería llevar a cabo.

- **Ejemplo de fachada de una calle del grupo 6**

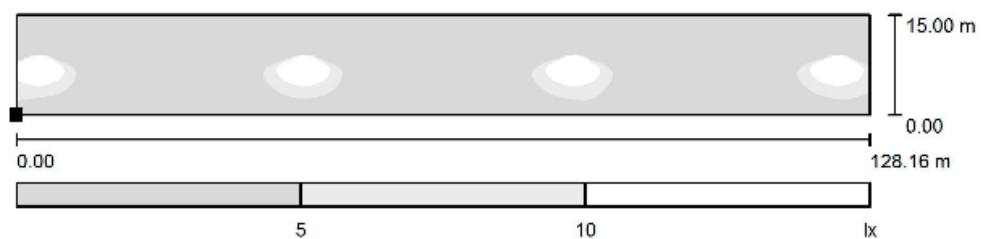
Del programa de cálculo luminotécnico se ha obtenido el siguiente diagrama de grises de una fachada escogida al azar perteneciente a una calle del grupo 6.



La **iluminancia media** sobre esta fachada es de **3,77 lux** y solamente en un área muy reducida cercana a las luminarias se superan los valores máximos de 10 lux. Las luminarias situadas en esta vía presentan una altura de montaje de 11 m, por ello, a la hora de colocar las luminarias en esta vía, será necesario tratar de que éstas se encuentren situadas en los espacios entre ventanas. De esta forma se cumplirá con la restricción impuesta por la **ITC-EA-03**.

- **Ejemplo de fachada de una calle del grupo 7**

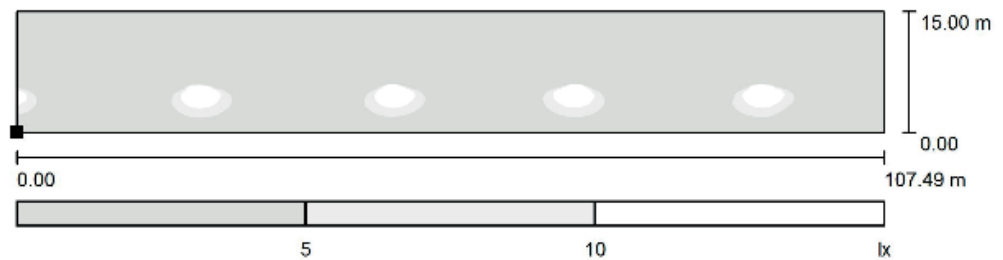
Del programa de cálculo luminotécnico se ha obtenido el siguiente diagrama de grises de una fachada escogida al azar perteneciente a una calle del grupo 7.



La **iluminancia media** sobre esta fachada es de **2,93 lux** y solamente en un área muy reducida cercana a las luminarias se superan los valores máximos de 10 lux. Las luminarias situadas en esta vía presentan una altura de montaje de 9 m, por ello, a la hora de colocar las luminarias en esta vía, será necesario tratar de que éstas se encuentren situadas en los espacios entre ventanas. De esta forma se cumplirá con la restricción impuesta por la **ITC-EA-03**.

- **Ejemplo de fachada de una calle del grupo 8**

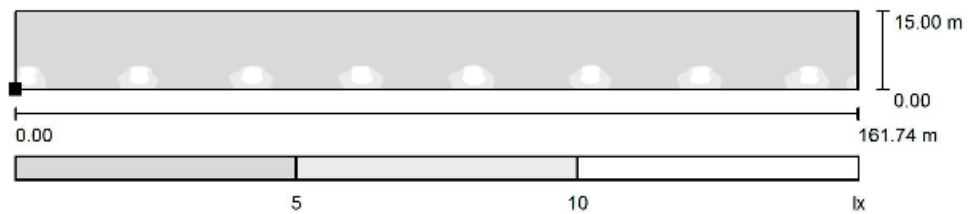
Del programa de cálculo luminotécnico se ha obtenido el siguiente diagrama de grises de una fachada escogida al azar perteneciente a una calle del grupo 8.



La **iluminancia media** sobre esta fachada es de **1,85 lux** y solamente en un área muy reducida cercana a las luminarias se superan los valores máximos de 10 lux. Las luminarias situadas en esta vía presentan una altura de montaje de 6 m, por ello, a la hora de colocar las luminarias en esta vía, será necesario tratar de que éstas se encuentren situadas en los espacios entre ventanas. De esta forma se cumplirá con la restricción impuesta por la **ITC-EA-03**.

- **Ejemplo de fachada de una calle del grupo 9**

Del programa de cálculo luminotécnico se ha obtenido el siguiente diagrama de grises de una fachada escogida al azar perteneciente a una calle del grupo 9.



La **iluminancia media** sobre esta fachada es de **1,97 lux** y solamente en un área muy reducida cercana a las luminarias se superan los valores máximos de 10 lux. Las luminarias de esta vía presentan una altura de montaje de tan solo 4 m y, por tanto, se encuentran por debajo del nivel de las ventanas del primer piso. No obstante, en caso de la fachada presentase ventanas correspondientes a una planta baja habría que colocar las luminarias de forma que queden situadas en el espacio entre ventanas. De esta forma se cumplirá con la restricción impuesta por la **ITC-EA-03**.

- **Luminancia de las luminarias medida como intensidad luminosa (I) emitida por cada luminaria en la dirección potencial de la molestia:** la **ITC-EA-03** establece un límite a la intensidad lumínica procedente de una sola luminaria que puede incidir sobre un transeúnte, para, de este modo, evitar molestias producidas por un exceso de luz.

La **tabla 3** de la **ITC-EA-03** establece, para una **zona E3** (como es el presente caso), un **máximo de 10000 cd** de intensidad procedente de una luminaria individual que pueda incidir sobre un transeúnte. Para el presente trabajo se ha analizado una muestra de un pequeño número de calles (una calle de cada uno de los 9 grupos establecidos en el presente trabajo) sobre las que se ha colocado un punto de cálculo de intensidad lumínica en zonas representativas sobre las que podría encontrarse situado un transeúnte. Los resultados se resumen en la siguiente tabla.

- **Ejemplo calle del grupo 1:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 7172 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $7172 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 2:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 6364 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $6364 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 3:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 6761 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $6761 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 4:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 4273 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $4273 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 5:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 3720 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $3720 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 6:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 2184 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $2184 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 7:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 1841 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $1841 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 8:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 767 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $767 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
  - **Ejemplo calle del grupo 9:** Se tiene que la luminaria que proyecta una mayor intensidad luminosa sobre el punto de cálculo, lo hace con un valor máximo de 1209 cd. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que  $1209 \text{ cd} < 10000 \text{ cd}$** .
- **Luminancia media de las fachadas ( $L_m$ ) que pueda producir molestias como consecuencia de una iluminación excesiva:** la **ITC-EA-03** establece un límite a la densidad superficial de flujo luminoso que es reflejada por las fachadas de la zona de proyecto. Para el cálculo de este factor se ha empleado la ecuación siguiente:

$$L_{med} = E_{med} \cdot \frac{\rho}{\pi}$$

Ecuación 8

Dónde:

- **$L_{med}$  = Luminancia media de las fachadas ( $cd/m^2$ )**
- **$E_{med}$  = Iluminancia media de la zona de estudio:** Su valor se ha obtenido tal y como se ha expuesto en apartados anteriores y es de 9,43 lux.
- **$\rho$  = Reflectividad de las fachadas de los edificios de la zona de estudio:** Este factor depende del color de las distintas fachadas de la zona. Su valor será más cercano a 1 cuanto más claro sea el color de dichas fachadas, mientras que será más cercano a 0 cuanto más oscuro sea ese color. Para realizar este cálculo **se ha hecho una estimación razonable** para dicho valor (como media de todas las fachadas de la zona) **del 0,3.**

La **tabla 3** de la **ITC-EA-03** establece, para una **zona E3** (como es el presente caso), un **máximo de 10  $cd/m^2$** . Aplicando los valores anteriores a la **Educación 8** se obtiene para la **iluminancia media de las fachadas** de la zona de estudio el valor de **0,9  $cd/m^2$** . Por lo tanto se cumplen las exigencias de la norma.

- **Luminancia máxima ( $L_{max}$ ) de señales y anuncios luminosos:** En este caso no se tiene ningún tipo de señal ni anuncio luminoso en toda la zona de estudio.
- **Incremento umbral de contraste (TI):** Este parámetro cuantifica el nivel de pérdida de visión que produce el deslumbramiento en las vías de tráfico rodado. La **tabla 3** de la **ITC-EA-03** establece un límite del 15% a la magnitud de este parámetro. Puesto que resultaría excesivo y sin ningún tipo de interés para este trabajo realizar esta comprobación para todas las calles, se ha realizado la misma para un conjunto reducido de calles. Los resultados son los siguientes:
  - **Ejemplo calle del grupo 6:** Se tiene que el incremento de umbral de contraste para esta calle es del 0,95%. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que 0,95 % < 15%**.
  - **Ejemplo calle del grupo 7:** Se tiene que el incremento de umbral de contraste para esta calle es del 0,95%. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que 0,95 % < 15%**.
  - **Ejemplo calle del grupo 8:** Se tiene que el incremento de umbral de contraste para esta calle es del 1,03%. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que 1,03 % < 15%**.
  - **Ejemplo calle del grupo 9:** Se tiene que el incremento de umbral de contraste para esta calle es del 4,92%. Por lo tanto **se cumple con la norma ya que 4,92 % < 15%**.

### 3. DISEÑO ELECTROTÉCNICO

En este capítulo se va a detallar el procedimiento seguido para el diseño de la instalación eléctrica de baja tensión que alimentará a la instalación de alumbrado público definida en el capítulo anterior.

#### 3.1 Potencia eléctrica instalada en la zona de proyecto

El primer paso en el diseño de la instalación eléctrica ha sido determinar cuál es la potencia eléctrica total instalada en la zona de proyecto para, a continuación, establecer una división de la misma en subzonas que abarquen potencias inferiores a los 10 kW. El motivo de llevar a cabo esta división de la zona de análisis se explica en párrafos posteriores.

Para la obtención de la potencia total instalada se han analizado todas y cada una de las calles de la zona de estudio a partir de la información que ha proporcionado el cálculo en condiciones reales. El procedimiento seguido ha sido el conteo del número de luminarias que incorporará cada calle y su posterior multiplicación por el valor de la potencia individual del modelo de luminaria instalado en la calle correspondiente.

En la tabla siguiente se muestra un resumen del análisis de la potencia instalada en cada calle y la total de la zona de proyecto:

Potencia instalada por calles y total				
Calle	Luminaria	Uds.	P <sub>luminaria</sub> (W)	P <sub>calle</sub> (W)
Cervantes <small>tramo 1</small>	G1-200X	4	120	480
Virgen de la Cabeza	G2-190M	9	114	1026
Calle Valencia	G3-180M	3	106	318
Pintor Goya <small>tramo 1</small>	G3-180M	6	106	636
Ronda del Castell	G4-170M	3	100	300
Pintor Goya <small>tramo 2</small>	G4-170M	2	100	200
L'almara	G5-180M	3	106	318
Calle Huertas <small>tramo 1</small>	G6-135M	1	80	80
Guillem de Castro	G6-135M	6	80	480
Bautista Riera	G6-135M	6	80	480
José Carsí	G6-135M	6	80	480
Plaza San Juan de Ribera	G6-135M	2	80	160
Mestre Fernando Martín <small>tramo 1</small>	G7-76M	4	44,5	178
Cervantes <small>tramo 2</small>	G7-76M	7	44,5	311,5
Beniferri	G7-76M	5	44,5	222,5
Maestro Palau	G7-76M	3	44,5	133,5
Mariano Segarra	G7-76M	2	44,5	89
Plaça de Sequera	G7-76M	4	44,5	178
Maestro Lope	G7-76M	17	44,5	756,5
Emilia Carsí	G7-76M	2	44,5	89
Pintor Pinazo	G7-76M	3	44,5	133,5
Cristobal Sorní	G7-76M	7	44,5	311,5
Maestro Giner	G7-76M	8	44,5	356
Bernat i Baldoví	G7-76M	2	44,5	89
Llirons	G7-76M	2	44,5	89
José Carrau	G7-76M	2	44,5	89
Calle Huertas <small>tramo 2</small>	G7-76M	3	44,5	133,5
Calle Navarra	G7-76M	3	44,5	178
Mariana Pineda	G8-30M	23	18,8	432,4
Blasco Ibañez	G8-30M	25	18,8	470
Mestre Fernando Martín <small>tramo 2</small>	G8-30M	2	18,8	37,6



Calle	Luminaria	Uds.	P <sub>luminaria</sub> (W)	P <sub>calle</sub> (W)
Carolina Álvarez	G8-30M	3	18,8	56,4
Calle Patriarca	G8-30M	2	18,8	37,6
Obispo Muñoz	G9-35M	18	25	450
Jorge Juan	G9-35M	29	25	725
Cervantes <small>tramo peatonal</small>	G9-35M	7	25	175
Mestre Fernando Martin <small>tramo peatonal</small>	G9-35M	5	25	125
Calle Pedrós	G9-35M	2	25	50
Plaça Baltasar Mallent	G9-35M	2	25	50
Carrer de Cuba	G9-35M	3	25	75
Rotonda	GL1-94M	6	58	348
Glorieta larga calle l'almara	GL2-34M	8	21,5	172
Aparcamiento Mercado	AP-600X	4	380	1520
Campo de fútbol	EF-2260A	16	2175	34800
<b>TOTAL (KW)</b>				<b>47,82</b>
<b>TOTAL sin estadio de fútbol (KW)</b>				<b>13,02</b>

**Tabla 35: Potencia instalada por calles y total**

Como se aprecia en la tabla anterior la potencia total instalada en la zona de proyecto asciende a 47,82 kW. Sin embargo, hay que puntualizar que de toda esa potencia hay unos 34,8 kW que se corresponden únicamente con la instalación lumínica del estadio de fútbol. Debido al elevado valor de potencia que presenta, el estadio de fútbol ha sido considerado a parte del resto de la instalación de alumbrado exterior.

De modo que, teniendo en cuenta lo anterior, la zona de estudio (sin considerar el estadio de fútbol) presenta una potencia instalada total de 13,02 kW.

Una vez establecida la potencia total en la zona, el siguiente paso consiste en la subdivisión de la misma en subzonas de menor tamaño que abarquen potencias inferiores a los 10 kW y en las que se instalarán los respectivos cuadros de mando. El motivo de esta subdivisión es el hecho de que con valores de potencia contratada inferiores a 10 kW sería posible contratar tarifas de suministro eléctrico con discriminación horaria, lo cual podría resultar económicamente muy ventajoso para el municipio.

En el presente caso bastaría con establecer dos subzonas eléctricas, las cuales se han definido siguiendo criterios relacionados con la posterior facilidad a la hora de realizar el trazado de las distintas líneas eléctricas. También ha sido importante a la hora de establecer dicha subdivisión el comprobar que las distancias no resulten excesivas lo cual conllevaría longitudes de cable demasiado elevadas. En la imagen siguiente se muestra la subdivisión de la zona de estudio planteada.



Ilustración 42: Subzonas eléctricas

Como resultado de la subdivisión de la zona de estudio mostrada en la imagen anterior se han obtenido dos zonas eléctricas cuyas potencias se muestran en la tabla siguiente:

	Subzonas eléctricas	
	nº de luminarias	Potencia instalada (kW)
Zona 1	164	5,12
Zona 2	101	7,90

Tabla 36: Subzonas eléctricas

Como se aprecia en la tabla anterior, la zona 1 tiene una potencia que es aproximadamente la mitad que la potencia de la zona 2. A pesar de ello la zona 1 presenta un número mayor de luminarias. Esto se debe a que la zona 1 incorpora las calles peatonales, las cuales presentan gran densidad lineal de luminarias pero que tienen una potencia individual relativamente reducida.

Por el contrario, en la zona 2 se encuentran algunas de las calles con las luminarias de mayor potencia, pero que se están presentes en menor número.

Cada una de las dos subzonas definidas va a tener su propio cuadro de mando del cual partirán las líneas eléctricas que alimentarán el alumbrado. En el apartado siguiente se muestra el procedimiento seguido para determinar la posición óptima de dichos cuadros de mando dentro de cada subzona.

### 3.2 Ubicación de los cuadros de mando

En este apartado se va a determinar la ubicación óptima de los cuadros de mando dentro de las subzonas eléctricas. El objetivo consiste en establecer dónde se encuentra el centro de cargas de cada subzona a fin de tratar de colocar el cuadro lo más cercano posible a dicho punto.

Con esto se logrará que el reparto de cargas por las líneas eléctricas esté lo más equilibrado posible, lo cual implica un menor requerimiento de sección de conductor en los cables con el consiguiente ahorro económico. Para determinar dicha ubicación óptima se ha seguido el procedimiento siguiente:

En primer lugar se han obtenido las coordenadas que ocupan todas y cada una de las luminarias instaladas en la subzona. Esta información se ha obtenido de la escena real simulada en el programa de cálculo luminotécnico, en la cual se han calculado todas las luminarias que intervendrán en el proyecto (a excepción del estadio de fútbol).

A continuación se han multiplicado las coordenadas X y las coordenadas Y de cada luminaria por las potencias individuales de las mismas y se han sumado los resultados, tanto para las X como para las Y por separado. Finalmente los dos valores obtenidos se han dividido por la potencia total instalada en la subzona en cuestión de modo que los dos valores resultantes representan las coordenadas X e Y del centro de cargas de dicha subzona.

Todo lo anterior puede resumirse en las dos siguientes ecuaciones:

$$\bar{X} = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}$$

Ecuación 9

$$\bar{Y} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i}$$

Ecuación 10

Dónde:

- $\bar{X}$  = **Coordenada X del centro de cargas de la subzona.**
- $\bar{Y}$  = **Coordenada Y del centro de cargas de la subzona.**
- $X_i$  = **Coordenada X de la luminaria i.**
- $Y_i$  = **Coordenada Y de la luminaria i.**
- $P_i$  = **Potencia individual de la luminaria i.**

Hay que señalar que las coordenadas anteriores se basan en el sistema de referencia que establece el programa de cálculo luminotécnico, no se trata de las coordenadas geográficas reales.

Los resultados obtenidos para ambas subzonas se muestran en la siguiente tabla:

Centro de cargas		
	Posición en X	Posición en Y
Subzona 1	527,10	496,71
Subzona 2	372,29	201,1

Tabla 37: Centro de cargas

Los valores de la tabla anterior no son muy útiles para visualizar cual es la posición real del centro de cargas calculado, por ello en las imágenes siguientes se ha representado dicho punto sobre un plano de la zona de proyecto:

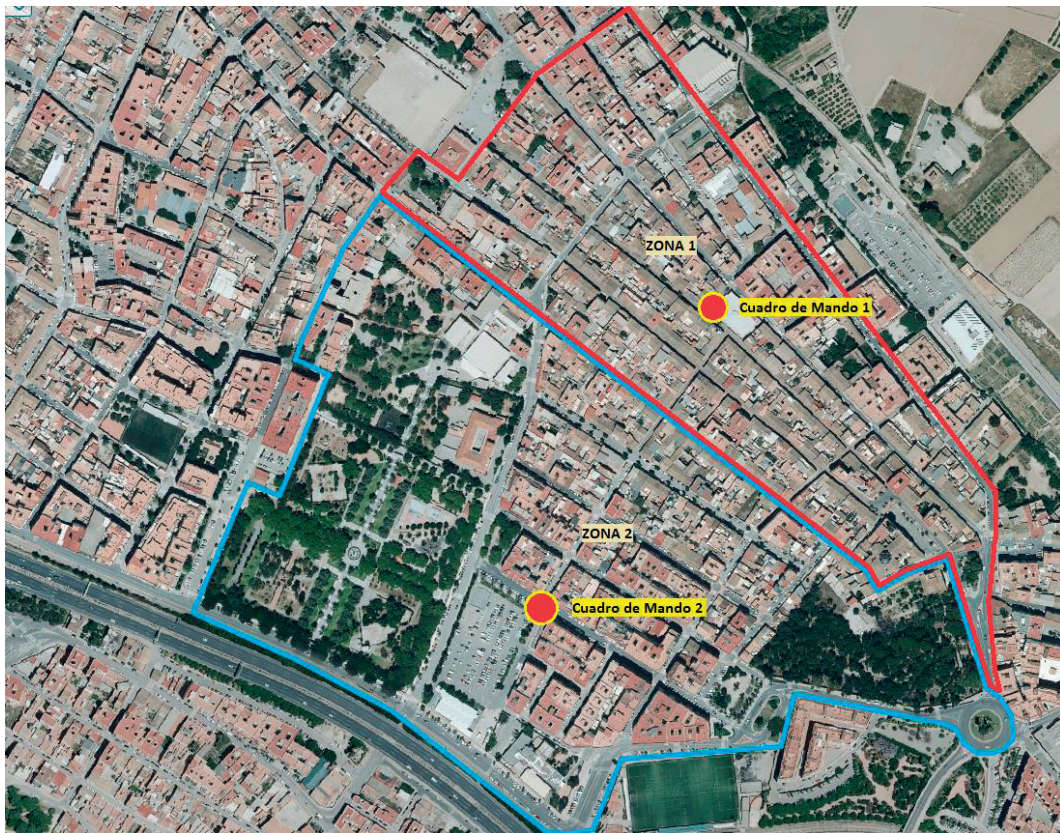


Ilustración 43: Ubicación de los cuadros de mando

Ambos cuadros de mando se han establecido en las posiciones más cercanas posibles a las coordenadas obtenidas para los centros de cargas. Concretamente, el cuadro de mando 1 se ha situado en la calle Plaça Baltasar Mallent, que es peatonal y no presenta obstáculos a la hora de instalar el cuadro. En la subzona 2 el cuadro de mando se ha ubicado en la calle Guillem de Castro junto al aparcamiento del mercado de Burjassot.

Una vez se han establecido las posiciones para los dos cuadros de mando, el siguiente paso ha consistido en el trazado de las líneas eléctricas que parten de los mismos.

### 3.3 Trazado de las líneas

Lo que se ha buscado a la hora de trazar el recorrido de las líneas eléctricas ha sido que éstas presenten el recorrido más corto posible hacia las luminarias que alimentan. De este modo se evitará que alguna de las líneas resulte en una longitud excesiva lo cual requeriría conductores de mayor sección que encarecerían la instalación.

Para ello se han trazado distintas líneas con origen en el correspondiente cuadro de mando, las cuales se han ido ramificando sucesivamente para alcanzar a todas las luminarias de la zona de estudio intentando, como se ha dicho, que los recorridos de las mismas sean lo más cortos posible.

### SUBZONA 1

Para la subzona 1 se han trazado cinco líneas distintas con origen en el cuadro de mando 1, las cuales han sido ramificadas sucesivamente. En la imagen siguiente se muestra el trazado de líneas realizado. En ella se han representado en color rojo los tramos de línea con origen directamente en el cuadro de mando. En color azul se han representado los tramos de línea que han sido ramificados a partir de las líneas en color rojo. Por último, en color verde se han representado los tramos de línea que se han ramificado a partir de las líneas en color azul.



Ilustración 44: Trazado de líneas Subzona 1

El código empleado para el etiquetado de las líneas de la imagen anterior es el siguiente:

- Las líneas que parten del cuadro de mando antes de sufrir derivaciones y ramificaciones (representadas en color rojo) se han identificado mediante los números 1, 2, 3, 4 y 5.
- Las líneas que se han ramificado a partir de las anteriores (líneas de segundo nivel representadas en color azul) se han identificado mediante dos números, siendo el primero de ellos el número identificativo de la línea a partir de la cual se ramifican. Por ejemplo, la línea 1.3 es la ramificación 3 de la línea 1.
- Las líneas que se ramifican a partir de las líneas de segundo nivel (líneas de tercer nivel representadas en color verde) se han identificado mediante tres números siendo los dos

primeros los que identifican a la línea a partir de la cual se han ramificado. Por ejemplo la línea 1.3.1 es la ramificación 1 que parte de la línea 1.3.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de las cinco líneas trazadas.

Líneas del Cuadro de Mando 1			
	Máxima Longitud	nº de luminarias	Potencia total
Línea 1	339 m	29	0,626 kW
Línea 2	444 m	33	0,907 kW
Línea 3	429 m	30	1,381 kW
Línea 4	609 m	30	0,949 kW
Línea 5	472 m	42	1,316 kW

Tabla 38: Líneas del Cuadro de Mando 1

## SUBZONA 2

En este caso se han trazado cinco líneas con origen en el cuadro de mando las cuales se han ido ramificando hasta abarcar todas las luminarias de la subzona 2. En la imagen siguiente se muestra el trazado de líneas eléctricas planteado.



Ilustración 45: Trazado de líneas Subzona 2

El código de colores y de etiquetado de las distintas líneas es el mismo que el que se ha explicado para el trazado de líneas de las subzona 1.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de las cinco líneas trazadas.

Líneas del Cuadro de Mando 2			
	Máxima Longitud	nº de luminarias	Potencia total
Línea 1	464 m	19	2,022 kW
Línea 2	345 m	25	1,239 kW
Línea 3	512 m	38	2,242 kW
Línea 4	281 m	15	0,880 kW
Línea 5	126 m	4	1,520 kW

Tabla 39: Líneas del Cuadro de Mando 2

### 3.4 Dimensionado eléctrico

En este apartado se va a exponer el procedimiento llevado a cabo para dimensionar los elementos y las líneas que conformarán la instalación eléctrica de baja tensión que alimentará a las luminarias de la zona de estudio. Para ello se han tenido en cuenta las exigencias que establece el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (En adelante REBT)**.

El dimensionado se ha realizado empleando un programa informático de cálculo eléctrico. En éste se han definido los esquemas eléctricos de las distintas líneas, con sus respectivas protecciones, puestas a tierra, etc. También se han definido las cargas de iluminación que alimentarán dichas líneas. A continuación el programa ha realizado automáticamente el dimensionado eléctrico teniendo en cuenta las exigencias establecidas por el reglamento.

A continuación se exponen los distintos elementos y condiciones de la instalación eléctrica tal y como son exigidos por el **REBT**.

#### Acometidas desde las redes de distribución

Los cuadros de mando se conectarán a la red de la compañía distribuidora en la caja general de protección más cercana. La línea de conexión estará protegida por un fusible y se colocará un aparato de medida para poder facturar el consumo eléctrico realizado. Dicha línea finalizará en el Cuadro de mando correspondiente donde se incluirá un seccionador que permita la desconexión manual del cuadro del resto de la red de distribución.

La longitud de la línea de conexión es despreciable en relación al resto de líneas de la instalación eléctrica dado que las cajas generales de protección deben encontrarse cerca de los distintos puntos de consumo. Por tanto la caída de tensión en la misma no es significativa y en el programa de cálculo se ha representado como una línea tipo puente (sin longitud).

### Protecciones de las líneas

Las distintas líneas eléctricas partirán de los cuadros de mando donde se situarán sus protecciones. Las líneas deberán estar protegidas contra sobrecargas y cortocircuitos para lo cual se emplearán **interruptores magnetotérmicos**. También deberán protegerse contra corrientes de defecto mediante interruptores diferenciales cuya **sensibilidad no deberá ser superior a los 300 mA**.

En cuanto a la protección frente a sobrecargas, el reglamento en la **ITC-BT-22** remite a la norma **UNE 20-460 (Parte 4-43)** donde se establecen los criterios que debe cumplir el dispositivo de protección para proteger de modo efectivo al conductor. Las condiciones a cumplir son dos:

- El interruptor magnetotérmico debe tener una intensidad nominal ( $I_N$ ) que sea superior o igual a la intensidad de diseño del conductor ( $I_B$ ), pero que también sea inferior o igual a la intensidad admisible por el mismo ( $I_Z$ ). Esto se expresa mediante la ecuación siguiente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

**Ecuación 11**

- La corriente que garantiza el disparo del dispositivo ( $I_2$ ) debe ser inferior o igual 1,45 veces la intensidad admisible del conductor ( $I_Z$ ). Esto se expresa mediante la ecuación siguiente:

$$I_2 \leq 1,45I_Z$$

**Ecuación 12**

En cuanto a la protección frente a cortocircuitos, para que la línea esté adecuadamente protegida se debe cumplir que existan dispositivos que puedan cortar las corrientes de cortocircuito antes de que las instalaciones sufran daño. Esta condición es cualitativa, pero el reglamento en la **ITC-BT-22** remite a la norma **UNE 20-460** donde se establecen los criterios concretos a cumplir por los interruptores automáticos para proteger de modo efectivo al conductor. Las condiciones a cumplir son tres:

- El interruptor debe tener un poder de corte capaz de extinguir la máxima corriente de cortocircuito que pueda producirse en la línea ( $I_{cc,máx}$ ):

$$\text{Poder de corte del IA} > I_{cc,máx}$$

**Ecuación 13**

- Todo cortocircuito susceptible de producirse en la línea debe de provocar la actuación del interruptor. Es decir, la intensidad de reacción del interruptor automático ( $I_a$ ) debe ser inferior a la mínima corriente de cortocircuito que pueda producirse ( $I_{cc,min}$ ):

$$I_{cc,min} > I_a$$

**Ecuación 14**

- Además la norma establece una condición relativa a los conductores que establece que la máxima corriente de cortocircuito que puede producirse ( $I_{cc,máx}$ ) debe ser inferior a la máxima corriente que admite el conductor sin superar su temperatura admisible de cortocircuito ( $I_b$ ):

$$I_{cc,máx} < I_b$$

**Ecuación 15**



### Líneas eléctricas

Las líneas eléctricas de la instalación deberán ir enterradas bajo tubo a una profundidad que, según el **REBT en la ITC-BT-09**, no deberá ser menor a los 0,4 m bajo el nivel del suelo. En cuanto al diámetro del tubo, esta misma instrucción técnica especifica que este no deberá ser inferior a los 60 mm.

Sin embargo en este proyecto **se han dimensionado todos los tubos con un diámetro de 90 mm** ya que éste es el tamaño que los ayuntamientos suelen instalar para, de ese modo, asegurarse el disponer de unos tubos enterrados de diámetro suficiente para posteriores ampliaciones potenciales. Las características de los tubos serán las que establece la norma **UNE-EN 50.086** a la cual remite **la ITC-BT-21 del REBT**.

Respecto a los cables, sus conductores serán de cobre y con tensión asignada de 0,6/1 kV y de acuerdo a la **ITC-BT-09** su **sección no deberá ser inferior a los 6 mm<sup>2</sup>**. En cuanto al dimensionado de los mismos se deberán tener en cuenta dos criterios:

- El criterio térmico establece que el conductor no debe superar una determinada temperatura en condiciones normales de funcionamiento. Para ello el **REBT en la ITC-BT-07** ofrece tablas con las temperaturas máximas admisibles en función del tipo de cable y con las intensidades máximas permanentes admisibles en los mismos en unas condiciones tipo. Estas tablas contienen los valores que indica **la Norma UNE 20.435**.
- El criterio de caída de tensión limita el valor de la misma desde el inicio de la instalación hasta cualquier otro punto. Según establece el reglamento en **la ITC-BT-09**, **la máxima caída de tensión** entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la misma deberá ser **inferior al 3%**.

Teniendo en cuenta los anteriores criterios, se ha llevado a cabo, haciendo uso del programa de cálculo eléctrico mencionado, el dimensionado correcto de los distintos elementos eléctricos que integran la instalación, de modo que todos ellos cumplan con las exigencias que establece el reglamento.

### Puestas a tierra

Según el **REBT** la resistencia de puesta tierra deberá ser tal que **no se den tensiones superiores a los 24 V en las partes metálicas de la instalación que sean accesibles**. Además se especifica que para el caso concreto de las redes de tierra se deberá instalar un electrodo cada cinco luminarias, además de otros dos electrodos, uno al comienzo y otro al final de cada línea.

Para este proyecto se ha decidido emplear como **electrodo picas verticales de 2 m de longitud**. En las tablas siguientes se muestra el número total de picas verticales a instalar en las líneas de ambos cuadros de mando. Éste número de picas se ha calculado teniendo en cuenta el número de luminarias que es alimentado por cada línea, así como las derivaciones y ramificaciones que presentan.

Puesta a tierra Cuadro de Mando 1	
Líneas	nº de picas verticales
Línea 1	11
Línea 2	13
Línea 3	15
Línea 4	13
Línea 5	17
<b>TOTAL</b>	69

Tabla 40: Puesta a tierra Cuadro de Mando 1

Puesta a tierra Cuadro de Mando 2	
Líneas	nº de picas verticales
Línea 1	9
Línea 2	14
Línea 3	17
Línea 4	9
Línea 5	3
<b>TOTAL</b>	52

Tabla 41: Puesta a tierra Cuadro de Mando 2

### 3.5 Resultados del diseño electrotécnico

Como se ha comentado en apartados anteriores, para el dimensionado de la instalación eléctrica se ha empleado un programa de cálculo electrotécnico. Tras introducir el esquema eléctrico de la instalación diseñada con todos sus parámetros característicos (longitudes de línea, puestas a tierra, aparamenta de protección, etc.) el programa realiza el dimensionado de todos ellos garantizando que la instalación cumple con los requerimientos exigidos por el **REBT**.

En el apartado de planos se han incluido los esquemas eléctricos completos de ambos cuadros de mando diseñados en este proyecto. Sin embargo, en este apartado se muestran los resultados del dimensionado eléctrico de forma tabulada y ordenada.

En la tabla siguiente se detallan los resultados del dimensionado de las líneas eléctricas del cuadro de mando 1:

Cuadro de Mando 1						
Líneas	Conductor	Longitud	I <sub>calc</sub>	I <sub>admisible</sub>	c.d.t <sub>acumulada</sub>	
<b>Línea 1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	77,53 m	2,7 A	70,4 A	0,69%	
<b>Línea 1.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	51,96 m	1,6 A	70,4 A	0,95%	
<b>Línea 1.1.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	138,99 m	0,5 A	70,4 A	1,07%	
<b>Línea 1.1.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	209,48 m	0,8 A	70,4 A	1,24%	
<b>Línea 1.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	157,22 m	0,9 A	70,4 A	0,92%	
<b>Línea 2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	133,57 m	4,0 A	70,4 A	1,62%	
<b>Línea 2.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	42,34 m	1,7 A	70,4 A	1,85%	
<b>Línea 2.1.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	178,44 m	0,8 A	70,4 A	2,09%	
<b>Línea 2.1.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	268,13 m	0,7 A	70,4 A	2,16%	

Líneas	Conductor	Longitud	I <sub>calc</sub>	I <sub>admisible</sub>	c.d.t <sub>acumulada</sub>
Línea 2.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	127,12 m	0,6 A	70,4 A	1,76%
Línea 2.3	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	234,59 m	0,9 A	70,4 A	1,98%
<b>Línea 3</b>	<b>RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25</b>	37,91 m	2,2 A	57,6 A	0,13%
Línea 3.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	319,93 m	2,2 A	70,4 A	1,85%
Línea 3.1.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	50,53 m	0,4 A	70,4 A	1,89%
Línea 3.1.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	51,57 m	0,3 A	70,4 A	1,88%
Línea 3.1.3	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	40,56 m	0,2 A	70,4 A	1,87%
Línea 3.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	391,79 m	2,0 A	70,4 A	1,48%
Línea 3.3	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	77,32 m	1,6 A	70,4 A	0,49%
Línea 3.3.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	122,05m	0,8 A	70,4 A	0,66%
Línea 3.3.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	64,06 m	0,4 A	70,4 A	0,54%
<b>Línea 4</b>	<b>RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25</b>	101,1 m	1,4 A	57,6 A	0,23%
Línea 4.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	246,39 m	2,7 A	70,4 A	1,97%
Línea 4.1.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	261,83 m	1,3 A	70,4 A	2,54%
Línea 4.1.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	36,71 m	0,2 A	70,4 A	1,99%
Línea 4.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	135,62 m	1,2 A	70,4 A	0,70%
Línea 4.2.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	190,23 m	0,6 A	70,4 A	0,90%
Línea 4.2.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	277,76 m	0,2 A	70,4 A	0,81%
<b>Línea 5</b>	<b>RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25</b>	34,07 m	1,9 A	57,6 A	0,11%
Línea 5.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	77,34 m	1,3 A	70,4 A	0,42%
Línea 5.1.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	45,45 m	0,3 A	70,4 A	0,45%
Línea 5.1.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	157,55 m	0,8 A	70,4 A	0,63%
Línea 5.2	RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25	160,48 m	1,4 A	57,6 A	0,46%
Línea 5.2.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	27,19 m	0,1 A	70,4 A	0,47%
Línea 5.2.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	277,76 m	2,3 A	70,4 A	1,54%
Línea 5.2.3	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	261,67 m	1,0 A	70,4 A	0,92%

Tabla 42: Resultados líneas cuadro de mando 1

En la tabla siguiente se detallan los resultados del dimensionado de las líneas eléctricas del cuadro de mando 2:

Cuadro de Mando 2					
Líneas	Conductor	Longitud	I <sub>calc</sub>	I <sub>admisible</sub>	c.d.t <sub>acumulada</sub>
Línea 1	RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25	95,34 m	2,9 A	57,6 A	0,46%
Línea 1.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	251,11 m	2,2 A	70,4 A	1,41%
Línea 1.2	RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25	148,89 m	1,9 A	57,6 A	0,89%
Línea 1.2.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	219,38 m	2,5 A	70,4 A	1,81%
Línea 1.2.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	164,37 m	2,0 A	70,4 A	1,44%
Línea 2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	71,24 m	5,4 A	70,4 A	1,29%
Línea 2.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	78,69 m	0,4 A	70,4 A	1,34%
Línea 2.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	50,21 m	4,0 A	70,4 A	1,96%
Línea 2.2.1	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	88,84 m	0,4 A	70,4 A	2,02%
Línea 2.2.2	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	172,35 m	0,7 A	70,4 A	2,16%
Línea 2.2.3	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	108,93 m	0,6 A	70,4 A	2,06%
Línea 2.2.4	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	195,83 m	1,0 A	70,4 A	2,31%
Línea 2.2.5	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	223,71 m	1,2 A	70,4 A	2,41%
Línea 2.3	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	123,90 m	0,8 A	70,4 A	1,45%

Líneas	Conductor	Longitud	I <sub>calc</sub>	I <sub>admisible</sub>	c.d.t <sub>acumulada</sub>
<b>Línea 3</b>	<b>RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25</b>	155,01 m	3,2 A	57,6 A	0,83%
<b>Línea 3.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	75,73 m	2,3 A	70,4 A	1,38%
<b>Línea 3.1.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	102,03 m	1,0 A	70,4 A	1,56%
<b>Línea 3.1.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	93,06 m	0,9 A	70,4 A	1,53%
<b>Línea 3.2</b>	<b>RZ1 0,6/1 KV 4x6+1G25</b>	52,86 m	1,6 A	57,6 A	0,97%
<b>Línea 3.2.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	90,74 m	1,1 A	70,4 A	1,14%
<b>Línea 3.2.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	304,51 m	3,3 A	70,4 A	2,70%
<b>Línea 3.3</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	51,06 m	1,9 A	70,4 A	1,14%
<b>Línea 3.3.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	91,54 m	0,6 A	70,4 A	1,23%
<b>Línea 3.3.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	190,46 m	1,1 A	70,4 A	1,51%
<b>Línea 4</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	45,98 m	3,8 A	70,4 A	0,59%
<b>Línea 4.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	69,36 m	0,6 A	70,4 A	0,65%
<b>Línea 4.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	108,49 m	0,6 A	70,4 A	0,69%
<b>Línea 4.3</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	65,03 m	2,5 A	70,4 A	1,09%
<b>Línea 4.3.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	36,18 m	0,2 A	70,4 A	1,10%
<b>Línea 4.3.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	170,47 m	1,9 A	70,4 A	1,64%
<b>Línea 5</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	18,84 m	6,6 A	70,4 A	0,42%
<b>Línea 5.1</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	107,11 m	3,3 A	70,4 A	1,02%
<b>Línea 5.2</b>	RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25	49,47 m	3,3 A	70,4 A	0,70%

Tabla 43: Resultados líneas cuadro de mando 2

Respecto a la nomenclatura de los conductores empleada en las tablas anteriores, a continuación se explica el significado de las distintas letras y números que la componen. Por ejemplo, para el cable designado como **RZ1 0,6/1 KV 2x6+1G25** se tiene que:

- **R** indica el tipo de aislamiento, que en este caso se trata de Polietileno reticulado (XLPE).
- **Z1** indica el tipo de cubierta del cable, que en este caso es de Poliolefina termoplástica.
- **0,6/1 kV** son las tensiones asignadas (de línea y de fase).
- **2x6+1G25** indica que se tienen 2 conductores de alimentación con una sección de 6 mm<sup>2</sup> cada uno y un conductor de tierra (G) con sección de 25 mm<sup>2</sup>.

De las dos tablas anteriores es importante destacar que las **intensidades de cálculo** de cada una de las líneas **no se conservan** con respecto de las intensidades de cálculo de las líneas hijas que se ramifican aguas abajo (por ejemplo, la corriente de cálculo de la Línea 2 no es igual a la suma de las corrientes de cálculo de las líneas 2.1, 2.2 y 2.3), sino que es algo mayor, **debido a que las líneas presentan una carga distribuida que también consume una determinada cantidad de corriente**. Además, **en otros casos, se tiene que la línea “madre” es trifásica, mientras que las líneas “hijas” son monofásicas**, de modo que la intensidad de cálculo de la línea trifásica es menor a la suma de las corrientes de cálculo de las líneas monofásicas.

La gran mayoría de las líneas en el presente proyecto son monofásicas debido a que para una misma sección de conductor resulta una opción más barata frente a las líneas trifásicas. Además **todos los cables empleados son de 6 mm<sup>2</sup> de sección**, que es la menor permitida por el reglamento. Si el resultado del dimensionado de alguna línea monofásica ha arrojado que se requiere una sección de conductor superior a los 6 mm<sup>2</sup>, entonces se ha optado por que dicha línea sea trifásica. De este modo es posible seguir empleando conductores de 6 mm<sup>2</sup> y al mismo tiempo cumplir con los

criterios de dimensionado de las líneas eléctricas. Con esto se consigue una línea que resulta más barata que si fuese monofásica pero con mayores secciones de conductor.

Por otra parte, para el **conductor de tierra** se ha empleado una **sección de conductor de 25 mm<sup>2</sup>**, ya que ésta es la sección mínima que establece la **ITC-BT-18** del reglamento para los conductores de tierra que no se encuentran protegidos contra la corrosión.

Por último, en las dos tablas siguientes se muestran los resultados relativos al dimensionado de los distintos elementos de protección de las líneas eléctricas de los dos cuadros de mando.

Protecciones Cuadro de Mando 1							
Línea	Aparamenta	Nombre	Tipo	In	Un	Icu	Id
conexión	Fusible	IEC60269 gL/gG	-	16 A	400 V	100 kA	-
Línea 1	Automático	EN60898 6kA Curva C	Bipolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Bipolar	25 A	230 V	-	300 mA
Línea 2	Automático	EN60898 6kA Curva C	Bipolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Bipolar	25 A	230 V	-	300 mA
Línea 3	Automático	EN60898 6kA Curva C	Tripolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Tripolar	25 A	400 V	-	300 mA
Línea 4	Automático	EN60898 6kA Curva C	Tripolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Tripolar	25 A	400 V	-	300 mA
Línea 5	Automático	EN60898 6kA Curva C	Tripolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Tripolar	25 A	400 V	-	300 mA

Tabla 44: Protecciones cuadro de mando 1

Protecciones Cuadro de Mando 2							
Línea	Aparamenta	Nombre	Tipo	In	Un	Icu	Id
conexión	Fusible	IEC60269 gL/gG	-	16 A	400 V	100 kA	-
Línea 1	Automático	EN60898 6kA Curva C	Tripolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Tripolar	25 A	400 V	-	300 mA
Línea 2	Automático	EN60898 6kA Curva C	Bipolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Bipolar	25 A	230 V	-	300 mA
Línea 3	Automático	EN60898 6kA Curva C	Tripolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Tripolar	25 A	400 V	-	300 mA
Línea 4	Automático	EN60898 6kA Curva C	Bipolar	6A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Bipolar	25 A	230 V	-	300 mA
Línea 5	Automático	EN60898 6kA Curva C	Bipolar	10 A	240/415 V	6 kA	-
	Diferencial	IEC60947-2 Instantáneos	Bipolar	25 A	230 V	-	300 mA

Tabla 45: Protecciones cuadro de mando 2

Como se observa en las tablas anteriores, todos los **interruptores magnetotérmicos** se han seleccionado con **curvas características de disparo tipo C** ya que este es el tipo de curva que se emplea para **proteger líneas que alimentan consumos que no tienen intensidades de arranque altas** (como es el caso de las luminarias LED empleadas en este trabajo).

En cuanto a los **interruptores diferenciales**, estos se han seleccionado con **sensibilidades de 300 mA** ya que este es el valor máximo que establece el reglamento. En caso de **emplear sensibilidades**

**menores** se correría el riesgo de que **las corrientes de fugas** que se dan en las líneas, especialmente si la línea es lo bastante larga, **podieran producir la actuación del diferencial**.

### 3.6 Regulación y Control

La instalación de alumbrado público diseñada en el presente trabajo deberá incorporar un sistema que permita su control para establecer las horas de encendido y apagado, las cuales serán función del momento del año, además de permitir también la regulación de la intensidad de las luminarias en función de la hora de la noche.

La selección de un sistema de regulación y control adecuado permite obtener importantes ahorros energéticos y, por tanto, económicos al permitir establecer los momentos de encendido y apagado de las luminarias, así como regular su intensidad, de acuerdo a las necesidades reales de iluminación que no serán las mismas ni en todos los días del año, ni en todas las horas de una misma noche.

Para lograr esto se hará uso de un sistema de regulación en cabecera que permite controlar de manera simultánea todas las luminarias conectadas a un mismo cuadro de mando. Esto se consigue mediante un controlador situado en el mismo cuadro de mando que reduce la amplitud de la tensión de red de modo que los drivers de las luminarias LED reducen el flujo luminoso de las lámparas de manera proporcional.

Esta forma de control de todo un grupo de luminarias conectadas a un mismo cuadro de mando resulta mucho más económica que otras formas de regulación de cada luminaria de forma individual y es más que suficiente para el propósito planteado en este trabajo.

Los controladores de las luminarias se programarán para seguir la siguiente curva de regulación:

- Desde el momento de encendido hasta las 23:30 las luminarias funcionarán al 100% de su potencia nominal.
- Desde las 23:30 hasta las 5:30 las luminarias funcionarán al 50% de su potencia nominal.
- Desde las 5:30 hasta el momento de apagado las luminarias funcionarán de nuevo al 100% de su potencia nominal.

La hora de encendido de las luminarias será cada día media hora después de la puesta del sol y su apagado de producirá media hora antes de la salida del mismo. De este modo se incrementa el ahorro energético dado que se aprovecha la luz disponible durante los minutos de crepúsculo después del anochecer y antes del amanecer.

Por otra parte, para el control del encendido y apagado siguiendo las salidas y puestas del sol a diario, como se ha explicado en párrafos anteriores, se hará uso de un reloj astronómico. Este elemento es capaz de proporcionar de forma automatizada las horas locales de salida y puesta del sol en función de la ubicación geográfica que se le indique. Con todo esto se logrará el correcto control y regulación de la instalación de alumbrado público diseñada en el presente proyecto.

#### 4. OBRA CIVIL

En este apartado se han seguido fundamentalmente las exigencias que establece el REBT en lo relativo a las canalizaciones subterráneas para las líneas eléctricas enterradas.

El **REBT** en la **ITC-BT-09** establece que la **profundidad de soterramiento de los tubos será de 0,4 m** desde el nivel del suelo. En este proyecto se optará por dicha profundidad en aquellos tramos donde no exista una zanja previamente excavada y donde además las condiciones del terreno lo permitan. De lo contrario las profundidades de zanja deberán ser mayores y en ningún caso inferiores a los 0,4 m. En aquellos tramos en los que ya existan zanjas excavadas para las actuales canalizaciones eléctricas del alumbrado del municipio se hará uso de las mismas.

Una vez excavada la zanja, se garantizará que el lecho de la misma se encuentra correctamente nivelado y libre de irregularidades. Para lograr lo anteriormente expuesto, la profundidad de excavación de la zanja deberá ser ligeramente superior a los 0,4 m. **Concretamente se excavará hasta los 0,5 m y se depositará una capa de 5 cm de arena** que garantice el correcto nivelado.

Finalmente se cubrirá el lecho de arena con otra **capa de unos 5 cm de hormigón en masa**. Sobre la misma **se situarán los tubos** y, a continuación, **se continuará con el relleno de la zanja con hormigón en masa hasta la altura del pavimento**. Sobre el hormigón se colocará la capa de pavimento correspondiente, según se trate de una zanja excavada en una calle con tráfico rodado o en una calle de tipo peatonal adoquinada.

Además se deberá colocar en la zanja una cinta de señalización que indique la presencia de cables de alumbrado en la misma. Ésta cinta no se colocará a una distancia menor de 10 cm del nivel del suelo.

Por otra parte, **la zanja presentará un ancho de 30 cm**, esto es más que suficiente para canalizar los tubos de 90 mm por los que discurrirán las líneas eléctricas incluso en el caso más desfavorable en el que se tienen hasta 3 tubos discurriendo por una misma zanja.

En la imagen siguiente se muestra una sección transversal del tipo de zanja expuesto en párrafos anteriores:

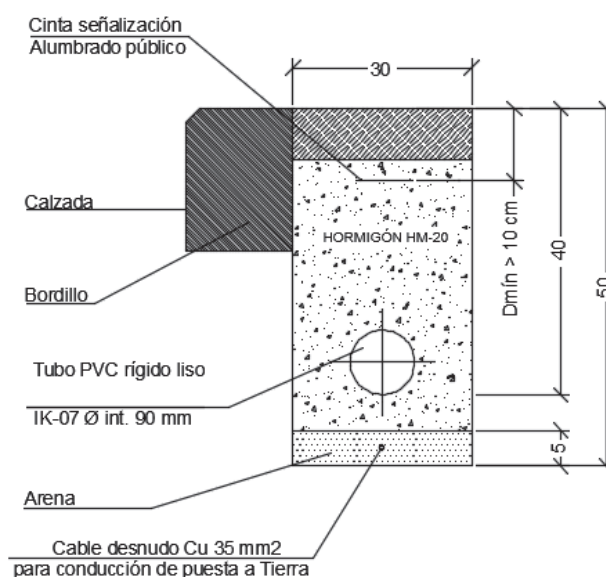


Ilustración 46: Sección transversal de la zanja

El diámetro mínimo para los tubos que indica la normativa es de 60 mm. Pero como ya se ha comentado en apartados anteriores se emplearán tubos de 90 mm para todas las líneas. De este modo se podrán permitir posteriores ampliaciones de las mismas sin necesidad de cambiar el tubo. Además, siguiendo las exigencias de la **ITC-BT-09** en aquellos tramos en los que la zanja discorra bajo un cruce de calzadas se deberá instalar un tubo extra de reserva junto al tubo por el que discurre el cableado eléctrico.

Se instalará una arqueta de registro por cada luminaria, así como también en los puntos en los que se produzcan cambios de dirección de los tubos. Por otra parte, en los tramos rectos se instalarán también arquetas separadas una distancia máxima de 40 m. Estas arquetas tendrán unas dimensiones de 40 x 40 x 60 cm y una tapa de fundición o PVC.

En la imagen siguiente se muestra un ejemplo de cimentación de un soporte de luminaria tipo columna o báculo junto a una arqueta de registro.

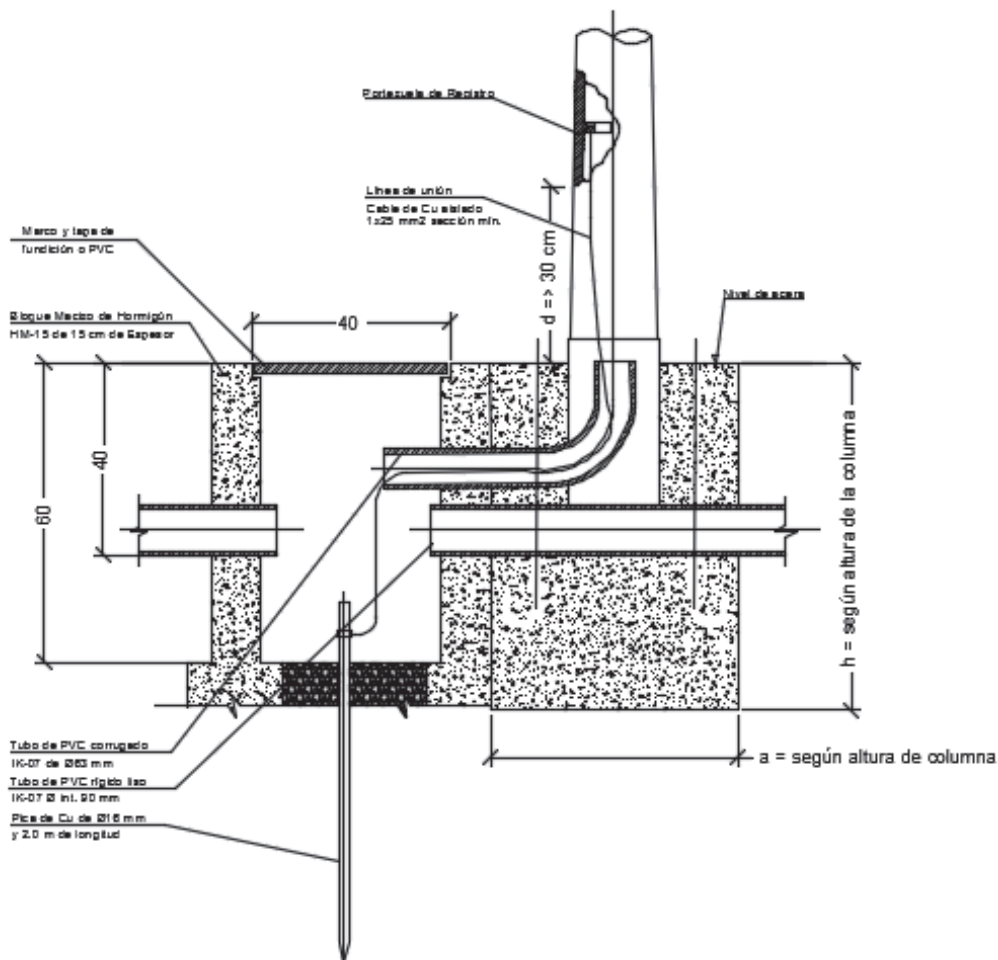


Ilustración 47: Ejemplo de cimentación y arqueta

Las puestas a tierra se llevarán a cabo mediante picas verticales de 2 m de longitud y 16 mm de diámetro. El cuadro de mando 1 dispondrá de un total de 69 picas verticales y el cuadro de mando 2 dispondrá de un total de 52 de las mismas distribuidas a lo largo de las líneas eléctricas respectivas.



## 5. PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

En este apartado se expone el procedimiento seguido para obtener el coste anual que supone la explotación de la instalación de alumbrado diseñada en el presente trabajo, es decir, el presupuesto de explotación de la misma.

El presupuesto de explotación de la instalación está formado por dos conceptos. Éstos son, el coste de la energía consumida por las luminarias y el coste de mantenimiento de las mismas.

### 5.1 Coste de la energía consumida

Como se ha expuesto en el apartado 2.9 de la presente memoria, la instalación de alumbrado funcionará un total de 1825 horas anuales a su nivel de potencia nominal y 2190 horas anuales a la mitad de dicha potencia.

Teniendo en cuenta lo anterior y las potencias a suministrar por cada uno de los dos cuadros de mando, se ha obtenido el consumo energético anual de dichos cuadros. En la tabla siguiente se resumen los resultados obtenidos.

	POTENCIAS Y CONSUMOS DE LOS CUADROS DE MANDO		
	CM1	CM2	TOTAL
<b>P<sub>nivel 1</sub> (Kw)</b>	5,12	7,90	13,02
<b>P<sub>nivel 2</sub> (Kw)</b>	2,56	3,95	6,51
<b>Consumo energético (Kwh/año)</b>	14942,81	23074,13	38016,94

Tabla 46: Potencias y consumos de los cuadros de mando

Como se aprecia en la tabla anterior, el consumo de ambos cuadros de mando asciende a un total de 38017 Kwh/año, tal y como había sido calculado en el apartado 2.9 de esta memoria.

A partir de este consumo es posible obtener una estimación del coste anual de la energía consultado las tarifas de distintas comercializadoras de electricidad. En este caso se ha hecho de uso la herramienta de **comparación de ofertas de energía** que ofrece la **CNMC** (Comisión nacional de los mercados y la competencia) de forma gratuita en su página web.

El coste de la energía será también dependiente del tipo de tarifa contratada, esto es, tarifa sin discriminación horaria, tarifa con discriminación horaria de 2 períodos o tarifa con discriminación horaria de 3 períodos. En este caso es posible optar por cualquiera de éstas tres modalidades dado que ambos cuadros de mando presentan una potencia contratada menor a los 10 kW. Teniendo esto en cuenta, se ha realizado un cálculo de los consumos de energía que se producirían en cada período horario tanto para una tarifa de dos períodos como para una tarifa de tres períodos (Lo equivalente para una tarifa de período único es lo que se muestra en la tabla anterior). Los resultados se muestran en las dos tablas siguientes.

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO EN TARIFA DE 2 PERÍODOS				
	Tiempo (h/año)	CM1 (kWh/año)	CM2 (kWh/año)	TOTAL (kWh/año)
punta	1095	5603,55	8652,80	14256,35
valle	2920	9339,26	14421,33	23760,59
<b>TOTAL</b>	4015	14942,81	23074,13	38016,94

Tabla 47: Distribución del consumo en tarifa de 2 períodos

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO EN TARIFA DE 3 PERÍODOS				
	Tiempo (h/año)	CM1 (kWh/año)	CM2 (kWh/año)	TOTAL (kWh/año)
punta	1278	6537,48	10094,93	16632,41
valle	730	2334,81	3605,33	5940,15
supervalle	2008	6070,52	9373,87	15444,38
<b>TOTAL</b>	4015	14942,81	23074,13	38016,94

Tabla 48: Distribución del consumo en tarifa de 3 períodos

Con los datos de las tablas anteriores se ha llevado a cabo una estimación del consumo anual de potencia en función del tipo de tarifa contratada haciendo uso de la ya mencionada herramienta de la CNMC. En la tabla siguiente se muestran resumidas las opciones más ventajosas económicamente para cada tipo de tarifa.

COSTE ENERGÍA SEGÚN TARIFA			
	CM1	CM2	TOTAL
<b>1 período</b>	2310 (€/año)	3567 (€/año)	5877 (€/año)
<b>2 períodos</b>	<b>2170 (€/año)</b>	<b>3351 (€/año)</b>	<b>5521 (€/año)</b>
<b>3 períodos</b>	2236 (€/año)	3452 (€/año)	5688 (€/año)

Tabla 49: Coste de la energía según tarifa

Como se aprecia en la tabla anterior, la **opción óptima** es la de contratar una **tarifa con discriminación horaria de dos períodos**. En ese caso el coste anual de la energía consumida por los dos cuadros de mando es de unos **5521 €**, aproximadamente.

Además de los dos cuadros de mando que alimentan el alumbrado vial de la zona de estudio, se ha obtenido también el consumo producido por la **instalación de alumbrado del estadio de fútbol**. Como es sabido, el estadio dispone de un total de **34,80 Kw instalados**. Además, tal y como se ha obtenido en el apartado 2.5 de esta memoria, la instalación supondrá un total de **730 h anuales** de funcionamiento, aproximadamente. En este caso la instalación funciona únicamente a su nivel de potencia nominal, por tanto se tiene un **consumo anual de 25404 Kwh**.

Puesto que la potencia instalada es superior a los 15 Kw, la única opción de contratación disponible es la de **tres períodos**. De todos modos, el consumo de ésta instalación se realizará, casi en su totalidad, en el período punta. Con esto se ha obtenido un coste anual de la energía consumida por el estadio de fútbol de **3416 €**, aproximadamente.

En la tabla siguiente se resume el coste total de la energía consumida incluyendo cuadros de mando y estadio de fútbol.

COSTE ENERGÍA CONSUMIDA			
CM1	CM2	ESTADIO	TOTAL
2170 (€/año)	3351 (€/año)	3416 (€/año)	<b>8937 (€/año)</b>

Tabla 50: Coste de la energía consumida

## 5.2 Coste de mantenimiento

En cuanto al mantenimiento de las luminarias hay que considerar tanto su limpieza periódica, como las reposiciones que será necesario llevar a cabo debido a los inevitables fallos de las mismas.

Respecto a los costes de limpieza, se ha tenido en cuenta lo ya explicado en el apartado dedicado al factor de mantenimiento, es decir, que la limpieza de las luminarias se realizará de manera periódica a intervalos de 3 años.

Por otra parte, se ha tomado el coste del operario de mantenimiento de unos 15 €/h y el tiempo dedicado a la limpieza de cada luminaria de unos 15 min, es decir 0,15 h/luminaria. Teniendo en cuenta que el número total de luminarias instaladas en la zona de estudio es de 281, se tiene que el **coste de limpieza es de 351,25 €/año**.

En cuanto a los costes de reposición se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- El índice de fallos a las 10000 h de las luminarias LED empleadas en este trabajo es del 10%. Teniendo en cuenta que el tiempo de funcionamiento de estas luminarias es de 4000 h/año, se tiene que el **porcentaje de fallos anuales para las luminarias LED es del 4%**.
- En cuanto a los proyectores del estadio de fútbol, como ya se ha visto en el apartado 2,5 de esta memoria, la curva de mantenimiento indica un porcentaje de fallos del 50% a las 5000 h. Puesto que el tiempo de funcionamiento de estos proyectores es de 730 h/año, se tiene que el **porcentaje de fallos anuales para los proyectores del estadio es del 7,3%**.
- El coste del operario electricista encargado de realizar los recambios se ha considerado de unos 15 €/h, de acuerdo a los datos consultados en distintas bases de datos de precios.
- Se ha estimado un **tiempo de sustitución de las luminarias LED de 30 minutos**, mientras que para los **proyectores del estadio**, que presentan mayor altura de instalación y complejidad en general) se ha estimado este tiempo en **1 hora**.
- **El coste del recambio** del driver y la lámpara LED (o de la lámpara del proyector de halogenuros metálicos del estadio) se ha estimado en **el 50% del coste total de la luminaria**.

Con todo lo anterior se ha realizado el cálculo del coste de sustitución de las luminarias averiadas, el cual se resume en la tabla siguiente.

COSTE ANUAL DE REPOSICIONES						
	nº de luminarias	Porcentaje anual de fallo	Coste del recambio (€/unidad)	Coste operario (€/h)	Tiempo de reposición (h/unidad)	Coste total reposición (€)
Luminarias Grupo 1	4	4,0%	325	15	0,5	53,2
Luminarias Grupo 2	9		325			119,7
Luminarias Grupo 3	9		325			119,7
Luminarias Grupo 4	5		325			66,5
Luminarias Grupo 5	3		325			39,9
Luminarias Grupo 6	21		533			454,02
Luminarias Grupo 7	75		425			1297,5
Luminarias Grupo 8	55		425			951,5
Luminarias Grupo 9	66		284,5			770,88
Luminarias Glorieta Castell-Valencia	6		295			72,6
Luminarias Glorieta Castell-L'almara	8		270			88,8
Luminarias Aparcamiento	4	1110	178,8			
Luminarias Estadio	16	7,30%	1200	15	1	1419,12
					<b>TOTAL</b>	<b>5632,22</b>

Tabla 51: Coste anual de reposición de luminarias averiadas

Con todo lo anterior ya se puede obtener el presupuesto de explotación de la instalación diseñada, el cual se muestra en la tabla siguiente.

RESUMEN PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN	
Coste de la energía consumida	8937
Coste de limpieza	351,25
Costes de reparación	5632,22
<b>PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN</b>	<b>14920,47</b>

Tabla 52: Resumen presupuesto de explotación

## 6. CONCLUSIÓN

Tras realizar el diseño de la instalación luminotécnica de la zona de estudio y su posterior validación mediante un programa de cálculo luminotécnico, se ha obtenido que en todas las calles a iluminar se han alcanzado los valores requeridos de iluminancias medias, mínimas o uniformidades que son exigidos por el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*. Del mismo modo se han cumplido dichas exigencias para las dos rotondas, el aparcamiento y el estadio de fútbol. En aquellos elementos en que es de aplicación (las rotondas y el estadio de fútbol) también se han cumplido las exigencias relativas a los niveles de deslumbramiento máximos.

Con lo anterior se puede dar por cumplido el principal objetivo del presente proyecto, que ha consistido en el diseño de un alumbrado público que cumpla con las exigencias que establece la normativa vigente. Pero además se ha comprobado que la instalación de alumbrado diseñada presenta una eficiencia energética excelente y unos niveles de contaminación lumínica despreciables.

Tras el diseño luminotécnico se ha llevado a cabo el diseño de la instalación eléctrica que alimentará el alumbrado. Se ha establecido el trazado de las líneas eléctricas desde sus correspondientes cuadros eléctricos y se ha llevado a cabo el dimensionado de las líneas y sus protecciones. Mediante un software de cálculo se ha comprobado que la instalación eléctrica diseñada cumple con las exigencias del *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*.

Con esto se tiene que se ha cumplido el segundo de los objetivos del presente proyecto, a saber, el diseño de una instalación eléctrica que alimentará el alumbrado y que cumpla con la normativa vigente en materia electrotécnica.

# PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

---

## 1. PRESUPUESTOS PARCIALES

### 1.1 Presupuesto parcial nº1 Obra civil

<b>1.1</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Excavación en zanja en terreno de tránsito, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo.</b>						
		Uds.	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	Subtotal (€)
Zanjas general		1	8.936,96	0,3	0,5	1.340,54		
<b>Total m<sup>3</sup></b>						<b>1.340,54</b>	<b>4,85</b>	<b>6.501,64</b>
<b>1.2</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Hormigón en masa HM-20/B/40/I, de 20 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.</b>						
		Uds.	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	Subtotal (€)
Zanjas en aceras		1	7.599,00	0,3	0,35	797,90		
Zanjas en calles peatonales		1	1.337,86	0,3	0,35	140,48		
<b>Total m<sup>3</sup></b>						<b>938,37</b>	<b>62,52</b>	<b>58.666,89</b>
<b>1.3</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Mezcla bituminosa en frío tipo AF-20 en capa de rodadura o intermedia, con áridos con desgaste de Los Ángeles &lt; 25, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto emulsión.</b>						
		Uds.	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	Subtotal (€)
Zanjas en aceras		1	7.599,00	0,3	0,1	227,97		
Zanjas en calles peatonales		1	1.337,86	0,3	0,1	40,14		
<b>Total m<sup>3</sup></b>						<b>268,109</b>	<b>10,42</b>	<b>2.793,70</b>
<b>1.4</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Solado de loseta de hormigón gris lisa de 15x15x4 cm., colocada sobre capa de arena de río de 2 cm. de espesor, recibida con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/6 (M-40), i/rejuntado con lechada de cemento CEM II/B-M 32,5 R 1/2 y limpieza, medido en superficie realmente ejecutada.</b>						
		Uds.	Largo (m)	Ancho (m)		Parcial (m <sup>2</sup> )	€/m <sup>2</sup>	Subtotal (€)
Zanjas en aceras		1	7.599,00	0,3		2.279,70		
<b>Total m<sup>2</sup></b>						<b>2.279,70</b>	<b>15,29</b>	<b>34.856,61</b>
<b>1.5</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Pavimento con adoquines de hormigón color en piezas rectangulares de 20x10x8 cm., colocados previa compactación del terreno, sobre capa de arena de río compactada de 10 cm. de espesor, i/relleno de juntas con arena de río y limpieza, medida la superficie ejecutada.</b>						
		Uds.	Largo (m)	Ancho (m)		Parcial (m <sup>2</sup> )	€/m <sup>2</sup>	Subtotal (€)
Zanjas en calles peatonales		1	1.337,86	0,3		401,39		
<b>Total m<sup>2</sup></b>						<b>401,39</b>	<b>25,31</b>	<b>10.159,13</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 1 Obra Civil :</b>							<b>112.977,97 €</b>	

## 1.2. Presupuesto parcial nº2 Instalación eléctrica

2.2	Ud.	Cuadro de mando para alumbrado público con capacidad para hasta 5 líneas, formado por caja de poliéster de 800x250x1000 mm; 1 contactor; 5 interruptores automáticos magnetotérmicos, uno por cada circuito; y 5 interruptores diferenciales, uno por cada circuito. Incluido montaje y conexión.	Uds. 2	€/Ud. 1.851,38	Subtotal (€) 3.702,76
2.3	m	Línea de alimentación para alumbrado público con conductor de cobre flexible 3G 6mm <sup>2</sup> , aislamiento de Polietileno reticulado (XLPE) de 0,6/1 kV de tensión nominal y cubierta de Poliolefina termoplástica (Z1). Canalizados bajo tubo de PVC de D=90 mm en montaje enterrado, con elementos de conexión, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	m 5.066,24	€/m 9,36	Subtotal (€) 47.420,01
2.4	m	Línea de alimentación para alumbrado público con conductor de cobre flexible 5G 6mm <sup>2</sup> , aislamiento de Polietileno reticulado (XLPE) de 0,6/1 kV de tensión nominal y cubierta de Poliolefina termoplástica (Z1). Canalizados bajo tubo de PVC de D=90 mm en montaje enterrado, con elementos de conexión, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	m 3.870,72	€/m 10,76	Subtotal (€) 41.648,95
2.5	Ud.	Toma de tierra independiente con pica de acero cobrizado de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre de 35 mm <sup>2</sup> , unido mediante soldadura aluminotérmica, incluyendo registro de comprobación y puente de prueba.	Uds. 121	€/Ud. 182,53	Subtotal (€) 22.086,13
<b>Total presupuesto parcial nº 2 Instalación eléctrica:</b>					<b>114.857,85 €</b>



### 1.3. Presupuesto parcial nº3 Instalación luminotécnica

3.1	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 120 W y 20000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>4</b>	<b>681,28</b>	<b>2.725,12</b>
3.2	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 114 W y 19000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>9</b>	<b>876,98</b>	<b>7.892,82</b>
3.3	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 106 W y 18000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>9</b>	<b>681,28</b>	<b>6.131,52</b>
3.4	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 100 W y 17000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>5</b>	<b>681,28</b>	<b>3.406,40</b>
3.5	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 106 W y 18000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>3</b>	<b>670,98</b>	<b>2.012,94</b>
3.6	Ud.	Luminaria LED Philips, familia MileWide, de 80 W y 13500 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>21</b>	<b>1.144,78</b>	<b>24.040,38</b>
3.7	Ud.	Luminaria LED Philips, familia MileWide, de 44,5 W y 7600 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>75</b>	<b>887,28</b>	<b>66.546,00</b>
3.8	Ud.	Luminaria LED Philips, familia MileWide, de 18,8 W y 3000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>55</b>	<b>887,28</b>	<b>48.800,40</b>
3.9	Ud.	Luminaria LED Philips, familia ClassicStreet, de 25 W y 3200 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>66</b>	<b>597,85</b>	<b>39.458,10</b>
3.10	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 58 W y 9400 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>6</b>	<b>619,48</b>	<b>3.716,88</b>
3.11	Ud.	Luminaria LED Philips, familia Luma, de 21,5 W y 3400 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>8</b>	<b>567,98</b>	<b>4.543,84</b>
3.12	Ud.	Proyector LED Philips, familia ClearFlood, de 380 W y 60000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			<b>4</b>	<b>2.298,38</b>	<b>9.193,52</b>

3.13	Ud.	Proyector Philips, familia ArenaVision, de 2175 W y 226000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.	Uds. <b>16</b>	€/Ud. <b>1.968,78</b>	Subtotal (€) <b>31.500,48</b>
3.14	Ud.	Báculo de chapa de acero galvanizado de 14 m de altura con brazo de 0,5 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>4</b>	€/Ud. <b>822,43</b>	Subtotal (€) <b>3.289,72</b>
3.15	Ud.	Báculo de chapa de acero galvanizado de 14 m de altura con brazo de 1 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>9</b>	€/Ud. <b>822,43</b>	Subtotal (€) <b>7.401,87</b>
3.16	Ud.	Báculo de chapa de acero galvanizado de 11 m de altura con brazo de 1 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>9</b>	€/Ud. <b>594,21</b>	Subtotal (€) <b>5.347,89</b>
3.17	Ud.	Báculo de chapa de acero galvanizado de 13 m de altura con brazo de 1 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>5</b>	€/Ud. <b>715,1</b>	Subtotal (€) <b>3.575,50</b>
3.18	Ud.	Báculo de chapa de acero galvanizado de 10 m de altura con brazo de 1.5 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>6</b>	€/Ud. <b>519,85</b>	Subtotal (€) <b>3.119,10</b>
3.19	Ud.	Báculo de chapa de acero galvanizado de 8 m de altura con brazo de 1.5 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>8</b>	€/Ud. <b>397,52</b>	Subtotal (€) <b>3.180,16</b>
3.20	Ud.	Columna de chapa de acero galvanizado de 4 m de altura y 60 mm de diámetro para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>66</b>	€/Ud. <b>236,43</b>	Subtotal (€) <b>15.604,38</b>
3.21	Ud.	Columna de chapa de acero galvanizado de 20 m de altura y 102 mm de diámetro para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>4</b>	€/Ud. <b>4.388,47</b>	Subtotal (€) <b>17.553,88</b>
3.22	Ud.	Columna de chapa de acero galvanizado de 30 m de altura y 115 mm de diámetro para cuatro luminarias. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.	Uds. <b>4</b>	€/Ud. <b>29.829,23</b>	Subtotal (€) <b>119.316,92</b>
3.23	Ud.	Brazo mural metálico de tubo de acero de 1 m de longitud para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.			

		Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
		<b>75</b>	<b>55,83</b>	<b>4.187,25</b>
<b>3.24</b>	<b>Ud.</b>	<b>Brazo mural metálico de tubo de acero de 1 m de longitud para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>		
		Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
		<b>21</b>	<b>70,29</b>	<b>1.476,09</b>
<b>3.25</b>	<b>Ud.</b>	<b>Brazo mural metálico de tubo de acero de 0.5 m de longitud para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>		
		Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
		<b>58</b>	<b>48,57</b>	<b>2.817,06</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica :</b>				<b>436.838,22</b>

#### 1.4. Presupuesto parcial nº4 Verificación de las instalaciones

4.1	Ud.	Verificación del cumplimiento de las magnitudes luminotécnicas exigidas en normativa	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			43	57,36	2.466,48
4.2	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.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			45	140,41	6.318,45
4.3	Ud.	Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			2	57,36	114,72
4.4	Ud.	Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			10	57,36	576,6
4.5	Ud.	Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			10	57,36	576,6
4.6	Ud.	Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			68	28,69	1.950,92
4.7	Ud.	Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			10	86,05	860,5
<b>Total presupuesto parcial nº 4 Verificación de las instalaciones :</b>					<b>12.858,27 €</b>

#### 1.5. Presupuesto parcial nº5 Gestión medioambiental

5.1	m <sup>3</sup>	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.	Uds.	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial (m <sup>3</sup> )	€/m <sup>3</sup>	Subtotal (€)	
			1	8.936,96	0,3	0,5	1.340,54			
							<b>Total m<sup>3</sup></b>	<b>1340,54</b>	<b>22,36</b>	<b>29.974,56</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 5 Gestión medioambiental :</b>									<b>29.974,56 €</b>	

### 1.6. Presupuesto parcial nº6 Seguridad y salud

6.1	mes	Mes de alquiler (mín. 12 meses) 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.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			12	196,6	2.359,20
6.2	Ud.	Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			10	83,89	838,9
6.3	Ud.	Peto reflectante de seguridad personal en colores amarillo y rojo, (amortizable en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			20	2,4	48
6.4	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.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			20	31,32	626,4
6.5	Ud.	Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			10	5,8	58
6.6	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).	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			50	19,5	975
6.7	Ud.	Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			20	1,03	20,6
6.8	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.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			20	6,17	123,4
6.9	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.	Uds.	€/Ud.	Subtotal (€)
			20	50,51	1.010,20
<b>Total presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud :</b>					<b>6.059,70 €</b>

## 2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

1 Obra Civil	112.977,97 €
2 Instalación eléctrica	114.857,85 €
3 Instalación luminotécnica	436.838,22 €
4 Verificación de las instalaciones	12.858,27 €
5 Gestión medioambiental	29.974,56 €
6 Seguridad y salud	6.059,70 €
<b>TOTAL</b>	<b>713.566,57 €</b>
<b>IVA (21%)</b>	<b>149.848,98 €</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>863.415,55 €</b>

Asciede el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS QUINCE EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

### 3. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

#### 3.1 Obra civil

Código	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
<b>1.1 E02CZE030</b>	<b>Excavación en zanja en terreno de tránsito, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo.</b>			<b>4,85 €/m3</b>
O01OA020	Capataz	0,05 h/m3	10,84 €/h	0,54 €/m3
O01OA070	Peón ordinario	0,05 h/m3	10,24 €/h	0,51 €/m3
M05EC020	Excav.hidr.cadenas 135 CV	0,05 h/m3	45,82 €/h	2,29 €/m3
M06MR230	Martillo rompedor hidr. 600 kg.	0,05 h/m3	6,97 €/h	0,35 €/m3
M07CB020	Camión basculante 4x4 14 t.	0,025 h/m3	30,55 €/h	0,76 €/m3
M07N080	Canon de tierras a vertedero	1 m3/m3	0,26 €/m3	0,26 €/m3
	Costes indirectos	3 %		0,14 €/m3
<b>1.2 E04CM060</b>	<b>Hormigón en masa HM-20/B/40/I, de 20 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx.40, ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso encamillado de pilares y muros, vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocación. Según normas EHE.</b>			<b>62,5 €/m3</b>
O01OA030	Oficial primera	0,26 h/m3	10,71 €/h	2,78 €/m3
O01OA070	Peón ordinario	0,26 h/m3	10,24 €/h	2,66 €/m3
M10HV220	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	0,26 h/m3	2,25 €/h	0,59 €/m3
P01HC010	Hormigón HM-20/B/40/I central	1,1 m3/m3	49,7 €/m3	54,7 €/m3
	Costes indirectos	3 %		1,82 €/m3
<b>1.3 E32CF010</b>	<b>Mezcla bituminosa en frío tipo AF-20 en capa de rodadura o intermedia, con áridos con desgaste de Los Ángeles &lt; 25, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto emulsión.</b>			<b>10,4 €/m3</b>
O01OA010	Encargado	0,01 h/m3	10,98 €/h	0,11 €/m3
O01OA030	Oficial primera	0,01 h/m3	10,71 €/h	0,11 €/m3
O01OA070	Peón ordinario	0,03 h/m3	10,24 €/h	0,31 €/m3
M05PN010	Pala carg.neumát. 85 CV/1,2m3	0,01 h/m3	33,61 €/h	0,34 €/m3
M03MF010	Pta.asfált. en frío disc.100 t/h	0,01 h/m3	94,59 €/h	0,95 €/m3
M07CB020	Camión basculante 4x4 14 t.	0,01 h/m3	30,55 €/h	0,31 €/m3
M08EA010	Extended.asfáltica 6 m. s/ruedas	0,01 h/m3	54,67 €/h	0,55 €/m3
M08RT050	Rodillo v.autop.tándem 10 t.	0,01 h/m3	32,47 €/h	0,32 €/m3
M08RV010	Compact.asfált.neum.aut. 6/15t.	0,01 h/m3	38,58 €/h	0,39 €/m3
P01AF340	Árido mach.2/6 D.A.<25 ex.polvo	0,2 t/m3	7,81 €/t	1,56 €/m3
P01AF350	Árido mach.6/12 D.A.<25 ex.polvo	0,25 t/m3	7,81 €/t	1,95 €/m3
P01AF360	Árido mach.12/18 D.A.<25 ex.polv	0,3 t/m3	6,43 €/t	1,93 €/m3
P01AF370	Árido mach.18/25 D.A.<25 ex.polv	0,2 t/m3	6,43 €/t	1,29 €/m3
	Costes indirectos	3 %		0,3 €/m3
<b>1.4 E10CCD010</b>	<b>Solado de loseta de hormigón gris lisa de 15x15x4 cm., colocada sobre capa de arena de río de 2 cm. de espesor, recibida con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/6 (M-40), i/rejuntado con lechada de cemento CEM II/B-M 32,5 R 1/2 y limpieza, medido en superficie realmente ejecutada.</b>			<b>15,3 €/m2</b>
O01OA030	Oficial primera	0,265 h/m2	10,71 €/h	2,84 €/m2
O01OA050	Ayudante	0,265 h/m2	10,4 €/h	2,76 €/m2
O01OA070	Peón ordinario	0,18 h/m2	10,24 €/h	1,84 €/m2
P08CB010	Loseta hormig. gris lisa 15x15x4	1,05 m2/m2	5,16 €/m2	5,42 €/m2
A01MA080	MORTERO CEMENTO 1/6 M-40	0,03 m3/m2	53,29 €/m3	1,6 €/m2
P01AA020	Arena de río 0/5 mm.	0,02 m3/m2	11,34 €/m3	0,23 €/m2
A01AL020	LECHADA CEM.1/2 CEM II/B-M 32,5R	0,001 m3/m2	59,52 €/m3	0,06 €/m2
P01CC020	Cemento CEM II/B-M 32,5 R sacos	0,001 t/m2	90,33 €/mt	0,09 €/m2
	Costes indirectos	3 %		0,45 €/m2

<b>1.5</b>	<b>Pavimento con adoquines de hormigón color en piezas rectangulares de 20x10x8 cm., colocados previa compactación del terreno, sobre capa de arena de río compactada de 10 cm. de espesor, i/relleno de juntas con arena de río y limpieza, medida la superficie ejecutada.</b>					<b>25,3</b>	<b>€/m2</b>
E10CCH020							
O01OA030	Oficial primera	0,44	h/m2	10,71	€/h	4,71	€/m2
O01OA050	Ayudante	0,44	h/m2	10,4	€/h	4,58	€/m2
P08CA020	Ado.rectangular h. color 20x10x8	1,05	m2/m2	12,5	€/m2	13,1	€/m2
P01AA020	Arena de río 0/5 mm.	0,11	m3/m2	11,34	€/m3	1,25	€/m2
M08RB050	Bandeja vib.170kg (50 cm) rever.	0,3	h/m2	3	€/h	0,9	€/m2
	Costes indirectos	3	%			0,74	€/m2

### 3.2 Instalación eléctrica

Código	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe			
<b>2.1 CM01</b>	<b>Cuadro de mando para alumbrado público con capacidad para hasta 4 líneas, formado por caja de poliéster de 800x250x1000 mm; 1 contactor; 4 interruptores automáticos magnetotérmicos, uno por cada circuito; y 4 interruptores diferenciales, uno por cada circuito. Incluido montaje y conexión.</b>			<b>1.851,38</b>			
				<b>€/ud</b>			
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	2,7	h/Ud	11,44	€/h	30,9	€/Ud
O01OB210	Oficial 2ª Electricista	5	h/Ud	11,15	€/h	55,8	€/Ud
P15FB080	Arm.puerta 1000x800x250	1	Ud/Ud	327	€/Ud	327	€/Ud
P15FE330	Contactor tetrapolar 40 A.	2	Ud/Ud	73,89	€/Ud	148	€/Ud
IMT01	Interruptor magnetotérmico bipolar In 6A, poder de corte 6kA	1	Ud/Ud	78	€/Ud	78	€/Ud
IMT02	Interruptor magnetotérmico tripolar In 6A, poder de corte 6kA	4	Ud/Ud	78	€/Ud	312	€/Ud
ID01	Interruptor diferencial bipolar In 25A, sensibilidad 300mA	1	Ud/Ud	140	€/Ud	140	€/Ud
ID02	Interruptor diferencial tripolar In 25A, sensibilidad 300mA	4	Ud/Ud	140	€/Ud	560	€/Ud
P16AG010	Célula fotoeléctrica	1	Ud/Ud	49,64	€/Ud	49,6	€/Ud
P16AG020	Reloj normalizado	1	Ud/Ud	86,46	€/Ud	86,5	€/Ud
P01DW090	Pequeño material	14	Ud/Ud	0,71	€/Ud	9,94	€/Ud
	Costes indirectos	3	%			53,9	€/Ud
<b>2.3 LIN01</b>	<b>Línea de alimentación para alumbrado público con conductor de cobre flexible 3G 6mm<sup>2</sup>, aislamiento de Polietileno reticulado (XLPE) de 0,6/1 kV de tensión nominal y cubierta de Poliolefna termoplástica (Z1). canalizados bajo tubo de PVC de D=90 mm en montaje enterrado, con elementos de conexión, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.</b>			<b>9,36</b>			
				<b>€/m</b>			
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	0,15	h/m	11,44	€/h	1,72	€/m
O01OB210	Oficial 2ª Electricista	0,15	h/m	11,15	€/h	1,67	€/m
mt35aia070fe	Tubo rígido de polietileno de doble pared D90 mm	1	m/m	2,86	€/m	2,86	€/m
mt35pry018bj	Cable eléctrico de cobre flexible RZ1 0,6/1KV 3G6	1	m/m	2,13	€/m	2,13	€/m
P01DW090	Pequeño material	1	Ud/m	0,71	€/Ud	0,71	€/m
	Costes indirectos	3	%	9,09		0,27	€/m
<b>2.4 LIN02</b>	<b>Línea de alimentación para alumbrado público con conductor de cobre flexible 5G 6mm<sup>2</sup>, aislamiento de Polietileno reticulado (XLPE) de 0,6/1 kV de tensión nominal y cubierta de Poliolefna termoplástica (Z1). canalizados bajo tubo de PVC de D=90 mm en montaje enterrado, con elementos de conexión, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.</b>			<b>10,8</b>			
				<b>€/m</b>			
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	0,15	h/m	11,44	€/h	1,72	€/m
O01OB210	Oficial 2ª Electricista	0,15	h/m	11,15	€/h	1,67	€/m
mt35aia070fe	Tubo rígido de polietileno de doble pared D90 mm	1	m/m	2,86	€/m	2,86	€/m
mt35pry018bh	Cable eléctrico de cobre flexible RZ1 0,6/1KV 5G6	1	m/m	3,49	€/m	3,49	€/m
P01DW090	Pequeño material	1	Ud/m	0,71	€/Ud	0,71	€/m
	Costes indirectos	3	%			0,31	€/m



<b>2.5 E15TI020</b>	<b>Toma de tierra independiente con pica de acero cobrizado de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre de 35 mm<sup>2</sup>, unido mediante soldadura aluminotérmica, incluyendo registro de comprobación y puente de prueba.</b>				<b>183 €/Ud</b>
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,4 €/Ud
O01OB220	Ayudante-Electricista	1	h/Ud	10,56 €/h	10,6 €/Ud
P15EA010	Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu	1	Ud/Ud	12,5 €/Ud	12,5 €/Ud
P15EB010	Conduc. cobre desnudo 35 mm <sup>2</sup>	20	m/Ud	6,01 €/m	120 €/Ud
P15ED030	Sold. aluminio t. cable/placa	1	Ud/Ud	2,85 €/Ud	2,85 €/Ud
P15EC010	Registro de comprobación + tapa	1	Ud/Ud	9,65 €/Ud	9,65 €/Ud
P15EC020	Puente de prueba	1	Ud/Ud	9,3 €/Ud	9,3 €/Ud
P01DW090	Pequeño material	1	Ud/Ud	0,71 €/Ud	0,71 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		5,32 €/Ud

### 3.3 Instalación luminotécnica

Código	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe	
<b>3.1 LUM01</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 120 W y 20000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>681,28 €/Ud</b>	
LUM01L	Luminaria Philips BGP623 T25 1 xLED200-4S/740 DX10	1	Ud/Ud	650 €/Ud	650 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		19,84 €/Ud
<b>3.2 LUM02</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 210 W y 34000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>876,98 €/Ud</b>	
LUM02L	Luminaria Philips BGP625 T25 1 xLED340-4S/740 DM50	1	Ud/Ud	840 €/Ud	840 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		25,54 €/Ud
<b>3.3 LUM03</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 126 W y 21000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>681,28 €/Ud</b>	
LUM03L	Luminaria Philips BGP623 T25 1 xLED210-4S/740 DM50	1	Ud/Ud	650 €/Ud	650 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	661,44	19,84 €/Ud
<b>3.4 LUM04</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 106 W y 18000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>681,28 €/Ud</b>	
LUM04L	Luminaria LED Philips BGP623 T25 1 xLED180-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	650 €/Ud	650 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	661,44	19,84 €/Ud
<b>3.5 LUM05</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 59 W y 10000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>670,98 €/Ud</b>	
LUM05L	Luminaria LED Philips BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	640 €/Ud	640 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	651,44	19,54 €/Ud
<b>3.6 LUM06</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia MileWide, de 80 W y 13500 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>1144,78 €/Ud</b>	
LUM06L	Luminaria LED Philips BRP436 T25 1 xLED135-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	1.100,00 €/Ud	1.100,00 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	1.111,44	33,34 €/Ud
<b>3.7 LUM07</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia MileWide, de 51 W y 8600 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>			<b>887,28 €/Ud</b>	
LUM07L	Luminaria LED Philips BRP435 T25 1 xLED85-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	850 €/Ud	850 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44 €/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	861,44	25,84 €/Ud

<b>3.8 LUM08</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia MileWide, de 22 W y 3500 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>				<b>887,28</b>	<b>€/Ud</b>
LUM08L	Luminaria LED Philips BRP435 T25 1 xLED35-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	850	€/Ud	850 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44	€/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	861,44		25,84 €/Ud
<b>3.9 LUM09</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia ClassicStreet, de 14 W y 1800 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>				<b>597,85</b>	<b>€/Ud</b>
LUM09L	Luminaria LED Philips BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DN1	1	Ud/Ud	569	€/Ud	569 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44	€/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	580,44		17,41 €/Ud
<b>3.10 LUM10</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 58 W y 9400 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>				<b>619,48</b>	<b>€/Ud</b>
LUM10L	Luminaria LED Philips BGP621 T25 1 xLED94-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	590	€/Ud	590 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44	€/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	601,44		18,04 €/Ud
<b>3.11 LUM11</b>	<b>Luminaria LED Philips, familia Luma, de 22 W y 3400 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>				<b>567,98</b>	<b>€/Ud</b>
LUM11L	Luminaria LED Philips BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DM12	1	Ud/Ud	540	€/Ud	540 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44	€/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	551,44		16,54 €/Ud
<b>3.12 LUM12</b>	<b>Proyector LED Philips, familia ClearFlood, de 380 W y 60000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>				<b>2298,38</b>	<b>€/Ud</b>
LUM12L	Proyector LED Philips BVP651 T25 1 xLED600-4S/740 DM10	1	Ud/Ud	2.220,00	€/Ud	2.220,00 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44	€/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	2.231,44		66,94 €/Ud
<b>3.13 LUM13</b>	<b>Proyector Philips, familia ArenaVision, de 2175 W y 226000 lm. Incluida la instalación de la misma en su correspondiente soporte.</b>				<b>1968,78</b>	<b>€/Ud</b>
LUM13L	Proyector Philips MVF403 1xMHN-SAH2000W/400V/956 A7	1	Ud/Ud	1.900,00	€/Ud	1.900,00 €/Ud
O01OB200	Oficial 1ª Electricista	1	h/Ud	11,44	€/h	11,44 €/Ud
	Costes indirectos	3	%	1.911,44		57,34 €/Ud
<b>3.14 SOP01</b>	<b>Báculo de chapa de acero galvanizado de 14 m de altura con brazo de 0,5 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>				<b>822,43</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,33	h/Ud	10,71	€/h	3,53 €/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,5	h/Ud	10,24	€/h	5,12 €/Ud
BAC01	Báculo acero galv 14m brazo de 2m	1	Ud/Ud	700	€/Ud	700 €/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07 €/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	21,5	m/Ud	1,12	€/m	24,08 €/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,3	h/Ud	53,48	€/h	16,04 €/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,33	h/Ud	35,69	€/h	11,78 €/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86 €/Ud
	Costes indirectos	3	%			23,95 €/Ud
<b>3.15 SOP02</b>	<b>Báculo de chapa de acero galvanizado de 14 m de altura con brazo de 1 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>				<b>822,43</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,33	h/Ud	10,71	€/h	3,53 €/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,5	h/Ud	10,24	€/h	5,12 €/Ud
BAC02	Báculo acero galv 14 m brazo de 1m	1	Ud/Ud	700	€/Ud	700 €/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07 €/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	21,5	m/Ud	1,12	€/m	24,08 €/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,3	h/Ud	53,48	€/h	16,04 €/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,33	h/Ud	35,69	€/h	11,78 €/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86 €/Ud

	Costes indirectos		3 %			23,95	€/Ud
<b>3.16 SOP03</b>	<b>Báculo de chapa de acero galvanizado de 11 m de altura con brazo de 1 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>594,21</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,26	h/Ud	10,71	€/h	2,78	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,45	h/Ud	10,24	€/h	4,61	€/Ud
BAC03	Báculo acero galv 11m brazo de 1m	1	Ud/Ud	490	€/Ud	490	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	16,9	m/Ud	1,12	€/m	18,93	€/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,25	h/Ud	53,48	€/h	13,37	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,26	h/Ud	35,69	€/h	9,28	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos		3 %			17,31	€/Ud
<b>3.17 SOP04</b>	<b>Báculo de chapa de acero galvanizado de 13 m de altura con brazo de 1 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>715,1</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,31	h/Ud	10,71	€/h	3,32	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,5	h/Ud	10,24	€/h	5,12	€/Ud
BAC04	Báculo acero galv 13m brazo de 1m	1	Ud/Ud	600	€/Ud	600	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	20	m/Ud	1,12	€/m	22,4	€/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,27	h/Ud	53,48	€/h	14,44	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,31	h/Ud	35,69	€/h	11,06	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos		3 %			20,83	€/Ud
<b>3.18 SOP05</b>	<b>Báculo de chapa de acero galvanizado de 10 m de altura con brazo de 1.5 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>519,85</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,23	h/Ud	10,71	€/h	2,46	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,45	h/Ud	10,24	€/h	4,61	€/Ud
BAC05	Báculo acero galv 10m brazo de 1.5m	1	Ud/Ud	424	€/Ud	424	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	15	m/Ud	1,12	€/m	16,8	€/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,2	h/Ud	53,48	€/h	10,7	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,23	h/Ud	35,69	€/h	8,21	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos		3 %			15,14	€/Ud
<b>3.19 SOP06</b>	<b>Báculo de chapa de acero galvanizado de 8 m de altura con brazo de 1.5 m para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>397,52</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,19	h/Ud	10,71	€/h	2,03	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,45	h/Ud	10,24	€/h	4,61	€/Ud
BAC06	Báculo acero galv 8m brazo de 1.5m	1	Ud/Ud	310	€/Ud	310	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	12,4	m/Ud	1,12	€/m	13,89	€/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,2	h/Ud	53,48	€/h	10,7	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,19	h/Ud	35,69	€/h	6,78	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos		3 %			11,58	€/Ud
<b>3.20 SOP07</b>	<b>Columna de chapa de acero galvanizado de 4 m de altura y 60 mm de diámetro para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>236,43</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,08	h/Ud	10,71	€/h	0,86	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,3	h/Ud	10,24	€/h	3,07	€/Ud
COL01	Columna acero galv 4m Ø60mm	1	Ud/Ud	179	€/Ud	179	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	5,2	m/Ud	1,12	€/m	5,82	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,08	h/Ud	35,69	€/h	2,86	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos		3 %			6,89	€/Ud

<b>3.21 SOP08</b>	<b>Columna de chapa de acero galvanizado de 20 m de altura y 102 mm de diámetro para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>4388,47</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,4	h/Ud	10,71	€/h	4,28	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,55	h/Ud	10,24	€/h	5,63	€/Ud
COL02	Columna acero galv 20m Ø102mm	1	Ud/Ud	4.140,00	€/Ud	4.140,00	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	26	m/Ud	1,12	€/m	29,12	€/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,55	h/Ud	53,48	€/h	29,41	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,4	h/Ud	35,69	€/h	14,28	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos	3	%			127,82	€/Ud
<b>3.22 SOP09</b>	<b>Columna de chapa de acero galvanizado de 30 m de altura y 115 mm de diámetro para cuatro luminarias. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>29829,23</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,6	h/Ud	10,71	€/h	6,43	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,8	h/Ud	10,24	€/h	8,19	€/Ud
COL03	Columna acero galv 30m Ø115mm	4	Ud/Ud	7.200,00	€/Ud	28.800,00	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	39	m/Ud	1,12	€/m	43,68	€/Ud
MMMT10ab	Cmn grúa autcg 12 T s/JIC	0,8	h/Ud	53,48	€/h	42,78	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,6	h/Ud	35,69	€/h	21,41	€/Ud
EILE.5a	Cimentación báculo <4m	1	Ud/Ud	31,86	€/Ud	31,86	€/Ud
	Costes indirectos	3	%			868,81	€/Ud
<b>3.23 SOP10</b>	<b>Brazo mural metálico de tubo de acero de 1 m de longitud para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>55,83</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,15	h/Ud	10,71	€/h	1,61	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,2	h/Ud	10,24	€/h	2,05	€/Ud
BM01	Brazo mural metálico 1m, Ø1.5"	1	Ud/Ud	38	€/Ud	38	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	1	m/Ud	1,12	€/m	1,12	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,15	h/Ud	35,69	€/h	5,35	€/Ud
	Costes indirectos	3	%	54,2		1,63	€/Ud
<b>3.24 SOP11</b>	<b>Brazo mural metálico de tubo de acero de 1 m de longitud para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>70,29</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,225	h/Ud	10,71	€/h	2,41	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,2	h/Ud	10,24	€/h	2,05	€/Ud
BM02	Brazo mural metálico 1.5m, Ø1.5"	1	Ud/Ud	48	€/Ud	48	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	1,5	m/Ud	1,12	€/m	1,68	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,225	h/Ud	35,69	€/h	8,03	€/Ud
	Costes indirectos	3	%	68,24		2,05	€/Ud
<b>3.25 SOP12</b>	<b>Brazo mural metálico de tubo de acero de 0.5 m de longitud para una luminaria. Incluido cableado interior de conexión, puesta a tierra, accesorios y montaje del conjunto.</b>					<b>48,57</b>	<b>€/Ud</b>
O01OA030	Oficial primera	0,075	h/Ud	10,71	€/h	0,8	€/Ud
O01OA070	Peón ordinario	0,2	h/Ud	10,24	€/h	2,05	€/Ud
BM03	Brazo mural metálico 0.5m, Ø1.5"	1	Ud/Ud	35	€/Ud	35	€/Ud
PIEW.8c	Caja der 153x110 10 conos	1	Ud/Ud	6,07	€/Ud	6,07	€/Ud
PIEC.1bbbbbb	Cbl Cu RV-K monf 0,6/1 kV m 3x2.5mm <sup>2</sup>	0,5	m/Ud	1,12	€/m	0,56	€/Ud
MMMG.2a	Cmn grúa cesta 10m	0,075	h/Ud	35,69	€/h	2,68	€/Ud
	Costes indirectos	3	%	47,16		1,41	€/Ud

### 3.4 Verificación de las instalaciones

Código	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
<b>4.1 VIL01</b>	<b>Verificación del cumplimiento de las magnitudes luminotécnicas exigidas en normativa</b>			<b>57,36 €/Ud</b>
O01OB520	E técn. lab. (personal + equipos)	1 h/Ud	55,69 €/h	55,69 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	55,69	1,67 €/Ud
<b>4.2 E39BFF060</b>	<b>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.</b>			<b>140,41 €/Ud</b>
E39BFF010	ENS.SERIE 4 PROBETAS, HORMIGÓN	2 h/Ud	68,16 €/h	136,32 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	136,32	4,09 €/Ud
<b>4.3 E39IEI010</b>	<b>Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.</b>			<b>57,36 €/Ud</b>
O01OB520	E técn. lab. (personal + equipos)	1 h/Ud	55,69 €/h	55,69 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	55,69	1,67 €/Ud
<b>4.4 E39IEI030</b>	<b>Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas</b>			<b>57,36 €/Ud</b>
O01OB520	E técn. lab. (personal + equipos)	1 h/Ud	55,69 €/h	55,69 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	55,69	1,67 €/Ud
<b>4.5 E39IEI040</b>	<b>Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.</b>			<b>57,36 €/Ud</b>
O01OB520	E técn. lab. (personal + equipos)	1 h/Ud	55,69 €/h	55,69 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	55,69	1,67 €/Ud
<b>4.6 E39IEI070</b>	<b>Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.</b>			<b>28,69 €/Ud</b>
O01OB520	E técn. lab. (personal + equipos)	0,5 h/Ud	55,69 €/h	27,85 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	27,85	0,84 €/Ud
<b>4.7 E39IEI050</b>	<b>Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas .</b>			<b>86,05 €/Ud</b>
O01OB520	E técn. lab. (personal + equipos)	1,5 h/Ud	55,69 €/h	83,54 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	83,54	2,51 €/Ud

### 3.5 Gestión medioambiental

<b>5.1 G02RRR010</b>	<b>Retirada de residuos mixtos en obra de nueva planta a planta de valorización situada a una distancia máxima de 10 km, formada por: transporte ininterior, carga, transporte a planta, descarga y canon de gestión. Medido el volumen esponjado.</b>			<b>22,36 €/m3</b>
P35040	Transporte interior mecanico de residuos mixtos a 100 m	1 m3/m3	2,6 €/m3	2,6 €/Ud
M05PC010	Pala carg.cadenas 50 CV/0,60m3	0,02 h/m3	30,86 €/h	0,62 €/Ud
M07CB010	Camión basculante 4x2 10 t.	0,2 h/m3	25,07 €/h	5,01 €/Ud
M07N130	Canon gestion de residuos mixtos	1 m3/m3	13,48 €/m3	13,48 €/Ud
	Costes indirectos	3		0,65 €/Ud

## 3.6 Seguridad y salud

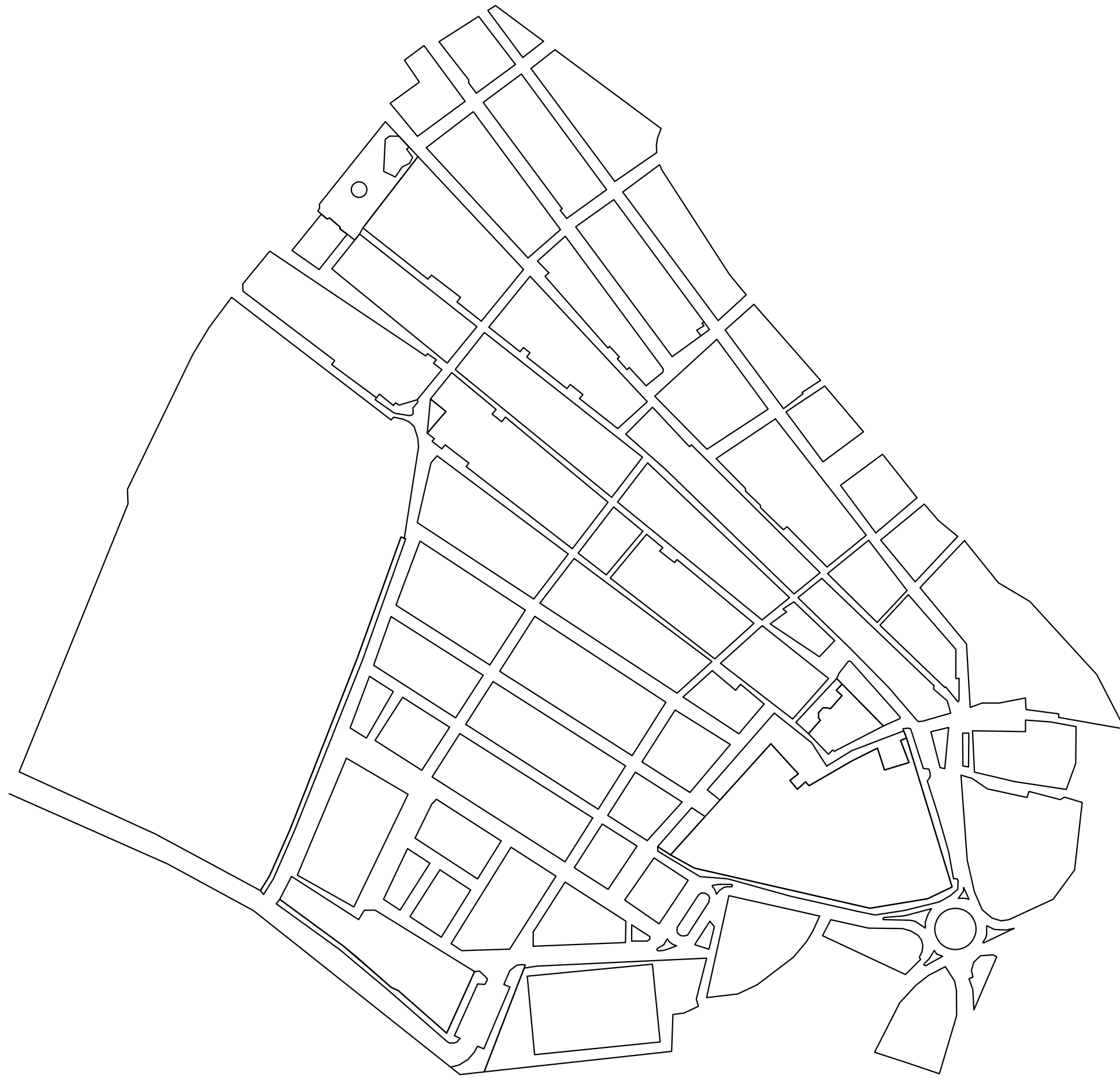
Código	Descripción	Rendimiento		Precio	Importe
<b>6.1 E38BC020</b>	<b>Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, 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.</b>				<b>196,6 €/mes</b>
O01OA070	Peón ordinario	0,085	h/mes	10,24 €/h	0,87 €/Ud
P31BC020	Alq. caseta pref. aseo 3,25x1,90	1	ud/mes	70 €/ud	70 €/Ud
P31BC220	Transp.200km.ent.r. y rec.1 módulo	0,25	ud/mes	480 €/ud	120 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		5,73 €/Ud
<b>6.2 E38BM110</b>	<b>Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.</b>				<b>83,89 €/Ud</b>
O01OA070	Peón ordinario	0,1	h/Ud	10,24 €/h	1,02 €/Ud
P31BM110	Botiquín de urgencias	1	Ud/Ud	80,43 €/ud	80,43 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		2,44 €/Ud
<b>6.3 E38PIC140</b>	<b>Peto reflectante de seguridad personal en colores amarillo y rojo, (amortizable en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</b>				<b>2,4 €/Ud</b>
P31IC140	Peto reflectante a/r.	0,333	Ud/Ud	7 €/ud	2,33 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		0,07 €/Ud
<b>6.4 E38ES070</b>	<b>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.</b>				<b>31,32 €/Ud</b>
O01OA070	Peón ordinario	0,2	h/Ud	10,24 €/h	2,05 €/Ud
P31SV100	Panel direc. refl. 165x45 cm.	0,2	Ud/Ud	112,2 €/ud	22,45 €/Ud
P31SV110	Soporte panel direc. metálico	0,2	Ud/Ud	14,18 €/ud	2,84 €/Ud
A01RH060	HORMIGÓN HM-10/B/40	0,064	m3/Ud	48 €/m3	3,07 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		0,91 €/Ud
<b>6.5 E38EB050</b>	<b>Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.</b>				<b>5,8 €/Ud</b>
O01OA070	Peón ordinario	0,1	h/Ud	10,24 €/h	1,02 €/Ud
P31SB050	Baliza luminosa intermitente	0,2	Ud/Ud	23,05 €/ud	4,61 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		0,17 €/Ud
<b>6.6 E38PCA040</b>	<b>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).</b>				<b>19,5 €/Ud</b>
O01OA070	Peón ordinario	0,2	h/Ud	10,24 €/h	2,05 €/Ud
P31CA040	Tapa provisional arqueta 80x80	0,5	Ud/Ud	32,33 €/ud	16,17 €/Ud
P01DW090	Pequeño material	1	Ud/Ud	0,71 €/ud	0,71 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		0,57 €/Ud
<b>6.7 E38PIM040</b>	<b>Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</b>				<b>1,03 €/Ud</b>
P31IM030	Par guantes uso general serraje	1	Ud/Ud	1 €/ud	1 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		0,03 €/Ud
<b>6.8 E38PIP030</b>	<b>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.</b>				<b>6,17 €/Ud</b>
P31IP020	Par botas c/puntera/plant. metal	0,333	Ud/Ud	18 €/ud	5,99 €/Ud
	Costes indirectos	3	%		0,18 €/Ud

6.9 E38W060	<p>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.</p>		50,51 €/Ud
P31W060	Vigilancia de la salud	1 Ud/Ud	49,04 €/ud 49,04 €/Ud
	Costes indirectos	3 %	1,47 €/Ud

# PLANOS

---





TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**



**ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALÈNCIA**

Proyecto:

**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL  
ALUMBRADO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE  
BURJASSOT, VALÈNCIA**

Plano:

**Zona de proyecto**

Autor:

**Francisco Bonora Valero**

Fecha:

**Febrero 2020**

Escala:

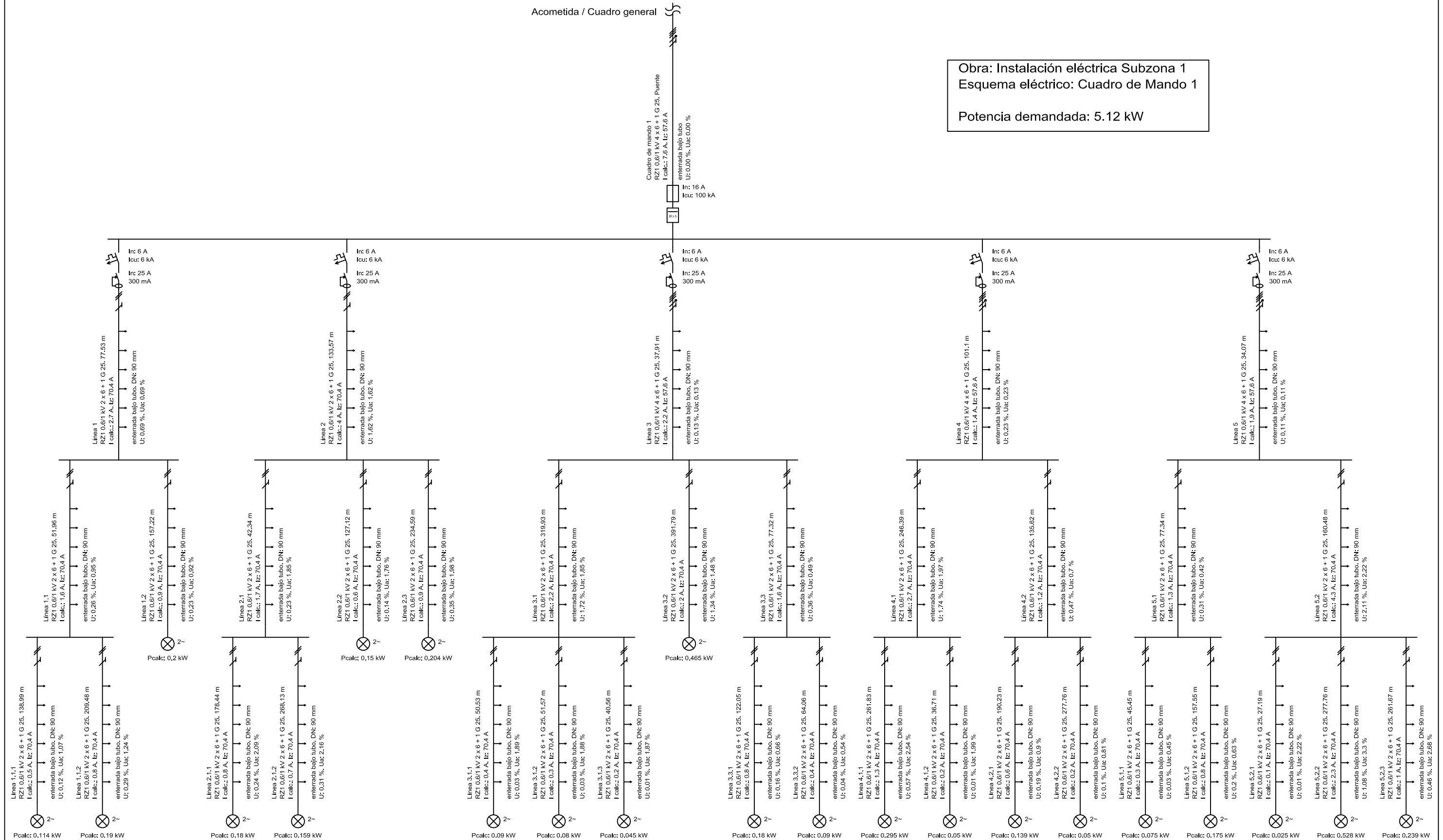
**1:3500**

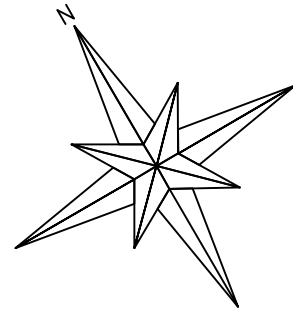
Nº Plano:

**1**

Acometida / Cuadro general

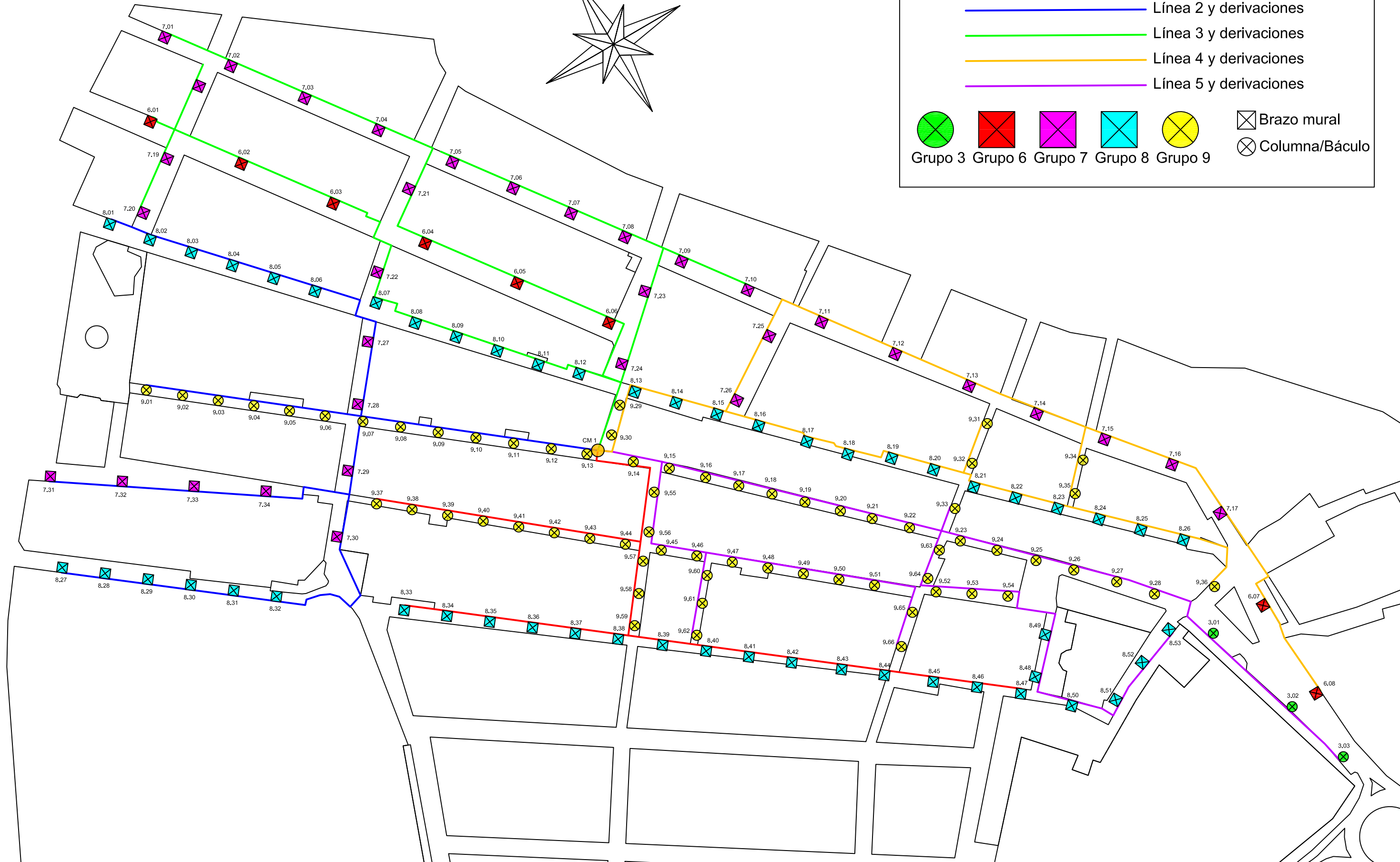
Obra: Instalación eléctrica Subzona 1  
 Esquema eléctrico: Cuadro de Mando 1  
 Potencia demandada: 5.12 kW





### LEYENDA

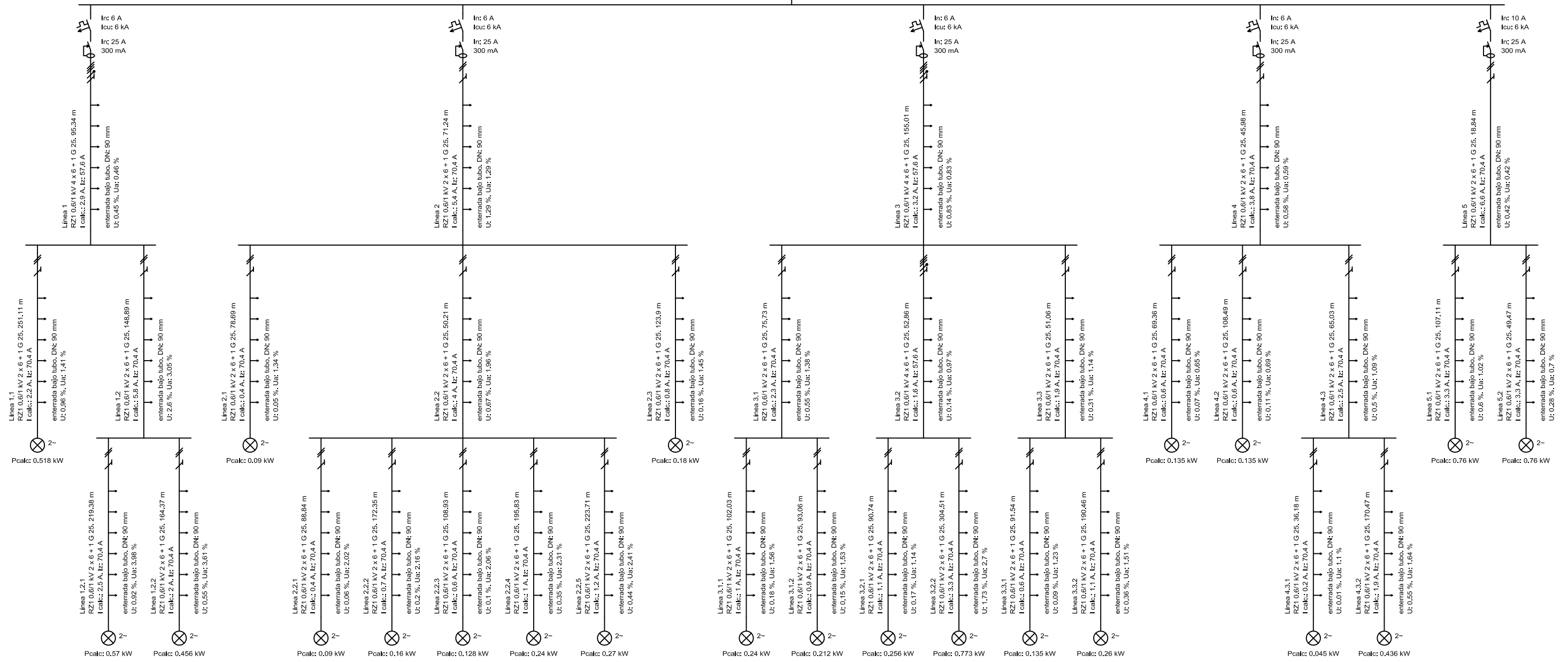
	Línea 1 y derivaciones
	Línea 2 y derivaciones
	Línea 3 y derivaciones
	Línea 4 y derivaciones
	Línea 5 y derivaciones
	Grupo 3
	Grupo 6
	Grupo 7
	Grupo 8
	Grupo 9
	Brazo mural
	Columna/Báculo



Acometida / Cuadro general

Esquema eléctrico  
 RZ1 0,6/1 kV 4 x 6 + 1 G 25, Puente  
 I calc.: 11,4 A, Iz: 57,6 A  
 enterrada bajo tubo  
 U: 0,01 %, Uat: 0,01 %  
 In: 16 A  
 Icu: 100 kA

Obra: Instalación eléctrica Subzona 2  
 Esquema eléctrico: Cuadro de Mando 2  
 Potencia demandada: 7.902 kW



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

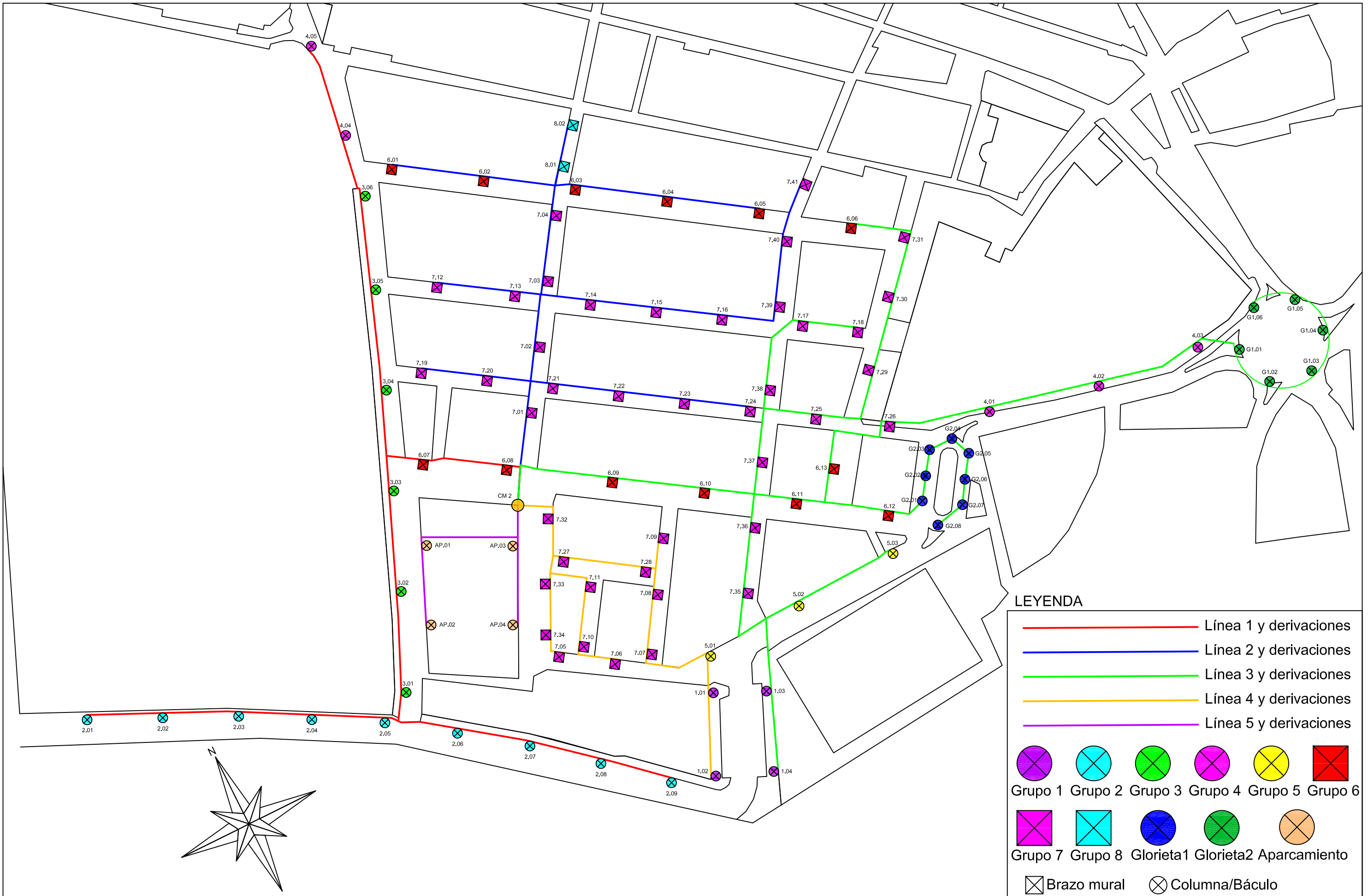


Proyecto:  
**PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL  
 ALUMBRADO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE  
 BURJASSOT, VALENCIA**

Plano:  
**Esquema Unifilar del Cuadro de Mando 2**  
 Autor:  
**Francisco Bonora Valero**

Fecha:  
**Febrero 2020**  
 Escala:  
**S/E**

Nº Plano:  
**4**



**LEYENDA**

- Línea 1 y derivaciones
- Línea 2 y derivaciones
- Línea 3 y derivaciones
- Línea 4 y derivaciones
- Línea 5 y derivaciones

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Grupo 7	Grupo 8	Glorieta 1	Glorieta 2	Aparcamiento	
		Brazo mural      Columna/Báculo			

# ANEJOS

---

## 1. MODELOS DE LUMINARIAS EMPLEADOS

En este apartado se exponen los modelos de luminaria empleados para llevar a cabo los cálculos luminotécnicos y se relacionan con los códigos usados en la memoria para designarlos.

Para seleccionar las luminarias se ha decidido usar el catálogo de iluminación exterior de Philips. Ésta decisión se fundamenta en la ventaja que ofrece el citado catálogo para la realización de un trabajo de éstas características debido a que ofrece los precios de las luminarias ofertadas.

A grandes rasgos, para las calles principales (grupos 1, 2, 3, 4 y 5), que presentan una mayor afluencia de vehículos, se ha optado por la serie *Luma* ya que es una buena solución para situaciones de vial general. Para las calles residenciales (grupos 6, 7 y 8) se ha optado por la serie *MileWide2* que el catálogo recomienda para este tipo de vías. Finalmente, para las calles peatonales (grupo 9) se ha optado por usar la serie *ClassicStreet* que el fabricante califica como de iluminación ambiental.

Para las calles peatonales se ha decidido usar una temperatura de color más cálida que para el resto de vías. Concretamente se han empleado luminarias de 3000 K de temperatura de color, eso se indica en el catálogo mediante el código 830. En cuanto al resto de calles, que presentan tráfico rodado, se ha usado luminarias con temperatura de color blanco neutro, es decir, 4000 K de temperatura de color, esto se representa en el catálogo de Philips mediante el código 740.

Una vez establecido el tipo de luminarias a emplear en cada grupo de calles, se ha seleccionado el modelo concreto teniendo en cuenta el flujo luminoso y la distribución fotométrica requeridos. En la siguiente tabla se relacionan los modelos de luminarias escogidos con sus códigos de identificación:

Resumen modelos de luminarias empleados					
Grupo	Código	Serie	Modelo de luminaria	Flujo luminoso	Potencia
1	G1-200X	Luma	BGP623 T25 1 xLED200-4S/740 DX10	20000 lm	120 W
2	G2-190M	Luma	BGP625 T25 1 xLED340-4S/740 DM50	19000 lm	114 W
3	G3-180M	Luma	BGP623 T25 1 xLED210-4S/740 DM50	18000 lm	106 W
4	G4-170M	Luma	BGP623 T25 1 xLED180-4S/740 DM12	17000 lm	100 W
5	G5-180M	Luma	BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DM12	18000 lm	106 W
6	G6-135M	MileWide	BRP436 T25 1 xLED135-4S/740 DM12	13500 lm	80 W
7	G7-76M	MileWide	BRP435 T25 1 xLED85-4S/740 DM12	7600 lm	44,5 W
8	G8-30M	MileWide	BRP435 T25 1 xLED35-4S/740 DM12	3000 lm	18,8 W
9	G9-35M	ClassicStreet	BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DN1	3200 lm	25 W
Glorieta Castell - Valencia	GL1-94M	Luma	BGP621 T25 1 xLED94-4S/740 DM12	9400 lm	58 W
Glorieta Castell - L'Almara	GL2-34M	Luma	BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DM12	3400 lm	21,5 W
Aparcamiento	AP-600X	ClearFlood	BVP651 T25 1 xLED600-4S/740 DM10	60000 lm	380 W
Estadio de Fútbol	EF-2260A	ArenaVision	MVF403 1xMHN-SAH2000W/400V/956 A7	226000 lm	2175 W

Tabla 54: Resumen modelos de luminarias empleados

## 2. RESULTADOS LUMINOTÉCNICOS DIALUX

### CALLES GRUPO 1

1	<p>Recuadro de evaluación Calzada 1                      Longitud: 46.000 m, Anchura: 14.000 m                      Trama: 16 x 10 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	11.75	8.97
	Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
2	<p>Recuadro de evaluación Camino para bicicletas 1                      Longitud: 46.000 m, Anchura: 2.000 m                      Trama: 16 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Camino para bicicletas 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	10.83	8.46
	Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3	<p>Recuadro de evaluación Camino peatonal 1                      Longitud: 46.000 m, Anchura: 2.000 m                      Trama: 16 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	10.46	7.82
	Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
4	<p>Recuadro de evaluación Camino peatonal 2                      Longitud: 46.000 m, Anchura: 6.000 m                      Trama: 16 x 4 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.                      Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	10.10	7.19
	Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
5	<p>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1                      Longitud: 46.000 m, Anchura: 5.500 m                      Trama: 16 x 4 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	11.35	8.43
	Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
6	<p>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2                      Longitud: 46.000 m, Anchura: 5.500 m                      Trama: 16 x 4 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.                      Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	11.27	8.20
	Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓



## CALLES GRUPO 2

1 Recuadro de evaluación Calzada 1		
Longitud: 39.000 m, Anchura: 6.000 m		
Trama: 13 x 4 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	10.98	10.52
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1		
Longitud: 39.000 m, Anchura: 3.000 m		
Trama: 13 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	11.41	9.26
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3 Recuadro de evaluación Camino para bicicletas 1		
Longitud: 39.000 m, Anchura: 2.500 m		
Trama: 13 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino para bicicletas 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	10.25	8.32
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
4 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1		
Longitud: 39.000 m, Anchura: 4.500 m		
Trama: 13 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	11.82	10.04
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
5 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2		
Longitud: 39.000 m, Anchura: 2.000 m		
Trama: 13 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	10.29	9.94
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

## CALLES GRUPO 3

1 Recuadro de evaluación Calzada 1		
Longitud: 52.000 m, Anchura: 7.000 m		
Trama: 18 x 5 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	11.18	7.57
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1		
Longitud: 52.000 m, Anchura: 1.000 m		
Trama: 18 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	10.21	9.06
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2		
Longitud: 52.000 m, Anchura: 4.000 m		
Trama: 18 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	10.11	5.96
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
4 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1		
Longitud: 52.000 m, Anchura: 2.000 m		
Trama: 18 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	11.61	7.03
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

#### CALLES GRUPO 4

1 Recuadro de evaluación Calzada 1		
Longitud: 63.000 m, Anchura: 5.000 m		
Trama: 21 x 4 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.67	3.56
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1		
Longitud: 63.000 m, Anchura: 2.500 m		
Trama: 21 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	7.50	4.81
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2		
Longitud: 63.000 m, Anchura: 2.500 m		
Trama: 21 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.04	2.76
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

4 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1		
Longitud: 63.000 m, Anchura: 2.000 m		
Trama: 21 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.82	5.46
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
5 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2		
Longitud: 63.000 m, Anchura: 2.000 m		
Trama: 21 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.38	3.20
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

## CALLES GRUPO 5

1 Recuadro de evaluación Calzada 1		
Longitud: 65.000 m, Anchura: 7.000 m		
Trama: 22 x 5 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.90	3.30
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1		
Longitud: 65.000 m, Anchura: 1.500 m		
Trama: 22 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.07	2.68
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3 Recuadro de evaluación Camino para bicicletas 1		
Longitud: 65.000 m, Anchura: 2.000 m		
Trama: 22 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Camino para bicicletas 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.56	2.98
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
4 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1		
Longitud: 65.000 m, Anchura: 3.500 m		
Trama: 22 x 3 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	8.05	4.86
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

## CALLES GRUPO 6

- 1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1  
 Longitud: 55.000 m, Anchura: 1.000 m  
 Trama: 19 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx]  | $E_{min}$ [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Valores reales según cálculo:    | 7.64        | 4.83           |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 1.50$    |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓              |
- 2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2  
 Longitud: 55.000 m, Anchura: 1.000 m  
 Trama: 19 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.  
 Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx]  | $E_{min}$ [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Valores reales según cálculo:    | 7.54        | 2.49           |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 1.50$    |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓              |
- 3 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 55.000 m, Anchura: 6.000 m  
 Trama: 19 x 4 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx]  | $E_{min}$ [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Valores reales según cálculo:    | 8.85        | 3.14           |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 1.50$    |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓              |
- 4 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1  
 Longitud: 55.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 19 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx]  | $E_{min}$ [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Valores reales según cálculo:    | 8.81        | 5.30           |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 1.50$    |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓              |
- 5 Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2  
 Longitud: 55.000 m, Anchura: 2.000 m  
 Trama: 19 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.  
 Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx]  | $E_{min}$ [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Valores reales según cálculo:    | 8.27        | 2.77           |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 1.50$    |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓              |

## CALLES GRUPO 7

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1  
 Longitud: 40.000 m, Anchura: 4.000 m  
 Trama: 14 x 3 Puntos  
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.  
 Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)
- |                                  | $E_m$ [lx]  | $E_{min}$ [lx] |
|----------------------------------|-------------|----------------|
| Valores reales según cálculo:    | 8.43        | 3.85           |
| Valores de consigna según clase: | $\geq 7.50$ | $\geq 1.50$    |
| Cumplido/No cumplido:            | ✓           | ✓              |

2	<p>Recuadro de evaluación Camino peatonal 1                      Longitud: 40.000 m, Anchura: 1.000 m                      Trama: 14 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>		
		$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	7.94	5.77
	Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3	<p>Recuadro de evaluación Camino peatonal 2                      Longitud: 40.000 m, Anchura: 1.000 m                      Trama: 14 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.                      Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>		
		$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	7.58	3.05
	Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
4	<p>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 1                      Longitud: 40.000 m, Anchura: 1.500 m                      Trama: 14 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>		
		$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	8.74	5.94
	Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
5	<p>Recuadro de evaluación Carril de estacionamiento 2                      Longitud: 40.000 m, Anchura: 1.500 m                      Trama: 14 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Carril de estacionamiento 2.                      Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>		
		$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	8.11	3.43
	Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓

## CALLES GRUPO 8

1	<p>Recuadro de evaluación Calzada 1                      Longitud: 24.000 m, Anchura: 4.000 m                      Trama: 10 x 3 Puntos                      Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.                      Clase de iluminación seleccionada: S3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)</p>		
		$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	8.40	4.14
	Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓
2	<p>Recuadro de evaluación Camino peatonal 1                      Longitud: 24.000 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.)</p>		
		$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
	Valores reales según cálculo:	7.94	6.35
	Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
	Cumplido/No cumplido:	✓	✓

3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2

Longitud: 24.000 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.)

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	7.75	3.54
Valores de consigna según clase:	$\geq 7.50$	$\geq 1.50$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

### CALLES GRUPO 9

1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1

Longitud: 21.000 m, Anchura: 4.000 m

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

Clase de iluminación seleccionada: S1

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	15.42	6.45
Valores de consigna según clase:	$\geq 15.00$	$\geq 5.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

### ROTONDA RONDA DEL CASTELL – CALLE VALENCIA

Sumario de los resultados

Nº	Tipo	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$	$E_{h,m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	15	8.97	18	0.61	0.48	/	0.000	/

$E_{h,m} / E_m$  = Relación entre la intensidad luminosa central horizontal y vertical, H = Medición altura

### ROTONDA RONDA DEL CASTELL – L'ALMARA

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	11	5.50	15	0.507	0.361

### APARCAMIENTO

Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	15	6.52	23	0.440	0.285

### ESTADIO DE FÚTBOL

Sumario de los resultados

Nº	Tipo	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$	$E_{h,m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	239	152	360	0.64	0.42	/	0.000	/

### 3. NORMATIVA. TABLAS EMPLEADAS

#### 3.1 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior

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 53 (Tabla 1 de la ITC-EA-02): Clasificación de las vías

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

<sup>(\*)</sup> 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 54 (Tabla 4 de la ITC-EA-02): Clases de alumbrado para vías tipos C y D

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

<sup>(1)</sup> 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 55 (Tabla 5 de la ITC-EA-02): Clases de alumbrado para vías tipo E

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

<sup>(1)</sup> 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 56 (Tabla 8 de la ITC-EA-02): Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

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

<sup>(1)</sup> 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.

<sup>(2)</sup> También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.

Tabla 57 (Tabla 9 de la ITC-EA-02): Series CE de clase de alumbrado para viales tipos D y E



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 58 (Tabla 3 de la ITC-EA-06): Factores de depreciación de las luminarias (FDLU)

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA
	$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lucx}}{\text{W}}\right)$
$\geq 20$	9
15	7,5
10	6
7,5	5
$\leq 5$	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 59 (Tabla 2 ITC-EA-01): Requisitos mínimos eficiencia energética alumbrado vial ambiental

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $E_R$ $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lucx}}{\text{W}}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada $E_m(\text{lux})$	Eficiencia energética de referencia $E_R$ $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lucx}}{\text{W}}\right)$
$\geq 30$	32	--	--
25	29	--	--
20	26	$\geq 20$	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	$\leq 5$	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 60 (Tabla 3 de la ITC-EA-01): Valores de eficiencia energética de referencia

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

Tabla 61 (Tabla 4 de la ITC-EA-01): Calificación energética de una instalación de alumbrado

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	<b>ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS:</b> 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	<b>ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA:</b> 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	<b>ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA:</b> Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	<b>ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA:</b> Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Tabla 62 (Tabla 1 ITC-EA-03): Clasificación zonas de protección contra contaminación luminosa

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

Tabla 63 (Tabla 2 de la ITC-EA-03): Valores límite del flujo hemisférico superior instalado

3.2 Norma UNE-EN 12193 de Julio de 2009. Iluminación de instalaciones deportivas

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

Tabla 64 (Tabla 3 de la UNE-EN 12193): Selección de la clase de alumbrado

Deporte		Tabla	Grupo CTV
Carreras de bicicletas	Interior	A.2	B
	Exterior	A.18	B
Carreras de caballos	Exterior	A24	B
Críquet	Interior	A.1	C
	Exterior	A.14	C
Curling	Interior	A.12	A
	Exterior	A.12	A
Dardos	Interior	A.7	A
Deportes escolares		A.2	
Equitación	Interior	A.3	A
	Exterior	A.13	A
Escalada de pared	Interior	A.3	A
Esgrima	Interior	A.1	C
Esquí Alpino/estilo libre/saltos	Exterior	A.23	
Esquí de fondo	Exterior	A.17	
Exhibición ecuestre (ver equitación)			
Fistball	Interior	A.2	B
	Exterior	A.21	B
Floorball	Interior	A.2	B
	Exterior	A.21	B
Fútbol (5/6)	Interior	A.2	B
Fútbol (asociación)	Exterior	A.21	B
Fútbol 5 (véase fútbol sala)			

Tabla 65 (Tabla 4 de la UNE-EN 12193): Lista de deportes (en orden alfabético)

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 (véase la nota)	15	13 (véase la nota)	9	
Voley playa	PA:					
Clase	Iluminancia horizontal				GR	R <sub>a</sub>
	$\bar{E}_m$ 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 66 (Tabla A.21 de la UNE-EN 12193)

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. **AENOR**. UNE-EN 12193 : Julio de 2009. *Iluminación de instalaciones deportivas*.
- [2]. **BOE**. *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*.
- [3]. **BOE**. *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*.
- [4]. **Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia**. *Comparador de ofertas de energía*. [Online] [Citado 22/01/2020]. <https://comparadorofertasenergia.cnmc.es/comparador/>
- [5]. **Institut Cartogràfic Valencià**. *Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana*. [Online] [Citado: 22/01/2020]. <https://visor.gva.es/visor/>
- [6]. **PHILIPS**. *Catálogo de iluminación exterior 2018/2019*.
- [7]. **PHILIPS**. *Philips Product Selector. (Database 26/09/2019)*. [Online] [Citado: 22/01/2020]. <https://www.lighting.philips.com/main/support/support/dialux-and-other-downloads>