



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

## Agradecimientos

Me gustaría aprovechar la ocasión para agradecer, en primer lugar, a mi tutor Saturnino Catalán Izquierdo, por darme la oportunidad de realizar este Trabajo Final de Grado, por contar con su profesionalidad y colaboración para el desarrollo del proyecto. Sin su ayuda no hubiese sido posible este trabajo.

No puedo olvidarme de mi empresa gracias a la cual he obtenido la información necesaria para poder realizar este trabajo y en especial a mi tutor de prácticas Javier, gracias a su ayuda he podido encaminar este trabajo.

Por último, quiero agradecer el apoyo incondicional de mis padres y mi hermana, quienes me han apoyado y me han dado ánimos en todo este proceso.

## RESUMEN

El presente trabajo fin de grado pretende modernizar con tecnología LED parte del alumbrado del municipio de La Vila Joiosa (Alicante). El municipio consta de 107 centros de mando, de los cuales cuelga todo el alumbrado público.

Para el estudio de la modernización del alumbrado se hará uso del programa de cálculo DIALux 4.13 que permitirá comprobar las exigencias luminotécnicas establecidas en el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*. También se utilizará el programa CypeCore y Cypelec para el cálculo del cableado de baja tensión para cumplir con la normativa del *Reglamento de Baja Tensión*.

Por último, se planteará la integración de un sistema de monitorización para mejorar el rendimiento y eficiencia del alumbrado, así como detectar las posibles bajas de luminarias o robo de cable.

Palabras clave: Alumbrado público, centro de mando, DIALux, La Vila Joiosa.

## RESUM

El present treball fi de grau pretén modernitzar amb tecnologia LED parteix de l'enllumenat del municipi de La Vila Joiosa (Alacant). El municipi consta de 107 centres de comandament, dels quals penja tot l'enllumenat públic.

Per a l'estudi de la modernització de l'enllumenat es farà ús del programa de càlcul \*DIALux 4.13 que permetrà comprovar les exigències luminotècniques establides en el Reglament d'Eficiència Energètica per a Enllumenat Exterior. També s'utilitzarà el programa \*CypeCore i \*Cypelec per al càlcul del cablejat de baixa tensió per a complir amb la normativa del Reglament de Baixa Tensió.

Finalment, es plantejarà la integració d'un sistema de monitoratge per a millorar el rendiment i eficiència de l'enllumenat, així com detectar les possibles baixes de lluminàries o robatori de cable.

Paraules clau: Enllumenat públic, centre de comandament, \*DIALux, La Vila Joiosa.

## ABSTRACT

This end-of-degree work aims to modernize with LED technology part of the lighting of the municipality of La Vila Joiosa (Alicante). The municipality consists of 107 command centers, of which hangs all the street lighting.

For the study of the modernization of lighting, the DIALux 4.13 calculation programme will be used to verify the lighting requirements set out in the Energy Efficiency Regulation for Outdoor Lighting. The CypeCore and Cypelec programme will also be used for the calculation of low voltage wiring to comply with the regulations of the Low Voltage Regulation.

Finally, the integration of a monitoring system will be considered to improve the performance and efficiency of lighting, as well as detect possible luminaire losses or cable theft.

Key word: Public lighting, command center, DIALux, La Vila Joiosa.

## ÍNDICE

1	Introducción .....	16
2	Memoria descriptiva .....	17
2.1	Objetivos .....	17
2.2	Alcance .....	17
2.3	Reglamentación.....	18
2.4	Nuevas tecnologías aplicadas al Alumbrado Exterior .....	19
2.4.1	Equipos Inteligentes .....	19
2.4.2	Funcionalidades.....	20
2.4.3	Programación y Comunicaciones .....	21
2.4.4	Métodos de regulación de luminarias.....	22
2.4.5	Conexión de los equipos .....	24
2.5	Emplazamiento de las zonas de estudio .....	25
2.6	Descripción de las zonas de estudio.....	25
2.6.1	CM 18 .....	25
2.6.2	CM 25 .....	30
2.6.3	CM 27 .....	31
2.6.4	CM 57 .....	33
2.6.5	CM 97 .....	38
2.7	Diseño luminotécnico.....	41
2.7.1	Clasificación de las vías.....	41
2.7.2	Distribución de las luminarias .....	44
2.7.3	Altura y separación de las luminarias.....	44
2.7.4	Flujo lumínico preliminar.....	46
2.7.5	Elección de luminaria .....	48
3	Memoria de cálculos .....	68
3.1	Cálculo luminotécnico .....	68
3.1.1	Factor de utilización y factor de mantenimiento .....	68
3.1.2	Ahorro energético y ahorro económico gracias a la modernización .....	71

3.2	Proyecto Instalación eléctrica .....	76
3.2.1	Potencia total instalada por centro de mando.....	76
3.2.2	Centros de mando y características .....	77
3.2.3	Puesta a tierra .....	78
3.2.4	Protecciones .....	78
3.3	Proyecto de obra civil.....	80
4	Resultados .....	81
4.1	Resultados instalación luminotécnica .....	81
4.1.1	Resultados lumínicos CM 18 .....	81
4.1.2	Resultados lumínicos CM 25 .....	82
4.1.3	Resultados lumínicos CM 57 .....	83
4.1.4	Resultados lumínicos CM 97 .....	84
4.1.5	Zona rotondas .....	86
4.1.6	Zona parques y plaza.....	87
4.2	Comparación de resultados.....	93
4.3	Resultados de instalaciones eléctricas.....	94
4.4	Análisis de la Eficiencia Energética.....	97
4.5	Análisis de contaminación lumínica .....	98
5	Sistema de monitorización .....	100
6	Presupuesto de explotación.....	105
7	Conclusiones.....	107
8	Mediciones y Presupuesto .....	108
8.1	Resumen Presupuesto de Ejecución Material.....	108
8.2	Presupuesto.....	108
9	Planos .....	109
10	Anejos.....	110
10.1	TABLAS (NORMATIVA).....	110
10.2	INSTALACIÓN LUMINOTÉCNICA. CÁLCULO Y RESULTADOS DETALLADOS.....	113
10.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. CATÁLOGOS .....	119
10.4	BIBLIOGRAFIA .....	121

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1:Eficiencia por tecnología. Fuente: <a href="https://iep-sa.com.ar/index.php/2018/02/01/la-eficacia-y-eficiencia-en-iluminacion/">https://iep-sa.com.ar/index .php/2018/02/01/la-eficacia-y-eficiencia-en-iluminacion/</a> .....	16
Ilustración 2: Equipo Xitanium del fabricante .....	19
Ilustración 3: Sistema de control de los equipos. Fuente: <a href="http://www.schreder.es">www.schreder.es</a> .....	20
Ilustración 4:Ejemplo regulación a medida. Fuente: <a href="http://www.schreder.com">www.schreder.com</a> .....	20
Ilustración 5: Equipo MultiOne Fuente: <a href="http://www.philips.es">www.philips.es</a> .....	21
Ilustración 6:Esquema de conexionado del driver Xitanium. Fuente: <a href="http://www.philips.es">www.philips.es</a> .....	22
Ilustración 7: Selección de la regulación para instalación de doble nivel. Fuente propia .....	22
Ilustración 8:Selección de los diferentes escalones de regulación. Fuente propia.....	23
Ilustración 9: Ejemplo de la regulación del equipo en función de la tensión de entrada al Driver. Fuente propia .....	23
Ilustración 10:Conexionado de un equipo para doble nivel. Fuente propia.....	24
Ilustración 11: Conexionado de un equipo con regulación autónoma. Fuente propia.....	24
Ilustración 12: Centro de Mando 18 Fuente: Propia.....	25
Ilustración 13: Alzado punto de luz doble luminaria.....	26
Ilustración 14: Distribución Avenida de Altea .....	27
Ilustración 15: Distribución Avenida Marina Baixa .....	28
Ilustración 16: Distribución Calle Puentes del Moro.....	28
Ilustración 17: Distribución Calle Puentes del Moro Peatonal.....	29
Ilustración 18: Distribución Calle Joan Fuster .....	29
Ilustración 19: Tipo de luminarias (Ilustración izquierda Iridium, Ilustración intermedia ATP Esfera, Ilustración derecha City Vision).....	29
Ilustración 20: Centro de Mando 25 Fuente: Propia.....	30

Ilustración 21: Distribución Partida Torres Sec. Norte 1/2 .....	31
Ilustración 22: Luminaria Onix.....	31
Ilustración 23: Centro de Mando 27 Fuente: Propia.....	32
Ilustración 24: Centro de Mando 57 Fuente: Propia.....	33
Ilustración 25: Ejemplo distancia disposición tresbolillo .....	33
Ilustración 26: Distribución Calle Confrides .....	34
Ilustración 27: Distribución Calle Aigues .....	35
Ilustración 28: Distribución Calle Ferrocarril 1 .....	35
Ilustración 29: Distribución Calle Ferrocarril 2 .....	36
Ilustración 30: Distribución Calle Joan Beneyto .....	36
Ilustración 31: Distribución Calle Busot .....	37
Ilustración 32: Imagen Rotonda Busot Fuente: Instituto Geográfico Nacional .....	37
Ilustración 33: Imagen Parque Aigues Fuente: Instituto Geográfico Nacional .....	38
Ilustración 34: Centro de Mando 97 Fuente: Propia.....	38
Ilustración 35: Distribución Calle Balandre .....	39
Ilustración 36: Distribución Calle Tellerola.....	40
Ilustración 37: Distribución Calle Tellerola Peatonal .....	40
Ilustración 38: Tipos de distribución Fuente: <a href="https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias_p.html">https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias_p.html</a> .....	44
Ilustración 39: Óptica DM Fuente: Catálogo de Philips.....	49
Ilustración 40: Óptica DM10 Fuente: Catálogo de Philips.....	49
Ilustración 41: Óptica DM50 Fuente: Catálogo de Philips.....	49
Ilustración 42: Óptica DM70.....	50

Ilustración 43: Óptica DX Fuente: Catálogo de Philips .....	50
Ilustración 44: Óptica DRW Fuente: Catálogo de Philips .....	50
Ilustración 45: Óptica DS Fuente: Catálogo de Philips .....	51
Ilustración 46: Disposición Avenida de Altea .....	52
Ilustración 47: Disposición Avenida Marina Baixa .....	53
Ilustración 48: Disposición Partida Torres Sec. Norte 2/2.....	55
Ilustración 49: Disposición Calle Confrides .....	56
Ilustración 50: Difusor DX65.....	57
Ilustración 51: Ejemplo calle Ferrocarril 1.....	57
Ilustración 52: Inclinación luminarias Calle Ferrocarril 2 .....	58
Ilustración 53: Inclinación luminarias Calle Joan Beneyto .....	59
Ilustración 54: Disposición Calle Busot.....	60
Ilustración 55: Disposición Calle Tellerola.....	61
Ilustración 56: Disposición luminarias Rotonda Colón.....	63
Ilustración 57: Rotonda Busot Fuente: Dialux.....	64
Ilustración 58: Parque Aigues Fuente: Instituto Geográfico Nacional .....	65
Ilustración 59: Zonas Parque Joan Fuster.....	66
Ilustración 60: Plaza Joan Fuster Fuente: Instituto Geográfico Nacional.....	67
Ilustración 61: Ahorro energético debido a los escalones de regulación. Fuente: <a href="http://www.schreder.com">www.schreder.com</a>	78
Ilustración 62: Valores en luxes para C/Tellerola.....	85
Ilustración 63: Resultado lumínico C/Tellerola .....	85
Ilustración 64: Valores luxes para C/Aigues .....	86
Ilustración 65: Colores falsos C/Aigues Fuente: Dialux .....	86

Ilustración 66: Rotonda Colón iluminada Fuente: Dialux.....	86
Ilustración 67: Resultados luminotécnicos Rotonda Colón.....	87
Ilustración 68: Rotonda Bussot Fuente: Dialux .....	87
Ilustración 69: Resultados luminotécnicos Rotonda Busot.....	87
Ilustración 70: Plaza Joan Fuster Fuente: Dialux .....	88
Ilustración 71: Colores falsos Plaza Joan Fuster Fuente: Dialux.....	88
Ilustración 72: Parque Joan Fuster Fuente: Dialux.....	89
Ilustración 73: Resultados luminotécnicos Parque Joan Fuster Fuente: Dialux.....	89
Ilustración 74: Parque Aigues Fuente: Dialux.....	89
Ilustración 75: Resultados lumínicos Parque Aigues.....	90
Ilustración 76: Página Web Amplight .....	100
Ilustración 77: Vista general de la página web.....	101
Ilustración 78: Ejemplo gráficos de consumo .....	102
Ilustración 79: Ejemplo alarmas .....	103
Ilustración 80: Tabla crepuscular .....	103
Ilustración 81: Partes del sistema de telegestion .....	104
Ilustración 82: Datos de planificación Calle Aigues.....	113
Ilustración 83: Recuadro de evaluación Calle Aigues.....	114
Ilustración 84: Datos de planificación Calle Tellerola.....	115
Ilustración 85: Recuadro de evaluación Calle Tellerola.....	116
Ilustración 86: Ubicación luminarias Rotonda Colón .....	117
Ilustración 87: Rendering colores falsos en 3D Rotonda Colón .....	117
Ilustración 88: Representación en 3D de la distribución luminosa.....	118

Ilustración 89: Rendering colores falsos en 3D Parque Joan Fuster .....	118
Ilustración 90: Luminaria BGP281 Fuente: Catálogo de Philips .....	119
Ilustración 91: Luminaria BGP282 Fuente: Catálogo de Philips .....	119
Ilustración 92: Luminaria BGP283 Fuente: Catálogo de Philips .....	119
Ilustración 93: Luminaria BDP100 Fuente: Catálogo de Philips .....	120
Ilustración 94: Luminaria BGP502 Fuente: Catálogo de Philips .....	120
Ilustración 95: Luminaria BSP530 Fuente: Catálogo de Philips .....	120
Ilustración 96: Luminaria BRP775 Fuente: Catálogo de Philips.....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características CM 18 .....	26
Tabla 2: Características CM25 .....	30
Tabla 3: Características CM 2 .....	32
Tabla 4: Características CM 57 .....	34
Tabla 5: Características CM97 .....	39
Tabla 6: Clasificación de las vías (Fuente: Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior).....	41
Tabla 7: Clase de alumbrado (Fuente: Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior).....	42
Tabla 8: Clase de alumbrado ME.....	42
Tabla 9: Comparativa de los resultados obtenidos con los exigidos por el Reglamento .....	43
Tabla 10: Geometría de la sección .....	45
Tabla 11: Flujo luminoso .....	48
Tabla 12: Flujo luminoso Avenida de Altea .....	52
Tabla 13: Flujo luminoso Avenida Marina Baixa .....	53
Tabla 14: Flujo luminoso Calle Joan Fuster .....	53
Tabla 15: Flujo luminoso Calle Puentes del Moro Principal .....	54
Tabla 16: Flujo luminoso Calle Puentes del Moro Peatonal.....	54
Tabla 17: Flujo luminoso Partida Torres Sec. Norte 1/2 .....	55
Tabla 18: Flujo luminoso Partida Torres Sec. Norte 2/2 .....	55
Tabla 19: Flujo luminoso Calle Confrides .....	56
Tabla 20: Flujo luminoso Calle Aigues .....	57
Tabla 21: Flujo luminoso Calle Ferrocarril 1 .....	58

Tabla 22: Flujo luminoso Calle Ferrocarril 2 .....	59
Tabla 23: Flujo luminoso Calle Joan Beneyto .....	59
Tabla 24: Flujo luminoso Calle Busot .....	60
Tabla 25: Flujo luminoso Calle Balandre .....	61
Tabla 26: Flujo luminoso Calle Tellerola.....	62
Tabla 27: Flujo luminoso Calle Colón .....	63
Tabla 28: Flujo luminoso Rotonda Busot.....	64
Tabla 29: Flujo luminoso Parque Aigues .....	65
Tabla 30: Flujo luminoso Parque Joan Fuster.....	66
Tabla 31: Flujo luminoso Plaza Joan Fuster.....	67
Tabla 32: Factor de utilización por vías .....	69
Tabla 33: Ahorro energético CM 18 .....	71
Tabla 34: Ahorro energético CM 25 .....	71
Tabla 35: Ahorro energético CM 27 .....	71
Tabla 36: Ahorro energético CM 57 .....	72
Tabla 37: Ahorro energético CM 97 .....	72
Tabla 38: Rentabilidad de las vías .....	73
Tabla 39: Cálculo tiempo de retorno.....	74
Tabla 40: Selección de luminarias y su potencia .....	77
Tabla 41: Potencia por Centro de Mando .....	77
Tabla 42: Resultados lumínicos Avenida de Altea.....	81
Tabla 43: Resultados lumínicos Avenida de Altea parque .....	81
Tabla 44: Resultados lumínicos Avenida Marina Baixa .....	81

Tabla 45:Resultados lumínicos Calle Joan Fuster .....	82
Tabla 46:Resultados lumínicos Calle Puentes del Moro Principal.....	82
Tabla 47: Resultados lumínicos Calle Puentes del Moro peatonal .....	82
Tabla 48:Resultados lumínicos Partida Torres Sec. Norte 1/2 .....	82
Tabla 49:Resultados lumínicos Partida Torres Sec. Norte 2/2 .....	83
Tabla 50: Resultados lumínicos Calle Confrides .....	83
Tabla 51:Resultados lumínicos Calle Aigues.....	83
Tabla 52:Resultados lumínicos Calle Ferrocarril 1 .....	83
Tabla 53:Resultados lumínicos Calle Ferrocarril 2 .....	84
Tabla 54:Resultados lumínicos Calle Joan Beneyto.....	84
Tabla 55:Resultados lumínicos Calle Busot .....	84
Tabla 56:Resultados lumínicos Calle Balandre .....	84
Tabla 57: Calle Tellerola .....	85
Tabla 58: Rendimiento de las luminarias .....	92
Tabla 59: Comparativo Resultados medidos y obtenidos en estudio .....	93
Tabla 60: Componentes de la instalación eléctrica.....	95
Tabla 61: Comprobación contra sobrecargas.....	95
Tabla 62: Comprobación contra cortocircuitos.....	96
Tabla 63: Comprobación contra contactos indirectos .....	96
Tabla 64: Iluminancia vertical.....	99
Tabla 65:Coste Mantenimiento limpieza .....	105
Tabla 66: Coste mantenimiento sustitución .....	105
Tabla 67:Energía Anual Centros de Mando.....	106

Tabla 68: Precios energía y potencia.....	106
Tabla 69: Coste energía y potencia por centro de mando .....	106
Tabla 71: ITC-EA-01 Tabla 1: Requisitos mínimos de eficiencia energética ( $\epsilon$ ), y máximos de potencia unitaria (PU) en instalaciones de alumbrado funcional.....	110
Tabla 72: ITC-EA-01 Tabla 3: Valores de eficiencia energética de referencia ( $\epsilon_R$ ) en instalaciones de alumbrado .....	110
Tabla 73: ITC-EA-01 Tabla 4: Calificación energética de una instalación de alumbrado .....	110
Tabla 74: ITC-EA-02 Tabla 8: Serie S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E .....	111
Tabla 75: ITC-EA-02 Tabla 9: Series CE de clase de alumbrado para viales tipo D y E .....	111
Tabla 76: ITC-EA-03 Tabla 1: Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa .....	111
Tabla 77: ITC-EA-02 Tabla 2: Valores límites del flujo hemisférico superior instalado.....	111
Tabla 78: ITC-EA-03 Tabla 3: Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior .....	112
Tabla 79: ITC-EA-06 Tabla 3: Factores de depreciación de las luminarias (FDLU) .....	112

## 1 Introducción

Dado que la autora del proyecto se encarga del mantenimiento y la gestión energética del municipio de La Vila Joiosa el presente proyecto de fin de grado no solo tiene un fin académico, sino que busca mejorar los conocimientos desde un punto de vista profesional.

Desde un punto de vista crítico la mayoría del alumbrado público existente no tiene un diseño adecuado, bien por un desconocimiento del reglamento y un inadecuado dimensionamiento de las instalaciones o por una despreocupación por parte de las empresas instaladoras. Si bien, es responsabilidad de los mantenedores de las instalaciones realizar un adecuado mantenimiento y reposición del alumbrado existente.

Esto puede resultar una tarea bastante complicada dependiendo de la situación en la que se encuentre el municipio. En este caso el municipio consta de un contrato de 10 años de duración por lo que se puede realizar una buena labor para mantener un alumbrado en unas condiciones óptimas y que cumpla con todas las especificaciones exigidas en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior RD 1890/2008.

La evolución de las luminarias en los últimos años ha sido grande ya que prácticamente anualmente salen nuevos modelos con mejores eficiencias respecto a los años anteriores. Esto añadido a los nuevos softwares para realizar los cálculos lumínicos hace que se puedan obtener cálculos exactos para la iluminación. En el caso del municipio de Villajoyosa no se pueden variar las geometrías de las secciones por lo que hace el cálculo más complicado.

En la ilustración 1 se puede ver la eficiencia de cada una de las tecnologías de luminarias existentes.

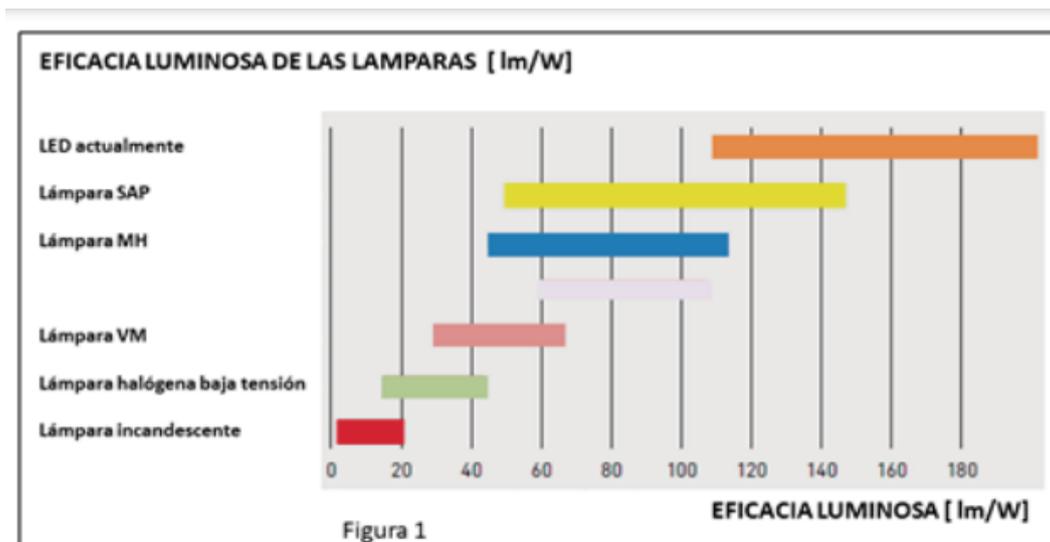


Ilustración 1: Eficiencia por tecnología. Fuente: <https://iep-sa.com.ar/index.php/2018/02/01/la-eficacia-y-eficiencia-en-iluminacion/>

## 2 Memoria descriptiva

### 2.1 Objetivos

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado (TFG) es modernizar el alumbrado público del municipio de La Vila Joiosa para reducir el consumo de energía y mejorar la iluminación de los viales. También gracias al cambio de luminarias a LED, se podrá obtener un ahorro en las labores de mantenimiento, ya que no hay que sustituir las lámparas cada 4 años. Se entiende por modernizar, la sustitución de tecnologías energéticamente ineficientes por unas tecnologías nuevas con mayores beneficios energéticos y ambientales.

Para ello es necesario la realización de unos pasos establecidos:

1. Realización de un estudio lumínico.
2. Comprobación de las exigencias del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior RD 1890/2008.
3. Diseño eléctrico de la instalación.
4. Cálculo de ahorro energético.
5. Cálculo de Eficiencia Energética.
6. Cálculo de rentabilidad.

Todos los pasos deben basarse en la normativa existente para así cumplir con los requisitos del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior RD 1890/2008 y con el Reglamento de Baja Tensión RD 842/2002.

### 2.2 Alcance

El alcance de este proyecto es rediseñar parte del alumbrado público mediante el cambio de las luminarias existentes por luminarias tipo LED de unos centros de mando en concreto. Para así obtener una solución que cumpla con la normativa vigente, además de obtener un alumbrado uniforme y que sea una solución económicamente viable. Un centro de mando es una instalación eléctrica de la que parten varios circuitos que alimentan a las luminarias existentes.

El alcance abarca el cambio de las luminarias y el aumento de puntos de luz si fuese necesario, pero está acotado al pliego técnico de condiciones del Ayuntamiento de La Vila Joiosa que no permite modificaciones en apoyos e instalaciones eléctricas sin aprobación previa.

## 2.3 Reglamentación

La reglamentación consultada para la realización del Trabajo Fin de Grado tanto para el cálculo del estudio lumínico como el estudio eléctrico ha sido la enumerada a continuación.

- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, aprobado en el Real Decreto 1980/2008 de 14 de noviembre de 2008.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Norma UNE-EN 13201 Iluminación de carreteras.
- Norma UNE-EN 13032 “Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias”.
- Pliego de contratación del Ayuntamiento de La Vila Joiosa

## 2.4 Nuevas tecnologías aplicadas al Alumbrado Exterior

### 2.4.1 Equipos Inteligentes

Los equipos auxiliares empleados para las lámparas de halogenuros metálicos son equipos electrónicos de larga duración, con una vida útil de 80.000 horas y una gran fiabilidad contra agentes ambientales:

- Protección a rayos
- Sobretensiones
- Temperaturas
- Vibraciones
- Polvo
- Humedad



*Ilustración 2: Equipo Xitanium del fabricante*

Los equipos presentan diferentes funcionalidades de regulación y control que deben ser programadas mediante el protocolo DALI. A continuación, se mencionan las características más destacadas de estos equipos:

- Gestión en red punto a punto (Entrada DALI)
- Control en grupo: Hilo de mando o doble nivel
- Regulación en cabecera por variación de tensión (AmpDim)
- Control autónomo (Dynadimmer, con 8 escalones de regulación)
- CLO: nivel de flujo constante

- ALO: nivel de flujo ajustable

### 2.4.2 Funcionalidades

Por un lado, tenemos un sistema CLO, emisión constante de flujo luminoso, que permite compensar la depreciación del flujo luminoso y evitar el exceso de iluminación al principio de la vida útil de las luminarias.

Gracias a este sistema no es necesario aumentar la potencia de la instalación para que con el paso del tiempo no se produzca depreciación del flujo. Como se observa en la ilustración 3, la gráfica de la izquierda muestra cómo sería una instalación sin regulador dónde es necesario un exceso de iluminación para que llegue al final de su vida útil cumpliendo con los requisitos exigidos. Mientras que en la gráfica de la derecha se puede observar cómo gracias al regulador se puede llegar al final de la vida útil cumpliendo con la iluminación estándar sin necesidad de sobredimensionar la instalación.

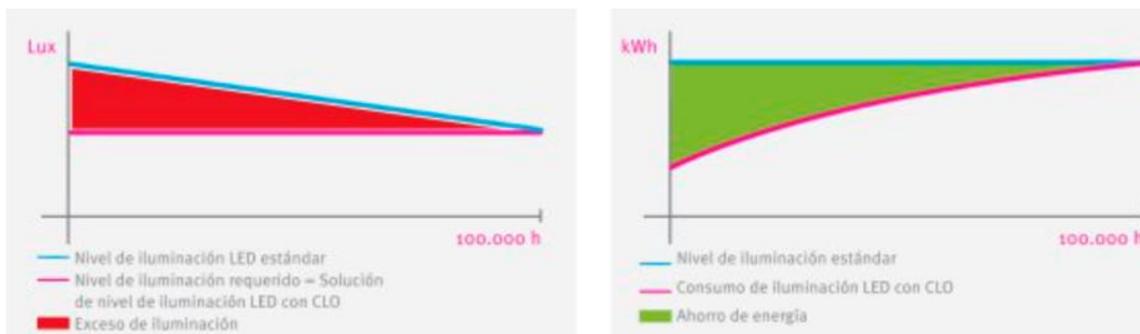


Ilustración 3: Sistema de control de los equipos. Fuente: [www.schreder.es](http://www.schreder.es)

Por otro lado, se pueden solicitar perfiles de regulación a medida, es decir, controladores inteligentes que permiten hasta cinco intervalos de regulación tanto en tiempo como en niveles de luz. Además, supone un ahorro máximo de energía, pero respetando los niveles de iluminación requeridos. A continuación, se muestra un ejemplo en la ilustración 4 de cómo podría ser la regulación.



Ilustración 4: Ejemplo regulación a medida. Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

### 2.4.3 Programación y Comunicaciones

En el caso de los centros de mando del municipio se tiene un equipo que permite programar la regulación en todos los equipos. Se trata de un configurador MultiOne, mostrado a continuación.



Ilustración 5: Equipo MultiOne Fuente: [www.philips.es](http://www.philips.es)

Este equipo permite programar todos los ajustes del equipo:

- Tipo de regulación
- CLO
- ALO

Una vez conocida la regulación se explicarán los diferentes tipos de comunicación existentes para esta regulación. Se tienen comunicaciones tanto analógicas como digitales.

Dentro de las comunicaciones analógicas se tienen dos formas:

- 1-10V, esta comunicación permite regular entre el 1% y el 100% del flujo luminoso. Mediante un hilo de mando se enviará una tensión continua con un valor entre 1-10 V y así se gestiona la regulación. No permite el apagado y encendido de la luminaria
- 0-10V, muy parecido al anterior regula entre 1% y el 100% del flujo luminoso, pero si permite el apagado y encendido de la luminaria. También es necesario su cableado para su funcionamiento.

Dentro de las comunicaciones digitales se tiene la comunicación DALI. Este sistema de regulación es un protocolo de regulación de flujo luminoso, es necesario la instalación de un hilo de mando para su control. Por este hilo se enviará la señal digital que se encargará de gestionar la cantidad de luz emitida y el color. Las ventajas de este sistema es que si permite discriminar entre luminarias y permite que la luminaria se comunique con el control, características que no tienen las comunicaciones analógicas.

A parte de todas estas modalidades para los centros de mando, también se tienen equipos dentro de las luminarias que permiten su regulación. Las luminarias LED disponen de un equipo denominado XITANIUM. Este sistema permite la regulación propia de la luminaria, lo que incrementa todavía más el ahorro energético.

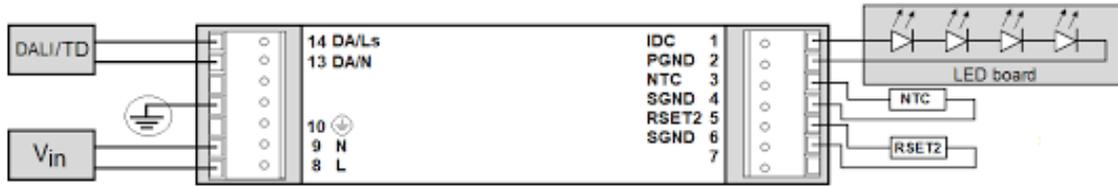


Ilustración 6: Esquema de conexionado del driver Xitanium. Fuente: www.philips.es

Todos los drivers o equipos empleados para Alumbrado Exterior cuentan con un equipo contra sobretensiones que permiten derivar a tierra pequeñas sobretensiones. Para que este equipo funcione correctamente es necesario conectar la tierra al equipo.

#### 2.4.4 Métodos de regulación de luminarias

Por último, se van a indicar los diferentes sistemas de regulación con los que cuenta en municipio de Villajoyosa. En total se tienen tres sistemas diferentes hilo de mando, fija o autónoma y Reductor de flujo en cabecera.

- Hilo de mando: permite regular las luminarias a través de una entrada al equipo con tensión. Para este caso, es necesario llevar una manguera de 2x2,5mm<sup>2</sup> desde el cuadro de mando hasta cada equipo. Cuando el equipo reciba un voltaje de 230V en esta entrada auxiliar, el equipo empezará a regular la luminosidad de la lámpara, hasta el valor que se ha fijado con el software MultiOne. Así mismo, cuando el equipo no detecte tensión, se volverá a ajustar la luminosidad de la luminaria a su estado nominal. En la siguiente imagen, se muestra cómo se configura un equipo con doble nivel de regulación

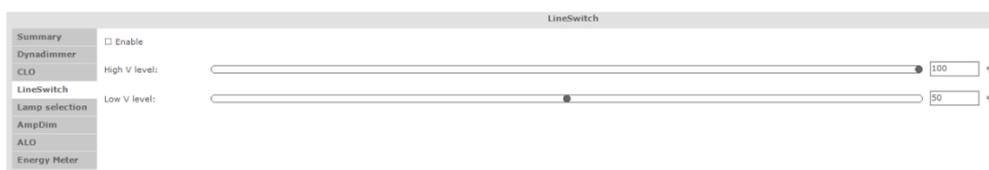


Ilustración 7: Selección de la regulación para instalación de doble nivel. Fuente propia

- Fija o autónoma: se configura en los equipos de cada luminaria una curva de escalones de programación como se puede observar en la siguiente ilustración 8. Para ello se tiene que configurar el equipo como DynaDimmer.

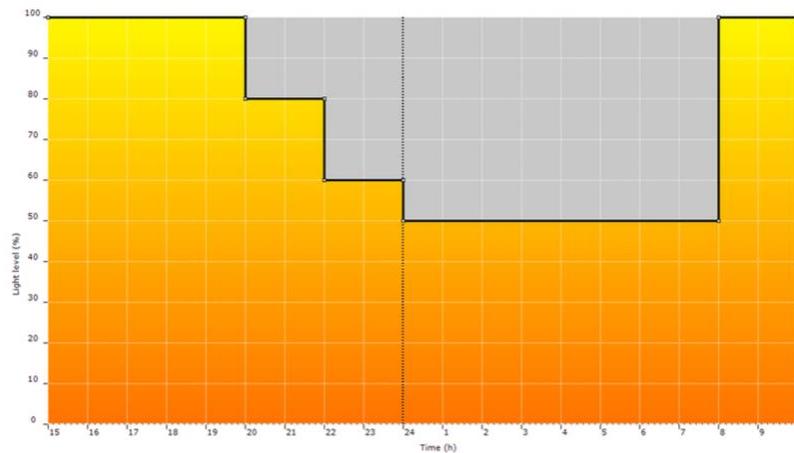


Ilustración 8: Selección de los diferentes escalones de regulación. Fuente propia

- Reductor de flujo en cabecera: se trata de un equipo que permite variar la tensión de salida del cuadro de mando. Para ello, hay que configurar los equipos para que sean compatibles con AMPDIM. En la ilustración 9 se muestra un pantallazo del software MultiONE de Philips donde se configura la pendiente de la curva de regulación

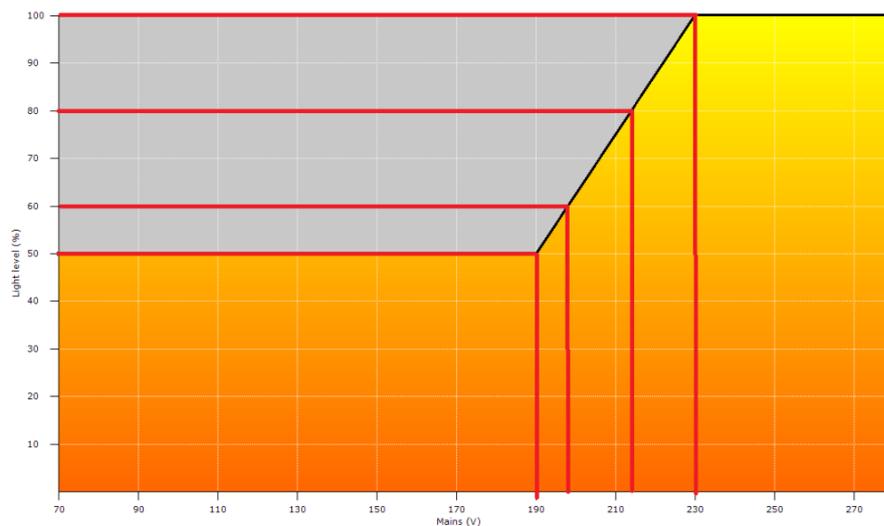


Ilustración 9: Ejemplo de la regulación del equipo en función de la tensión de entrada al Driver. Fuente propia

Como ejemplo, si el reductor de flujo inyecta una tensión de salida en los circuitos de alumbrado de 190V, el equipo regulará la luminaria a un 50% de su flujo lumínico. En el caso de que el regulador inyecte una tensión de 230V, el equipo no regulará.

- Punto a punto: a diferencia de los otros métodos de regulación que hacen referencia a todo el centro de mando, la regulación por punto a punto permite regular luminaria por luminaria, lo que permite conseguir ahorros aún mayores. Este método no se ha empleado en el Municipio de La Vila Joiosa.

### 2.4.5 Conexión de los equipos

- Conexión de los equipos para Hilo de mando

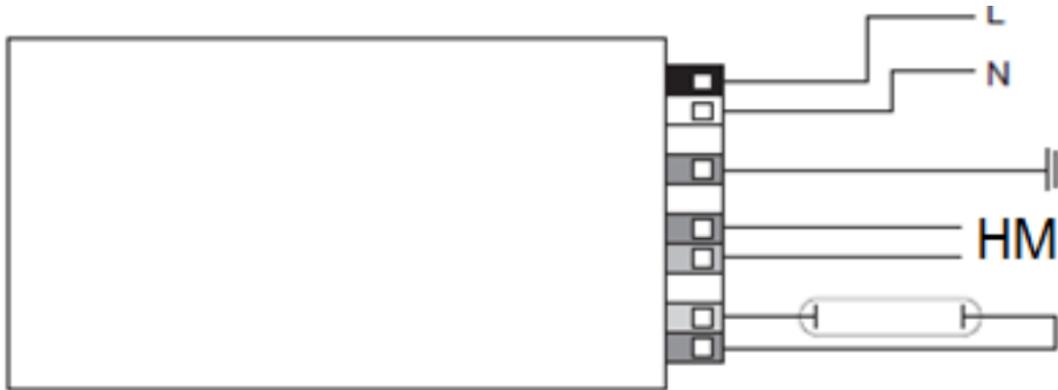


Ilustración 10: Conexión de un equipo para doble nivel. Fuente propia

- Conexión del equipo para regulación Fija o AmpDim

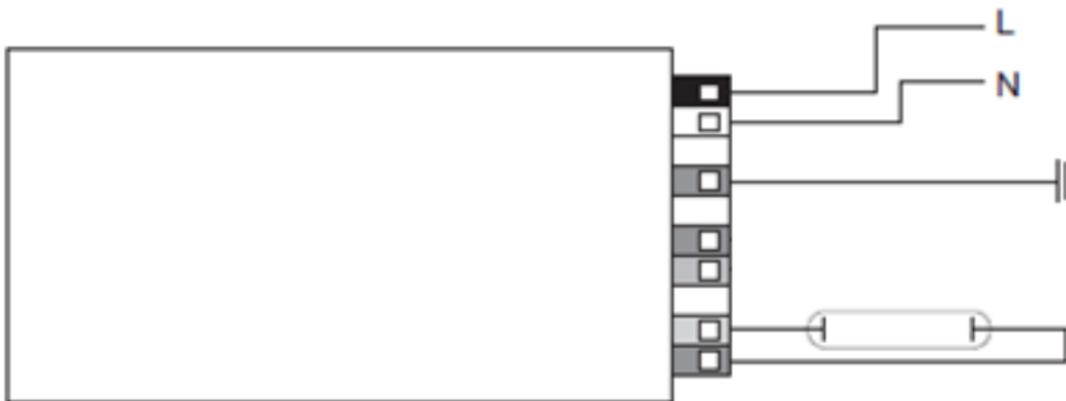


Ilustración 11: Conexión de un equipo con regulación autónoma. Fuente propia

## 2.5 Emplazamiento de las zonas de estudio

Las zonas de alumbrado público del municipio se pueden dividir por centros de mando. En el año 2018 se produjo una modernización a LED de varios centros de mando, pero actualmente aún existen CM sin cambiar a esta tecnología. En este trabajo se estudiarán, de los 107 centros de mandos existentes en el municipio solo 5. Estos cinco aún no disponen de la tecnología LED en sus puntos de luz.

La numeración correspondiente a los centros de mando a estudiar son el 18, 25, 27, 57 y 97. Estos centros de mando están dispersos por el municipio ya que no se hizo una adecuación a LED de forma uniforme en la última modernización del alumbrado.

## 2.6 Descripción de las zonas de estudio

Las zonas seleccionadas son centros de mando que aún no se encuentran con tecnología LED y se muestran sus características a continuación.

### 2.6.1 CM 18

El primer centro de mando a estudiar es el CM 18, de él cuelgan la Avenida de Altea, la Avenida Marina Baixa, la Calle Puentes del moro, la Calle Joan Fuster, el Parque Joan Fuster y la Plaza Joan Fuster. En la ilustración 12 se muestran todos los puntos de luz actuales que componen el centro de mando, puntos con color azul. La indicación en amarillo es la situación exacta del centro de mando.

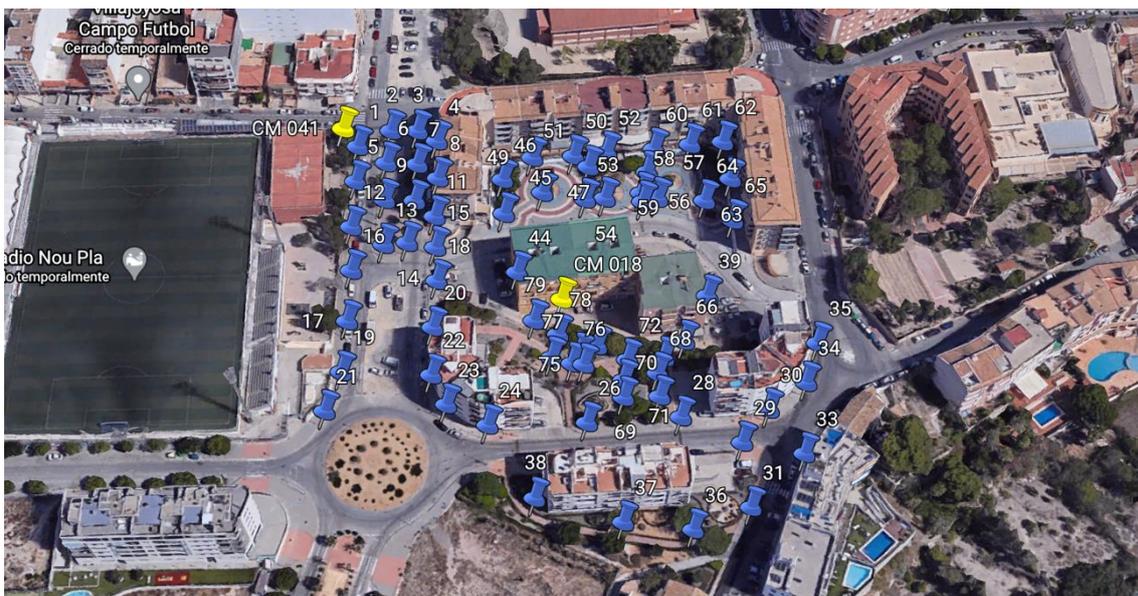


Ilustración 12: Centro de Mando 18 Fuente: Propia

El centro de mando 18 está compuesto por 77 puntos de luz. Estos puntos de luz se dividen en las diferentes calles que lo comprenden. Antes de empezar con la descripción de cada una de las calles se muestra una tabla resumen con los aspectos más importantes a tener en cuenta en el estudio para la modernización.

Calle	Puntos de luz	Geometría	Interdistancia (m)	Altura (m)	Tipo de soporte
Avenida Altea viales	14	Bilateral frente a frente	15	8	Columna
Avenida Altea parque	8	Bilateral frente a frente	15	3,5	Columna
Avenida Marina Baixa	8	Tresbolillo	17	8	Columna
Calle Puentes del moro (principal)	3	Tresbolillo	14	8	Columna
Calle Puentes del moro (zona estrecha)	3	Unilateral	14	3	Columna
Calle Joan fuster	4	Unilateral	18	7	Brazo
Plaza Joan Fuster 1	21	Variable	5	3,7	Columna
Parque Joan Fuster 2	16	Variable	20	3,5	Columna

Tabla 1: Características CM 18

A continuación, se describirá la situación actual en la que se encuentra cada una de las vías.

#### 2.6.1.1 Avenida de Altea

La parte de la avenida de Altea que cuelga del centro de mando 18 está formada por 22 puntos de luz. Destacar que en esta avenida los puntos de luz unilaterales de la calzada tienen dos luminarias, es decir, un punto de luz más alto y un punto intermedio. El punto intermedio alumbrada a la acera, pero es innecesario ya que los requisitos se cumplen con la luminaria principal por lo que se ha decidido eliminarlos. Se muestra un alzado de cómo sería el punto de luz descrito.

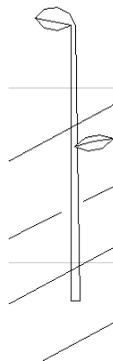


Ilustración 13: Alzado punto de luz doble luminaria

La disposición de la calle es de tres caminos peatonales y dos vías de escape, no dispone de zona de aparcamiento. Las luminarias están dispuestas de forma bilateral tanto en la calzada como en la zona peatonal intermedia. A continuación, se muestra la distribución de la calle:



Ilustración 14: Distribución Avenida de Altea

Las zonas 1 y 5 son los caminos peatonales (aceras) de un ancho de 3,5 m y la zona 2 es la zona peatonal intermedia que dispone de sus propias luminarias con un ancho de 11,5 m, esta última zona dispone de árboles, pero no condiciona gravemente el cálculo ya que se trata de árboles delgados y con una altura similar o superior a las de las luminarias. Las zonas 3 y 4 son las calzadas con un ancho de 6,5 metros.

Las luminarias actuales son para las zonas 3 y 4 tipo IRIDIUM y para la zona 2 ATP Esfera, al final de este punto se muestra el tipo de luminaria.

### 2.6.1.2 Avenida Marina Baixa

La parte de la avenida Marina Baixa que cuelga del centro de mando 18 está formada por 8 puntos, al igual que Avenida de Altea estas luminarias disponen de una luminaria intermedia, pero se elimina porque con la luminaria principal cumplen los requisitos luminotécnicos.

La disposición de la calle es de dos caminos peatonales y una calzada. Las luminarias están en disposición tresbolillo y son de tipo IRIDIUM. Como se observa en la ilustración 15, los caminos peatonales tienen una anchura de 3 metros y la calzada de 9 metros, esta dispone de dos carriles de doble sentido.

Se dispone de un aparcamiento junto a la acera de la zona 2 no se ha tenido en cuenta en el cálculo ya que es un aparcamiento estacional.

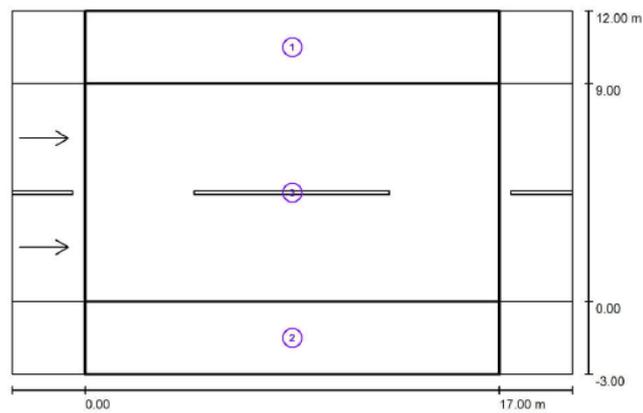


Ilustración 15: Distribución Avenida Marina Baixa

### 2.6.1.3 Calle Puentes del Moro

La parte de la calle Puentes del Moro que cuelga del centro de mando 18 está formada por 6 puntos de luz, esta vía también dispone de la luminaria intermedia y se han eliminado.

La calle tiene dos disposiciones una parte tiene una zona de calzada con dos carriles mientras que la otra dispone de un vial peatonal. A continuación, se muestra las geométricas de ambas zonas.

Para la zona vial se tienen dos aceras de 1 metros de ancho y una calzada de 7 metros, no dispone de zona de aparcamiento. En esta sección la disposición es en tresbolillo y con un tipo de luminaria IRIDIUM.

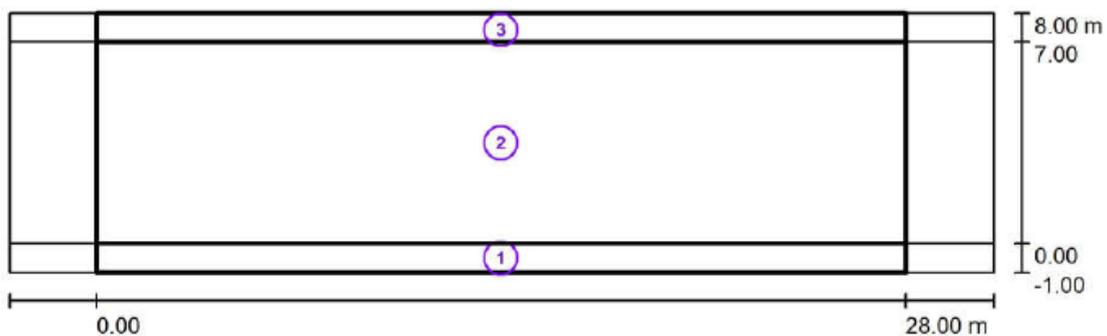


Ilustración 16: Distribución Calle Puentes del Moro

Para la zona peatonal se tiene un único camino de 3 metros de ancho con una luminaria tipo ATP Esfera. Se muestra la geometría del camino peatonal. Se tiene arbolado en esta zona, pero es de una altura muy superior a las de las luminarias por lo que la sombra que proyecta se depreciará.

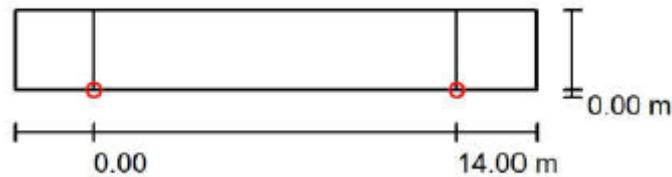


Ilustración 17: Distribución Calle Puentes del Moro Peatonal

#### 2.6.1.4 Plaza Joan Fuster, Calle Joan Fuster y Parque Joan Fuster

El conjunto de Joan Fuster está compuesto por una calle, una plaza y un parque. La calle y la plaza se encuentran unidas. La calle Joan Fuster tiene 4 puntos de luz dispuestos de manera unilateral y la plaza cuenta con 21 puntos de luz dispuestos de manera variable. Mientras que el parque cuenta con 16 puntos de luz también con una disposición variable. En este caso todas las luminarias son ATP esfera. Tanto la plaza como el parque disponen de arbolado que pueden dificultar el cálculo óptimo de las superficies.

Se muestra el tipo de vía de la calle Joan Fuster, solo dispone de una acera peatonal de 2 metros de ancho y una calzada de 6,5 metros. La otra acera se considera dentro de la Plaza Joan Fuster.

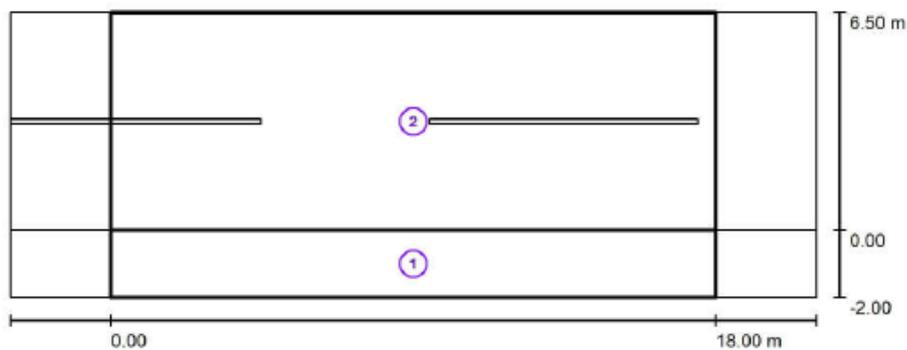


Ilustración 18: Distribución Calle Joan Fuster

A continuación, se muestran las luminarias actuales pertenecientes al centro de mando 18.

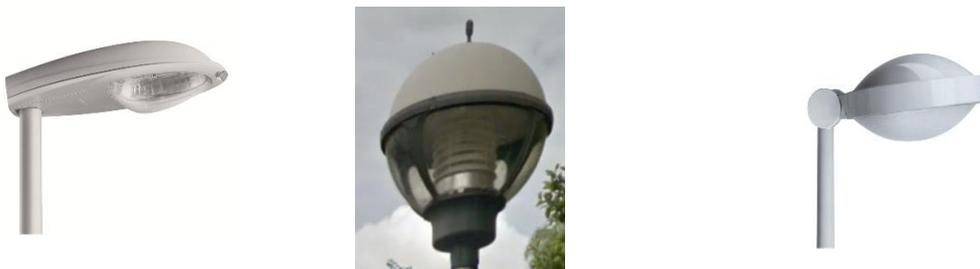


Ilustración 19: Tipo de luminarias (Ilustración izquierda Iridium, Ilustración intermedia ATP Esfera, Ilustración derecha City Vision)

2.6.2 CM 25

El centro de mando 25 engloba únicamente una calle, la calle Partida Torres Sec. Norte con una longitud de unos 500 metros. La vía se divide en dos partes.

Una parte denominada Partida Torres Sec. Norte 1/2, con 18 puntos de luz en total, distribuidos de forma unilateral y otra parte denominada Partida Torres Sec. Norte 2/2 que cuenta con 11 puntos de luz dispuestos de manera bilateral frente a frente. En la ilustración se puede observar la ubicación del centro de mando y la disposición de las luminarias.



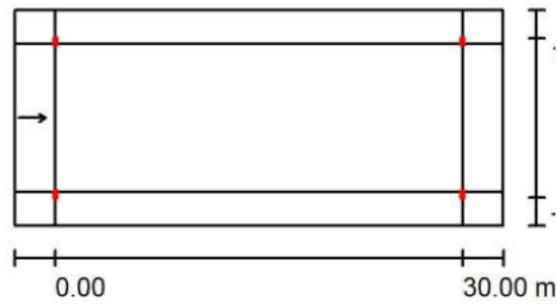
Ilustración 20: Centro de Mando 25 Fuente: Propia

A continuación, se indican los valores significativos para el cálculo en el estudio.

Calle	Puntos de luz	Geometría	Interdistancia (m)	Altura (m)	Tipo de soporte
Partida Torres Sec Norte 1/2	18	Unilateral	27	10	Columna
Partida Torres Sec Norte 2/2	11	Bilateral	30	10	Columna

Tabla 2: Características CM25

La geometría de ambas calles es igual con una calzada de 11 metros de ancho y unos caminos peatonales de 2,5 metros de ancho. Se muestra la tipología para la parte Partida Torres Sec. Norte 2/2, dónde el número 30 m indica la distancia entre los mástiles de los puntos de luz.



*Ilustración 21: Distribución Partida Torres Sec. Norte 1/2*

Todas las luminarias de esta zona son tipo Onix unas de 100 W y otras de 150 W, se muestra a continuación la luminaria exacta.



*Ilustración 22: Luminaria Onix*

### 2.6.3 CM 27

El centro de mando 27 corresponde a una rotonda al principio de la Calle Colón, una de las más largas de todo el municipio. Consta de 10 puntos de luz con una disposición unilateral, con un tipo de luminaria IRIDIUM, véase ilustración 23.



Ilustración 23: Centro de Mando 27 Fuente: Propia

En la ilustración aparecen 11 puntos de luz, pero actualmente solo hay diez debido a que se ha urbanizado la zona norte y se debía eliminar el punto de luz para realizar el acceso al polígono. La rotonda dispone de una calzada de 9 metros de ancho y unas zonas que se puede considerar como peatonales de 3 metros de ancho, pero no serán consideradas para el cálculo.

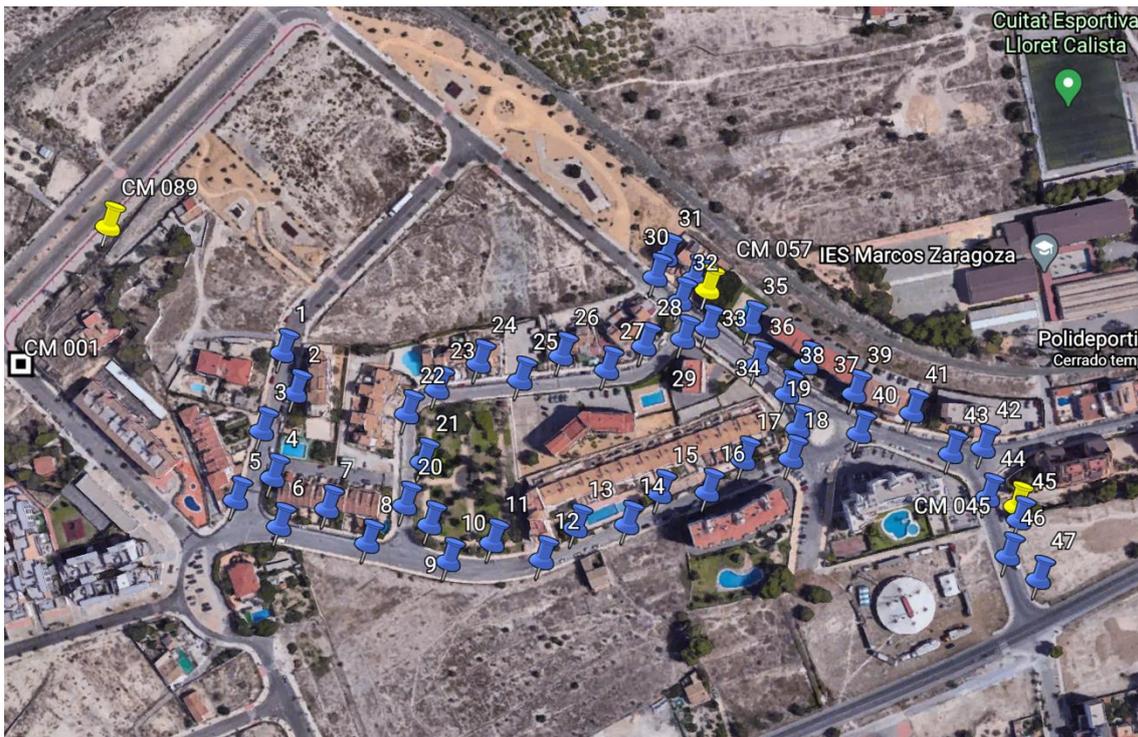
En la siguiente tabla se muestran las características de los puntos de luz que componen el centro de mando. La interdistancia se ha tomado 25 metros dado que las luminarias se encuentran a una distancia de entre 20 y 30 metros dependiendo.

Calle	Puntos de luz	Geometría	Interdistancia (m)	Altura (m)	Tipo de soporte
Rotonda Colon	10	Unilateral	25	10	Columna

Tabla 3: Características CM 2

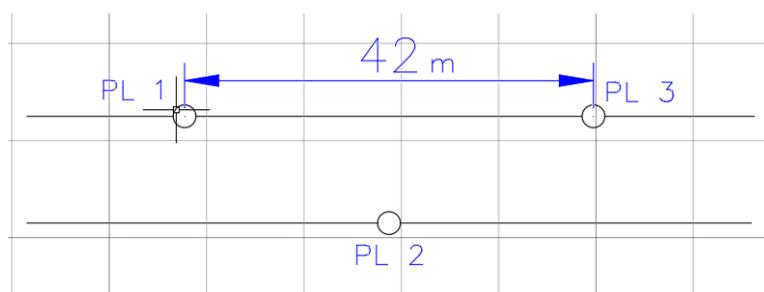
2.6.4 CM 57

El CM 57 está compuesto por 5 zonas viales, una rotonda y un parque, con un total de 65 puntos de luz.



Il·lustración 24: Centro de Mando 57 Fuente: Propia

Se indican a continuación las características de los puntos de luz de este centro de mando. En todas las calles el tipo de luminaria es ONIX y en el parque ATP Esfera. Aclarar que en este caso la interdistancia en las zonas Tresbolillo se da entre luminarias consecutivas, es decir, la distancia entre dos luminarias de una misma línea, a continuación, se muestra un ejemplo en la ilustración 25.



Il·lustración 25: Ejemplo distancia disposición tresbolillo

Calle	Puntos de luz	Geometría	Interdistancia (m)	Altura (m)	Tipo de soporte
Calle Confrides	5	Tresbolillo	48	5	Columna
Calle Aigues	10	Tresbolillo	48	5	Columna
Parque Aigues	16	Unilateral	Variable	4,7	Columna
Calle Ferrocarril 1	7	Tresbolillo	44	5	Columna
Calle Ferrocarril 2	7	Tresbolillo	44	5	Columna
Calle Joan Benito	4	Tresbolillo	42	5	Columna
Calle Busot	11	Tresbolillo	42	5	Columna
Rotonda Busot	6	Unilateral	Variable (distancia entre luminarias exteriores 42 m)	5	Columna

Tabla 4: Características CM 57

A continuación, se describirá la situación actual en la que se encuentra cada una de las vías, pero antes mencionar que la tipología de estas vías es bastante compleja ya que son viales muy anchos con una altura de luminarias baja en proporción.

#### 2.6.4.1 Calle Confrides

La parte de la Calle Confrides que cuelga del CM 57 está formada por un vial de 11 metros de ancho, dispone de una zona de aparcamiento, pero dado que está en una zona donde se está urbanizando aún no hay gran tránsito de coches. Además, tiene dos aceras peatonales de 1,5 metros de ancho. Los puntos de luz se disponen en tresbolillo como se puede ver en la ilustración siguiente y cuentan con una gran interdistancia. Los puntos de luz que componen esta calle son 5. Las luminarias actuales son del modelo ONIX.

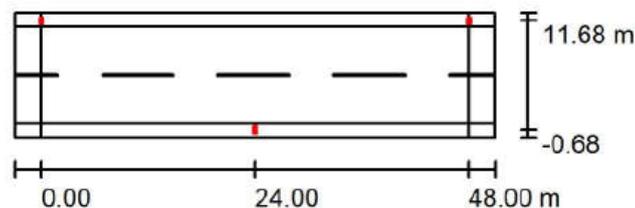


Ilustración 26: Distribución Calle Confrides

### 2.6.4.2 Calle Aigues

La Calle Aigues es una vía de casas residenciales y la componen dos caminos peatonales y un vial. El vial dispone de 8 metros de ancho y ambos caminos peatonales de 1,5 metros de ancho. La calle está formada por 10 puntos de luz con una disposición tresbolillo con una interdistancia de 48 metros entre luminarias consecutivas. Las luminarias actuales son tipo ONIX.

Se muestra a continuación la disposición de la calle dónde zona 2 y 3 corresponden a los caminos peatonales y zona 1 a la calzada.

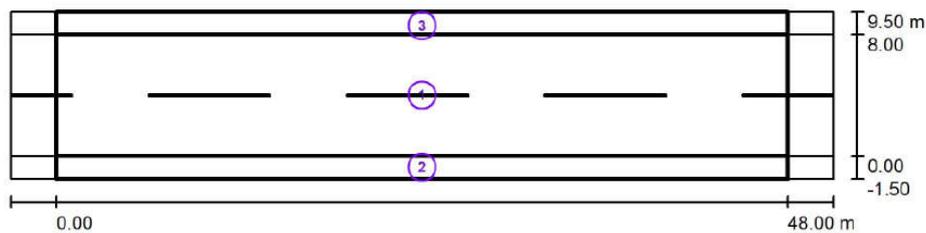


Ilustración 27: Distribución Calle Aigues

### 2.6.4.3 Calle Ferrocarril

La calle Ferrocarril se puede dividir en dos partes. La parte denominada como Ferrocarril 1 con una anchura de calzada de 12 m con una disposición en tresbolillo de 44 metros entre luminarias consecutivas y 7 puntos de luz. Las aceras que componen esta calle tienen 1,5 metros de ancho lo que junto con los 12 metros de vial hacen una geometría compleja. Se muestra a continuación la calle Ferrocarril 1.

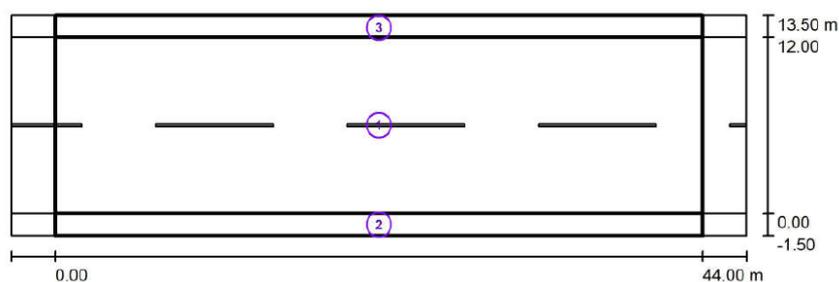


Ilustración 28: Distribución Calle Ferrocarril 1

Mientras la parte Ferrocarril 2 tiene una anchura de calzada menor que Ferrocarril 1 de 9,5 metros y 7 puntos de luz también en disposición tresbolillo con la misma interdistancia de 44 metros en luminarias consecutivas como se puede ver en la ilustración 29. Dispone de una zona de aparcamiento junto a la acera superior del vial.

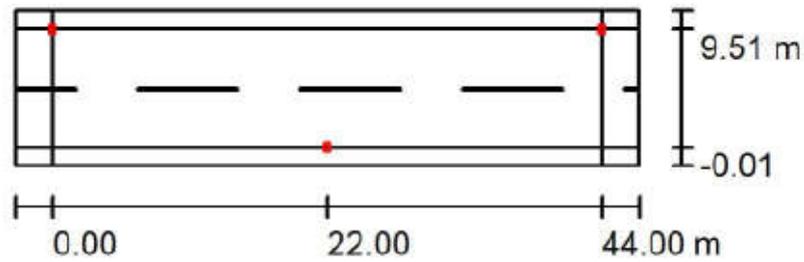


Ilustración 29: Distribución Calle Ferrocarril 2

#### 2.6.4.4 Calle Joan Beneyto

La calle Joan Beneyto dispone solamente de 4 puntos de luz. Dispone de un vial de 11 metros de ancho y dos aceras una de 1,5 metros de ancha y otra de 2 metros. Cuenta con una disposición en tresbolillo y una interdistancia entre luminarias consecutivas de 42 metros. Las luminarias actuales son de tipo ONIX.

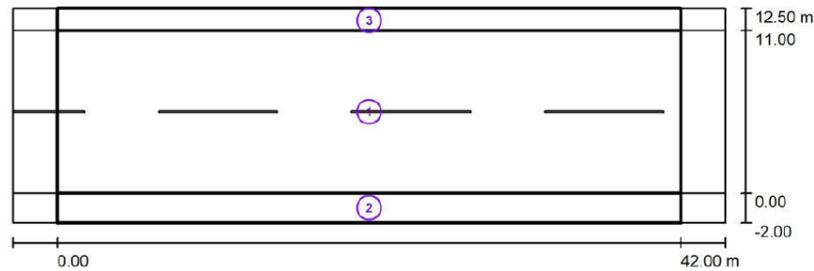


Ilustración 30: Distribución Calle Joan Beneyto

#### 2.6.4.5 Calle Busot

La calle Busot tiene una zona vial y una rotonda. La zona vial dispone de una calzada de 14,5 metros de ancho y dos aceras una de 2 metro de ancho y otra de 1 metro de ancho. En esta zona las luminarias están dispuestas en tresbolillo con una interdistancia de 42 metros entre luminarias consecutivas. La calle cuenta con un total de 11 puntos de luz de tipo ONIX. Se muestra a continuación la distribución de la calle.

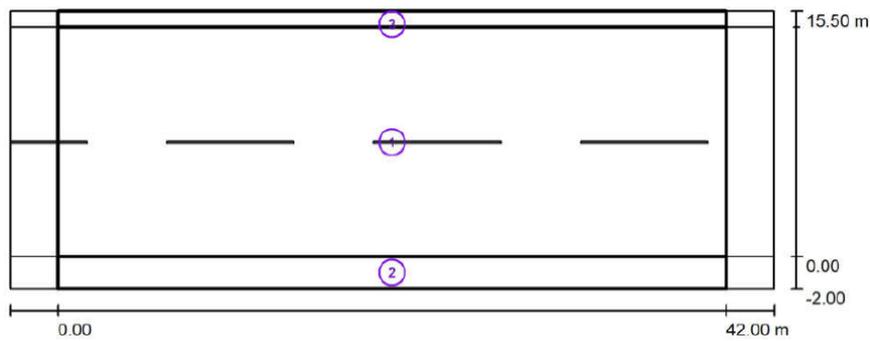


Ilustración 31: Distribución Calle Busot

La zona 3 corresponde al camino peatonal de 1 metro de ancho y la zona 2 al de 2 metros de ancho. La zona uno es la calzada de 14,5 metros de ancho.

La rotonda tiene 3 luminarias ubicadas en el centro de la misma, y dispone de otras luminarias de las calles confluyentes que se utilizarán para el cálculo, ya que la rotonda no es circular. El vial de la rotonda tiene un ancho de 9 metros y unas aceras de 1,5 metros cada una. Las luminarias actuales también son tipo ONIX. A continuación, se muestra una imagen de la rotonda real para que el lector aprecie la complejidad de la misma.



Ilustración 32: Imagen Rotonda Busot Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Destacar que la imagen satélite es del año 2012 cuando aún no se habían instalado las luminarias en el centro de la rotonda.

#### 2.6.4.6 Parque Aigues

El parque tiene una sola zona de entrada al mismo y es la zona más ilumina de todas. Con unos caminos de 3,6 metros de ancho es una zona verde con multitud de arbolado, esto dificulta el cumplimiento actual y futuro de las mediciones luminotécnicas. Los puntos de luz tienen una disposición variable y en total se cuenta con 16 puntos de luz actualmente. Los puntos de luz actuales son tipo ATP ESFERA. A continuación, se muestra una imagen del Parque Aigues.



Ilustración 33: Imagen Parque Aigues Fuente: Instituto Geográfico Nacional

### 2.6.5 CM 97

El centro de mando 97 está compuesto por dos viales, la Calle Balandre y parte de la Calle Tellerola. El centro de mando se encuentra al inicio de la Calle Balandre.



Ilustración 34: Centro de Mando 97 Fuente: Propia

Las luminarias de estas dos calles tienen las siguientes características:

Calle	Puntos de luz	Geometría	Interdistancia (m)	Altura (m)	Tipo de soporte
Calle Balandre	5	Tresbolillo	50	7	Columna
Calle Tellerola	6	Tresbolillo	60	7	Columna
Calle Tellerola peatonal	11	Unilateral	30	4	Columna

Tabla 5: Características CM97

### 2.6.5.1 Calle Balandre

La calle Balandre dispone de dos aceras peatonales ambas de 2 metros cada una y una calzada de 5 metros. Esta calle tiene una disposición tresbolillo con una gran interdistancia entre luminarias consecutivas de 50 metros. Cuenta con un total de 5 puntos de luz de modelo saturno actualmente. Como condicionantes tiene arboles a ambos lados de la calzada.

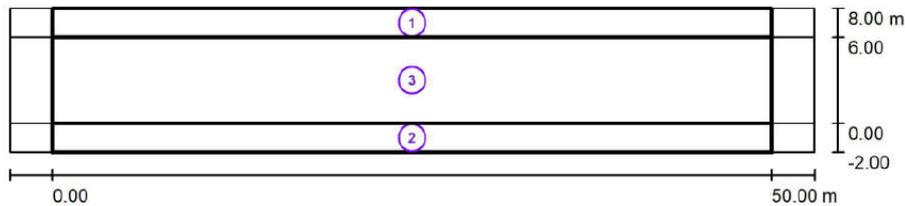
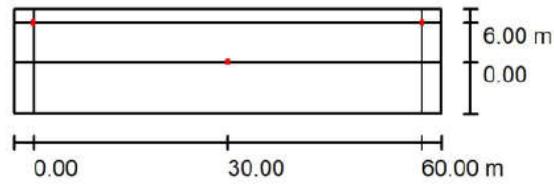


Ilustración 35: Distribución Calle Balandre

### 2.6.5.2 Calle Tellerola

La zona a modernizar en la calle Tellerola tiene una disposición tresbolillo con 6 puntos de luz. Esta calle cuenta con una calzada de 6 metros de ancho, una acera peatonal de 2 metros de ancho y una acera peatonal con una anchura de 8 metros. Esta última acera tiene 11 puntos de luz con una disposición unilateral para alumbrar la acera, son tipo globo y están muy deterioradas por su proximidad a la zona de la playa.

La ilustración 36 corresponden a la disposición de las luminarias para la calzada y la ilustración 37 para las luminarias de la zona peatonal.



*Ilustración 36: Distribución Calle Tellerola*



*Ilustración 37: Distribución Calle Tellerola Peatonal*

## 2.7 Diseño luminotécnico

Para poder realizar un estudio óptimo y adecuado de las vías seleccionadas es necesario conocer la tipología específica marcada por la normativa para cada una de ellas. Por lo que a continuación se tratarán las definiciones y aspectos necesarios para realizar un buen estudio.

### 2.7.1 Clasificación de las vías

El primer criterio para la clasificación de las vías es el mostrado en la “*Tabla 1 de la Guía Técnica de Aplicación: Eficiencia Energética En Instalaciones de Alumbrado Exterior*” dónde se establece la clasificación según la velocidad de circulación permitida en cada vía.

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 6: Clasificación de las vías (Fuente: Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior)

Otros criterios aplicables para la clasificación de las vías dentro del mencionado anteriormente son la intensidad media del tráfico (IMD) y el tipo de vía. Dado que las vías seleccionadas para este estudio se clasifican como vías peatonales, nos centraremos en las vías de clasificación Tipo E.

El alumbrado con denominación tipo E se basa en poder reconocer facialmente a las personas a una mínima distancia, así como poder alertar un posible riesgo de criminalidad.

El reglamento dispone que para una persona con una edad de 40 años las distancias mínimas serán de 4 m de distancia para poder reconocer una agresión con una iluminancia horizontal mínima de 5 lx y 10 m de distancia con una iluminancia horizontal mínima de 20 lx.

La clasificación Serie S se da fundamentalmente para espacios peatonales, aceras, carriles bici, etc. es la clasificación elegida para las vías de este trabajo.

Clase de alumbrado	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media Em (lx)	Iluminancia mínima Emin (lx)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Tabla 7: Clase de alumbrado (Fuente: Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior)

Otro parámetro importante es la uniformidad, este parámetro indica el nivel mínimo entre la relación de iluminancia media e iluminancia mínima. Para la clasificación de vías ME2 y CE2 los niveles exigidos son los de iluminancia media mínima y uniformidad y son los siguientes:

Clase de alumbrado	Em (lx)	Uniformidad (Uo)
ME2	20	0,4

Tabla 8: Clase de alumbrado ME

También se utilizará la clasificación tipo B según la “tabla 6: Serie ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B” del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior RD 1890/2008 (ITC-EA-02).

Las zonas como glorietas o rotondas se consideran zonas especiales por lo que tienen unos niveles mínimos diferentes al resto de viales comunes. Según la normativa indica que los niveles de iluminación deben ser 50 % superiores a las calles que concurren en ella, también se puede aplicar un grado superior al del tramo de calles que confluyen. En nuestro caso la rotonda de la Calle Busot se tomará como clase de alumbrado ME2 para obtener una iluminación superior al de los viales que confluyen y será igual también para la rotonda de Colón.

La normativa también establece niveles de iluminación diferentes para parques, plazas y pasos a nivel. Estos se recogen en la ITC-EA-02 en las tablas 6, 8 y 9.

A continuación, se clasifica las vías de estudio según los criterios mencionados.

Zona	Clasificación vial	IMD	Peatonal	Clasificación vial			Clasificación Acera		
				Clase de AL	Em (lx)	Uo	Clase de AL	Em (lx)	Uo
Avenida de Altea	B	>7000	-	ME2	20	0,4	S2	10	0,3
Avenida de Altea parque	E	-	Flujo de peatones	S2	10	0,3	-	-	-
Avenida Marina Baixa	B	>7000	-	ME2	20	0,4	S2	10	0,3
Calle puentes del moro	B	>7000	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Calle puente del moro peatonal	E	-	Flujo de peatones	S2	10	0,3	-	-	-
Calle Joan Fuster	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Plaza Joan Fuster	E	-	Flujo de peatones	S2	10	0,3	-	-	-
Parque Joan Fuster	E	-	Flujo de peatones	S2	10	0,3	-	-	-
Calle Confrides	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Calle aigues	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Parque Aigues	E	-	Flujo de peatones	S2	10	0,3	-	-	-
Calle Ferrocarril 1	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Calle Ferrocarril 2	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Calle Joan Benito	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Calle Busot	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Rotonda Busot	E	Alto	-	ME2	20	0,33	S2	10	0,3
Partida Torres Sec Norte 1/1	B	>7000	-	ME2	20	0,4	S2	10	0,3
Partida Torres Sec Norte 1/2	B	>7000	-	ME2	20	0,4	S2	10	0,3
Rotonda Colon	E	Alto	-	ME2	20	0,33	S2	10	0,3
Calle Balandre	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3
Calle Tellerola	E	Alto	-	S1	15	0,33	S2	10	0,3

Tabla 9: Comparativa de los resultados obtenidos con los exigidos por el Reglamento

Los datos son obtenidos del “Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior” RD 1890/2208.

### 2.7.2 Distribución de las luminarias

Otro parámetro muy importante es la distribución de las luminarias en la vía. Se pueden distinguir tres tipos de distribución entre las más comunes.

- **Distribución unilateral:** Los puntos de luz se encuentran ubicados únicamente en uno de los lados de la vía.
- **Distribución tresbolillo:** Los puntos de luz se encuentran en ambos lados de la calzada, pero desfasados, es decir, alternados.
- **Distribución bilateral:** Los puntos de luz se encuentran en ambos lados de la calzada enfrentados entre sí. (En la ilustración llamada Pareada)

A continuación, se muestra un ejemplo gráfico de cada una de las distribuciones.

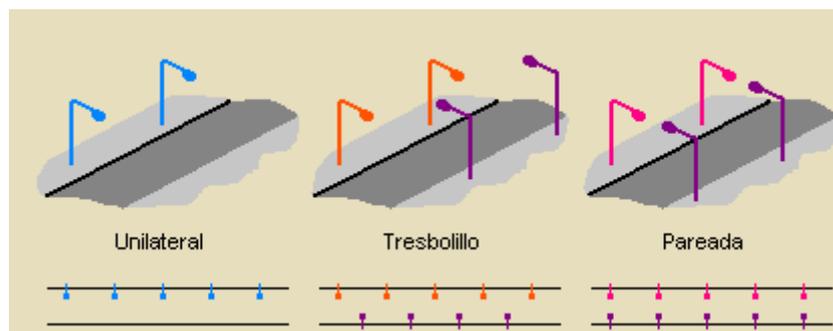


Ilustración 38: Tipos de distribución Fuente: [https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias\\_p.html](https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias_p.html)

En este estudio se encuentran vías con diferentes disposiciones tanto de tresbolillo como Avenida de Marina Baixa y calle Puentes del Moro o disposición en unilateral como Avenida de Altea y un trazo de Calle de Puentes del Moro. En cambio, la Plaza Joan Fuster tiene una distribución variable mientras que la calle se dispone de manera unilateral. También se puede encontrar en plazas puntos de luz con doble brazo, como en el caso de la Plaza Joan Fuster.

### 2.7.3 Altura y separación de las luminarias

El estado actual de la altura de las luminarias es el mostrado a continuación en la tabla 10, todas disponen de una altura semejante según la zona a la que pertenecen para una mejor adecuación del entorno. En la tabla 10, se muestra tanto la altura de las luminarias como el ancho de las calzadas y aceras de cada una de las calles.

CM	Zona	Altura (m)	Ancho de la calzada (m)	Ancho acera 1 (m)	Ancho acera 2 (m)	Interdistancia (m)	Disposición
18	Avenida Altea viales	8	6,5	3,5	3,5	15	Unilateral
18	Avenida Altea parque	3,5	-	11,5	-	15	Bilateral
18	Avenida Marina Baixa	8	9	3	3	17	Tresbolillo
18	Calle Puentes del moro (principal)	8	7	1	1	14	Tresbolillo
18	Calle Puentes del moro (zona estrecha)	3	-	3	-	15	Bilateral
18	Calle Joan Fuster	7	6,5	2	-	18	Unilateral
18	Plaza Joan Fuster 1	3,5	-	6,5	-	5	Variable
18	Parque Joan Fuster 2	3,5	-	3	-	5	Unilateral
57	Calle Confrides	5	11	1,5	1,5	24	Tresbolillo
57	Calle Aigues	5	8	1,5	1,5	26	Tresbolillo
57	Parque Aigues	4,7	-	3,6	-	Variable	Unilateral
57	Calle Ferrocarril 1	5	12	1,5	1,5	22	Tresbolillo
57	Calle Ferrocarril 2	5	9,5	1,5	1,5	22	Tresbolillo
57	Calle Joan Beneyto	5	11	1,5	2	24	Tresbolillo
57	Calle Busot	5	14,5	1	2	21	Tresbolillo
57	Rotonda Busot	5	14,5	1,5	1,5	21	Variable
25	Partida Torres Sec Norte 1/2	10	11	2,5	2,5	27	Unilateral
25	Partida Torres Sec Norte 2/2	10	11	2,5	2,5	30	Bilateral
27	Rotonda Colon	10	9	3	-	30	Unilateral
97	Calle Balandre	7	6	2	2	50	Tresbolillo
97	Calle Tellerola	7	6	2	8	60	Tresbolillo
97	Calle Tellerola Peatonal	4	-	8	-	30	Unilateral

Tabla 10: Geometría de la sección

Dado que la implantación viene con los requisitos de distancias entre luminarias y altura de los puntos de luz es una tarea compleja adecuar los requisitos luminotécnicos a estas condiciones. A continuación, se exponen los problemas que pueden surgir en la implantación debido a la disposición existente.

En el centro de mando 18 se encuentra la zona peatonal intermedia de avenida de altea, en este caso aparte de la luminosidad de sus puntos de luz, también le llega parte del flujo de las luminarias del vial dado que éstas son más altas que las del centro. Esto provocará que la iluminancia media sea superior a lo requerido.

En este mismo centro de mando tanto la plaza como el parque son zonas amplias con arbolado y objetos que pueden distorsionar la iluminación, por lo que probablemente la uniformidad no cumpla debido a que habrá zonas que la iluminancia mínima sea muy pequeña.

En el caso del centro de mando 57 sus calles tienen una disposición de luminarias con grandes distancias entre ellas, esto sumado a la baja altura de las luminarias y las grandes calzadas puede dificultar obtener en todas las áreas los parámetros correctos. Es decir, para obtener una buena iluminancia media en los viales, las aceras verán superada su iluminancia media en más de un 20%. Este problema se puede solucionar dándoles a las luminarias una cierta inclinación que haga cumplir con todos los requerimientos o por lo menos se ajusten lo máximo posible a ellos.

La rotonda Busot puede plantear también diferentes problemas dado que los tres puntos de luz que se encuentran en el centro, junto con los exteriores son insuficientes para cumplir con la iluminancia mínima. Se puede solventar seleccionando una luminaria con una óptica ancha que permite llegar a todos los espacios.

En el centro de mando 25 la calle con más problemas es la Partida Torres Sec. Norte 1/2 debido a su disposición unilateral. La acera donde se encuentran los puntos de luz estará siempre más iluminada que la acera enfrentada. Este problema se puede mitigar, dentro de la geometría, optando por inclinar las luminarias un cierto grado.

Por último, en el centro de mando 97 la posible dificultad sea encontrar una luminaria que cumpla con los requisitos necesarios para el camino peatonal, pero eligiendo una óptica adecuada se pueden cumplir con las exigencias luminotécnicas.

#### 2.7.4 Flujo lumínico preliminar

Para cumplir con los requerimientos mínimos que exige la normativa es necesario realizar un estudio previo del flujo luminoso.

El flujo luminoso es definido como *“La potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda.”*, es decir, nos proporciona el valor de lúmenes que se necesita para cada zona. La fórmula por la que se rige es la siguiente:

$$\Phi = \frac{E_m \cdot S}{F_M \cdot F_U} \text{ (lm)} \quad (1)$$

Fórmula 1: Flujo luminoso

Dónde los parámetros son:

- $E_m$  = Iluminancia media (lux)
- $S$  = Superficie a iluminar ( $m^2$ )
- $F_M$  = Factor de mantenimiento (0 – 1)
- $F_U$  = Factor de utilización (0 – 1)

El primer parámetro, la iluminancia media, es un valor conocido gracias a la “*tabla 7 del apartado 2.7.1 Clasificación de las vías*” del reglamento que se obtiene según los criterios de velocidad de circulación y del tráfico de la vía. El segundo parámetro, la superficie a iluminar, se establece entre dos puntos de luz consecutivos por el ancho de la zona a iluminar.

El factor de mantenimiento es la relación entre el valor de la iluminancia media obtenida transcurrido un periodo de tiempo ( $E_{servicio}$ ) y la iluminancia de la instalación inicial ( $E_i$ ).

$$F_M = \frac{E_{servicio}}{E_i} \quad (2)$$

*Fórmula 2: Facto de mantenimiento*

El valor del factor de mantenimiento debe estar comprendido entre 0 y 1, siendo un buen factor de mantenimiento los próximos a 1, dependiendo del tipo de luminaria a escoger siendo de 0,65 para luminarias de halogenuro o de 0,85 para luminarias de tipología LED. Para los cálculos realizado a continuación se tomará un valor de 0,85 ya que se apuesta por la tecnología LED.

El factor de utilización es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias. Este factor depende tanto del rendimiento de las luminarias, el tipo de lámpara y la distribución de las mimas. Como se trata de un factor dependiente de muchas variables y por ello es difícil de definir se tomará un valor intermedio para los cálculos de 0,5.

En la Tabla 11 se muestra el flujo luminoso obtenido con los parámetros seleccionados de  $F_u=0.5$  y  $F_m=0.85$  para el estudio.

Denominación	Ancho calzada (m)	Interdistancia (m)	$E_m$ (lx)	$\Phi_{lampara}$ (lm)
Avda. D'altea 1	6,5	15	20	4.588
Avda. D'altea (Parque)	11,5	15	10	4.059
Avda. Marina Baixa 1	9	17	20	7.200
C/ Joan Fuster	6,5	18	15	4.129
c/ Puentes del Moro 1 A	7	28	15	6.918

Denominación	Ancho calzada (m)	Interdistancia (m)	Em (lx)	Φlampara (lm)
c/ Puentes del Moro PEATONAL	3	14	10	988
Plaza Joan Fuster	6,5	5	10	765
Parque Joan Fuster 2	3	5	10	353
Partida Torres Norte Sec 1/2	11	27	20	13.976
Partida Torres Norte Sec 2/2	11	30	20	15.529
Rotonda Colón	9	25	22,5	11.912
C/Confrides	11	48	15	18.635
C/ Aigues	8	48	15	13.553
C/ Ferrocarril -1	12	44	15	18.635
C/ Ferrocarril -2	9,5	44	15	14.753
C/ Joan Beneyto	11	42	15	16.306
C/ Parque Aigues	3,6	20	10	1.694
C/Busot	14,5	42	15	21.494
Rotonda Busot	10	42	22,5	14.824
C/ Baladre	6	50	15	10.588
C/ Tellerola	6	60	15	12.706
C/Tellerola peatonal	8	30	10	5.647

Tabla 11: Flujo luminoso

Lo denominado ancho calzada, es el ancho del vial. En el caso de los Parques, Plazas y Calle Tellerola peatonal es el ancho de su acera, pero para no complicar la tabla se ha puesto todo en la misma columna.

### 2.7.5 Elección de luminaria

Una vez se ha definido el flujo lumínico mínimo para cada tipo de vía se elegirá el tipo de luminaria más adecuado. Las luminarias seleccionadas deben cumplir con el alcance y la dispersión requeridas para cada una de las vías.

Se han considerado fabricantes con experiencia y prestigio para las luminarias. La elección de las luminarias se basa en cumplir con los niveles luminotécnicos, con los puntos de luz ya establecidos, así como cumplir con las condiciones del pliego de contratación del Ayuntamiento dónde se indica que la temperatura de color debe ser 4000 K. Así como se indica que se debe cumplir con todas las

especificaciones técnicas y en el caso de modificar la fotometría, el contratista debe recalculiar y justificar el cumplimiento de todos los valores.

Antes de comenzar a elegir las luminarias óptimas para el estudio se procederá a explicar las diferentes ópticas existentes. Las ópticas son las que se encargan de dirigir el haz de luz y así conseguir la fotometría adecuada para cada aplicación.

Se han utilizado las ópticas DM, DM10, DM11, DM50, DM65, DM70, DX65, DX70, DS y DRW. Debido a la gran variedad de geometrías son muchas las ópticas utilizadas, pero se ha elegido la óptima para cada una de las calles.

Las ópticas DM se ha utilizado en las vías con un ancho de vial medio y con aceras anchas debido a que tienen una distribución media como se puede ver en las siguientes ilustraciones, normalmente en disposiciones unilaterales.



Ilustración 39: Óptica DM Fuente: Catálogo de Philips



Ilustración 40: Óptica DM10 Fuente: Catálogo de Philips



Ilustración 41: Óptica DM50 Fuente: Catálogo de Philips

De la óptica DM70 no se tiene ilustración como en las demás, pero tiene la siguiente óptica. Esta óptica ha sido la elegida para viales con un ancho de calzada grande y una distancia entre mástiles elevada.

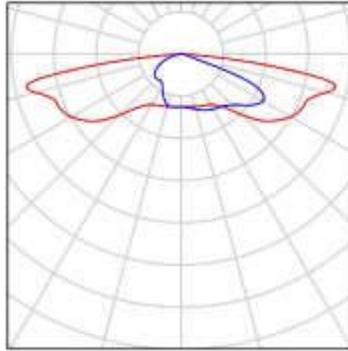


Ilustración 42: Óptica DM70

Las ópticas con denominación DX se han utilizado en las calles con viales anchos con aceras estrechas, ya que tienen una distribución más ancha para el vial que las DM. Como la óptica utilizada debe ser bajo pedido se muestra una distribución de cómo sería una óptica similar.



Ilustración 43: Óptica DX Fuente: Catálogo de Philips

En el caso del Parque Aigues y la acera peatonal de Calle Tellerola se ha optado por una óptica rotacional DRW para iluminar tanto los caminos del parque como las zonas de bancos. Su distribución se muestra a continuación.



Ilustración 44: Óptica DRW Fuente: Catálogo de Philips

La última óptica utilizada ha sido la DS para el camino peatonal de Puentes del Moro y para la Plaza Joan Fuster.



Ilustración 45: Óptica DS Fuente: Catálogo de Philips

A continuación, se procederá al estudio de cada una de las de las calles mencionadas en la “Tabla 11: Flujo luminoso” y que se han agrupado según el criterio de centro de mando, excluyendo de los centros de mando las rotondas, las plazas y los parques por requerir otro enfoque en el estudio y elección de las luminarias.

- CM 18
- CM 25
- CM 57
- CM 97
- Zona rotondas
- Zona parques y plaza

Se abreviarán las palabras iluminancia media requerida como  $E_m$ . e iluminancia mínima  $E_{min}$ . para una mejor lectura.

#### 2.7.5.1 CM 18

Se explicará la elección de la luminaria en cada una de las calles que componen el centro de mando 18, Avenida de Altea, Avenida Marina Baixa, Calle Joan Fuster, Calle Puentes del moro y Calle Puentes del Moro peatonal. Quedando la Plaza Joan Fuster y Parque Joan Fuster en el estudio de Zona parques y plazas.

##### 2.7.5.1.1 Avenida de Altea

La Avenida de Altea cuenta con dos calzadas, dos aceras peatonales y una zona peatonal intermedia. Las calzadas tienen una clasificación ME2 (también denominada CE2) deben cumplir con una  $E_m$ . de 20 lx y una uniformidad de 0,4. Mientras que a las zonas peatonales se les ha asignado una clasificación S2 por lo que deben cumplir con una  $E_m$ . de 10 lx y una  $E_{min}$ . de 3 lx.

Para la zona de calzada las luminarias disponen de una altura de 8 metros lo que supera el ancho del vial que es de 6,5 metros. Se ha seleccionado la luminaria BGP282 con un flujo luminoso alrededor de 6000 lm. Con un difusor DM10 ya que dispone de una acera ancha y se requiere una dispersión media dado que el vial no es demasiado ancho.

Para la zona peatonal intermedia se ha optado por una BRP775, de 3,5 metros, con un flujo de 1000 lm y un difusor DM 10, porque, aunque tenga un ancho de 11,5 metros tienen una disposición bilateral por lo que se requiere una dispersión media.

No se pueden calcular de forma independiente ambas zonas ya que las luminarias de la zona vial son más altas que las de la zona peatonal por lo que parte del flujo también caerá sobre la zona peatonal.

Conociendo este condicionante se ha optado por inclinar las luminarias BGP282 10º, para así poder cumplir con los requisitos luminotécnicos en las aceras peatonales, aunque esto haga que se supere el 150% del valor mínimo en la zona peatonal intermedia. Se garantiza así la Em. y la Emin. en el resto de las zonas peatonales y la Em y la uniformidad en las calzadas.

A continuación, se muestra la disposición de Avenida de Altea.

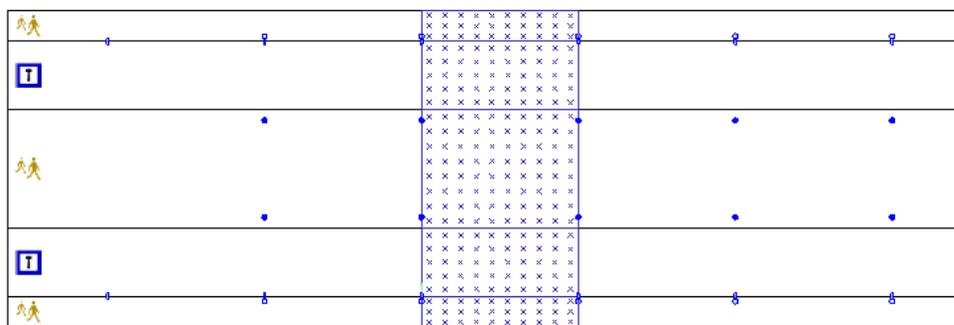


Ilustración 46: Disposición Avenida de Altea

Como se observa en la tabla 12 en el caso de la zona vial se ha optado por una luminaria con un flujo mayor que el flujo de estudio. Esto es debido a que con el valor del flujo de estudio no se cumplían todos los requisitos. En cambio, para la zona de parque se ha seleccionado una luminaria con un flujo menor ya que con el de estudio la zona resultante tenía una iluminación muy superior a lo exigido.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Avda. D'altea 1	4.588	6.000
Avda. D'altea (Parque)	4.059	1.000

Tabla 12: Flujo luminoso Avenida de Altea

### 2.7.5.1.2 Avenida Marina Baixa

La Avenida Marina Baixa cuenta con luminarias de 8 metros de altura y con un ancho de 9 metros. Con una clasificación ME2 para la calzada debe cumplir con los requisitos de iluminancia media requerida de 20 lx y uniformidad de 0,4. Ambas zonas peatonales tienen una clasificación S2, es decir, Em. superior a 10 lx y Emin. superior a 3 lx.

En este caso se ha elegido la luminaria BGP281 con un flujo de alrededor de 3500 lm, con un difusor DM50. Se ha elegido este difusor ya que al tener una disposición tresbolillo se necesita un mayor alcance y este lo proporciona. En este caso la luminaria se encuentra a 0º ya que no es necesaria su inclinación para cumplir con los requisitos.



Ilustración 47: Disposición Avenida Marina Baixa

La luminaria seleccionada tiene un flujo menor que el calculado en estudio como se puede observar en la tabla siguiente, esto se debe a que con un flujo menor se cumplían las exigencias por lo que es innecesario apostar por el flujo de estudio ya que supondrá un mayor gasto energético.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Avda. Marina Baixa 1	7.200	3.500

Tabla 13: Flujo luminoso Avenida Marina Baixa

### 2.7.5.1.3 Calle Joan Fuster

La Calle Joan Fuster tiene una clasificación S1 para su calzada y S2 para su única acera. Por lo que los requisitos mínimos serán Em. 15 lx mínimo y Emin. 5 lx mínimo y para su acera Em. 10 lx y Emin. 3 lx.

Dispone de un vial de 6,5 metros de ancho y una acera de 2 metros, con una altura de puntos de luz de 7 metros y disposición unilateral se ha elegido la luminaria BGP282 con flujo luminoso de 5200 lm. Se ha optado por el difusor DM50 ya que se necesita un alcance intermedio.

Como se observa en la tabla el flujo seleccionado es superior al de estudio, dado que con el flujo de estudio no se podían cumplir todos los requisitos exigidos por la normativa.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
C/ Joan Fuster	4.129	5.200

Tabla 14: Flujo luminoso Calle Joan Fuster

#### 2.7.5.1.4 Calle Puentes del Moro

En este punto se engloba tanto la Calle Puentes del Moro principal como la Calle Puentes del Moro peatonal pero la elección de las luminarias es totalmente independiente.

Por un lado, la Calle Puentes del Moro principal dispone de una clasificación de calzada S1 con requisitos de Em. 15 lx mínimo y Emin. de 5 lux mínimo y clasificación S2 para sus aceras. Cuenta con una disposición tresbolillo y altura de 8 metros de los puntos de luz.

En este caso se ha seleccionado la luminaria BGP281 con un flujo de alrededor de 4500 lm y un difusor DM10 apropiado para dispersiones medias y alcance intermedio.

Como en casos anteriores se ha elegido un flujo menor al estudiado, debido a que si se seleccionaba el de estudio las aceras superaban el 150% del valor mínimo permitido y en este caso con un flujo menor se cumplían todos los requisitos necesarios.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
C/ Puentes del Moro principal	6.918	4.500

Tabla 15: Flujo luminoso Calle Puentes del Moro Principal

Para el caso de Puentes del Moro peatonal, se tiene un único camino peatonal de 3 metros de ancho con una disposición unilateral y una altura de puntos de luz de 3 metros.

La luminaria seleccionada es ornamental e idónea para zonas ajardinadas es la BDP100 con un flujo luminoso de 2500 lm y con un difusor DS que permite alumbrar tanto la zona peatonal como parte de la zona ajardinada.

En este caso se ha seleccionado un flujo superior al de estudio debido a que se tendrán elementos que distorsionen la iluminación, como árboles.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
C/ Puentes del Moro peatonal	988	2.500

Tabla 16: Flujo luminoso Calle Puentes del Moro Peatonal

#### 2.7.5.2 CM 25

En esta zona se estudia una calle de 600 metros situada en el polígono Torres. Esta calle se divide en dos partes, ambas independientemente estudiadas dado que no tienen la misma disposición de luminarias.

La primera zona Partida Torres Sec. Norte 1/2 se compone de un vial de 11 metros de anchura y dos aceras de 2,5 metros cada una. La calzada tiene una clasificación ME2 por lo que debe cumplir con una Em. superior a 20 lx y una uniformidad superior a 0,4. En cambio las zonas peatonales tienen una clasificación S2 por lo que deben cumplir con una Em. 10 lux y una Emin. de 3 lx.

Las luminarias se disponen de manera unilateral en una de las aceras lo que ha dificultado obtener una distribución uniforme. Se ha seleccionado la luminaria BGP283 con un flujo de alrededor de 18000 lm. Las luminarias se han inclinado 8º para cumplir así con las exigencias mínimas de la acera enfrentada y también se ha seleccionado un difusor DM10 que dispone de una dispersión ancha.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Partida Torres Sec. Norte 1/2	13.976	18.000

Tabla 17: Flujo luminoso Partida Torres Sec. Norte 1/2

El flujo es superior al estudiado debido a lo mencionado anteriormente para que cumpla la zona peatonal enfrentada se ha tenido que optar por un mayor flujo e inclinación de las luminarias.

La segunda zona Partida Torres Sec. Norte 2/2 también tiene una clasificación ME2 la calzada y S2 las aceras. Se diferencia de la anterior en la disposición de las luminarias que en este caso es bilateral y con una interdistancia de 30 metros. En este caso se ha seleccionado la luminaria BGP282 con un flujo de 9000 lm. En este caso también se han inclinado las luminarias 5º para poder cumplir con las exigencias en la zona de aceras. El tipo de difusor es el DX65 que tiene un alcance intermedio, óptimo en este caso debido a la gran distancia entre luminarias y una dispersión media.



Ilustración 48: Disposición Partida Torres Sec. Norte 2/2

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Partida Torres Sec. Norte 2/2	15.529	9.000

Tabla 18: Flujo luminoso Partida Torres Sec. Norte 2/2

### 2.7.5.3 CM 57

Las calles incluidas en el CM 57 son Calle Confrides, Calle Aigues, Calle Ferrocarril 1 y Calle Ferrocarril 2, Calle Joan Beneyto y Calle Busot. El Paque Aigues se considera en la zona de Plazas y parques.

#### 2.7.5.3.1 Calle Confrides

La calle Confrides dispone de un vial de 11 metros de ancho y unas aceras de 1,5 metros de ancho, esta geometría sumando a los 5 metros de altura en los puntos de luz hace que la elección de la luminaria sea compleja. Debido a que se tiene un vial muy ancho y unas aceras muy estrechas lo que hará que las zonas peatonales estén muy iluminadas. La clasificación del vial es una S1 con los requisitos de 15 lx de Em mínimos y 5 lx de Emin. y para las zonas peatonales es una S2 lo que implica una Em. mínima de 10 lx y una Emin. de 3 lx.

En este caso se ha optado por la luminaria BGP502 con un flujo luminoso de 12000 lm y un difusor DM70. Este difusor permite tener un alcance largo y a su vez una dispersión media algo idóneo para este tipo de viales. Se muestra la disposición de calle en la ilustración siguiente.

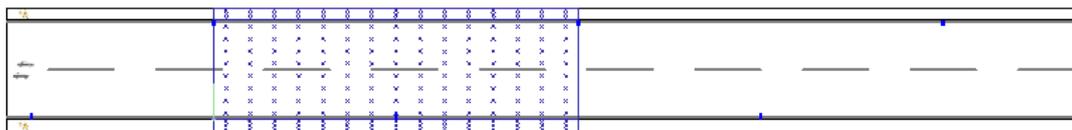


Ilustración 49: Disposición Calle Confrides

Se ha seleccionado un flujo menor dado que el flujo de estudio sobrepasaba los requisitos de las zonas de aceras.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Confrides	18.635	12.000

Tabla 19: Flujo luminoso Calle Confrides

#### 2.7.5.3.2 Calle Aigues

La calle Aigues tiene una clasificación S1 para su calzada de 8 metros de ancho y una clasificación S2 para ambas zonas peatonales de 1,5 metros de anchura. Con unos requisitos a cumplir de Em. mínima 15 lx y Emin. 5 lx en la calzada y Em. mínima 10 lx y Emin. 3 lx para las zonas peatonales.

No se ha encontrado dificultad para seleccionar una luminaria que cumpla con los requisitos a pesar de la altura de 5 metros de los puntos de luz y la interdistancia de 48 metros. La luminaria seleccionada es una BGP282 de un flujo luminoso alrededor de 7000 lm. Algunas luminarias del mismo tipo con flujo inferior cumplían con los requisitos mínimos en calzada, pero no en zonas peatonales. En cuanto al difusor se ha optado por un DX65 que dispone de una dispersión ancha en el centro y un alcance largo. Se muestra la gráfica del difusor DX65 no mostrada anteriormente.

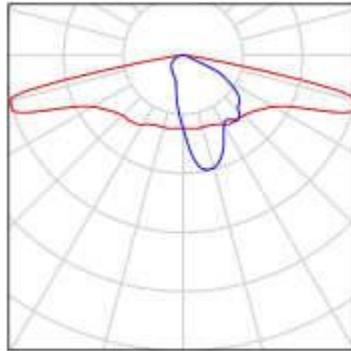


Ilustración 50: Difusor DX65

El flujo luminoso seleccionado es inferior al calculado en la parte de estudio.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Aigues	13.553	7.000

Tabla 20: Flujo luminoso Calle Aigues

### 2.7.5.3.3 Calle Ferrocarril 1

La Calle Ferrocarril 1 dispone de una calzada amplia de 12 metros de anchura con dos aceras estrechas de 1,5 metros de ancho, como se puede observar a continuación.

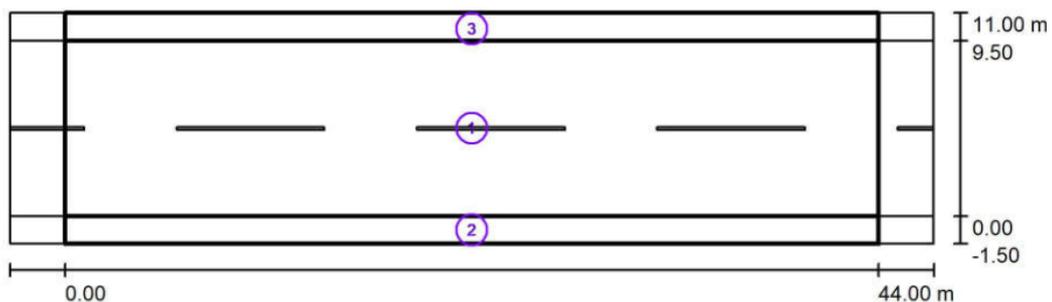


Ilustración 51: Ejemplo calle Ferrocarril 1

Al tratarse de una calle ancha, con una distancia entre mástiles amplia y una altura de 5 metros de los puntos de luz será complejo cumplir en todas las secciones con los requisitos requeridos por la normativa. Su clasificación es de S1 para la calzada, Em. 15 lx y Emin. 5 lx, y S2 para las aceras, Em. 10lx y Emin. 3 lx.

Se ha seleccionado la luminaria BGP502 con un flujo alrededor de 12000 lm. Gracias a esta luminaria se ha podido cumplir con el requisito en calzada de 15 lx y sobrepasar por muy poco la Em. máxima en las aceras. Aun así, ha sido necesario orientar la luminaria 30º para que cumpliera con todos los parámetros. A 0º aportaba un gran flujo a las aceras que incumplía los requisitos máximos. Al igual que en calles similares se ha optado por el difusor DM70.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Ferrocarril 1	18.635	12.000

Tabla 21: Flujo luminoso Calle Ferrocarril 1

#### 2.7.5.3.4 Calle Ferrocarril 2

La calle Ferrocarril 2 comparte similitud con la Calle Ferrocarril 1 en cuanto a clasificación y tipología de las aceras de 1,5 metros, pero dispone de una calzada más estrecha de 9,5 metros.

Se ha seleccionado el mismo tipo de luminaria BGP502 y mismo difusor DM70, pero con un flujo alrededor 8600 lm, dado que la anchura del vial es menor. En este caso también ha sido necesario orientar la luminaria, pero solamente 5º para poder cumplir con todos los requisitos. En la ilustración siguiente se muestra la leve inclinación de las luminarias.



Ilustración 52: Inclinación luminarias Calle Ferrocarril 2

El flujo real seleccionado ha sido inferior a lo calculado en estudio.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Ferrocarril 2	14.753	8.600

Tabla 22: Flujo luminoso Calle Ferrocarril 2

### 2.7.5.3.5 Calle Joan Beneyto

La calle Joan Beneyto a diferencia de las calles de este centro de mando tiene una geometría de aceras diferente, dispone de una acera de 1,5 metros de ancho y otra de 2 metros de ancho. Con un vial de 11 metros de ancho tiene una disposición tresbolillo con interdistancia de 42 metros.

Se deben cumplir los requisitos de Em. 15 lx y Emin. 5 lx para la calzada por su clasificación S1 y Em. 10 lx y Emin. 3 lx para ambas aceras por su clasificación S2. Por ello, se ha seleccionado la luminaria BGP502 con un flujo alrededor de 12000 lm, pero con un difusor DX70. Se ha optado por este difusor en lugar de por el DM70, ya que dispone de una dispersión algo mayor y esto ayuda a que ambas aceras cumplan con los requisitos.

Aún con este tipo de difusor ha sido necesario inclinar las luminarias 30º para cumplir el requisito de cada una de las secciones, a continuación, se muestra una ilustración con su inclinación.



Ilustración 53: Inclinación luminarias Calle Joan Beneyto

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Joan Beneyto	16.306	12.000

Tabla 23: Flujo luminoso Calle Joan Beneyto

2.7.5.3.6 Calle Busot

Por último, la Calle Busot con gran complejidad para cumplir con todos los requisitos debido a su gran anchura de vial 14 metros, sus aceras con diferente anchura una de 1 metro y la otra de 2 metros. Esto unido a una disposición tresbolillo con una distancia entre mástiles consecutivos de 42 metros y una altura de luminaria de 5 metros hacen que sea difícil cumplir con todos los requisitos establecidos en todas las secciones.

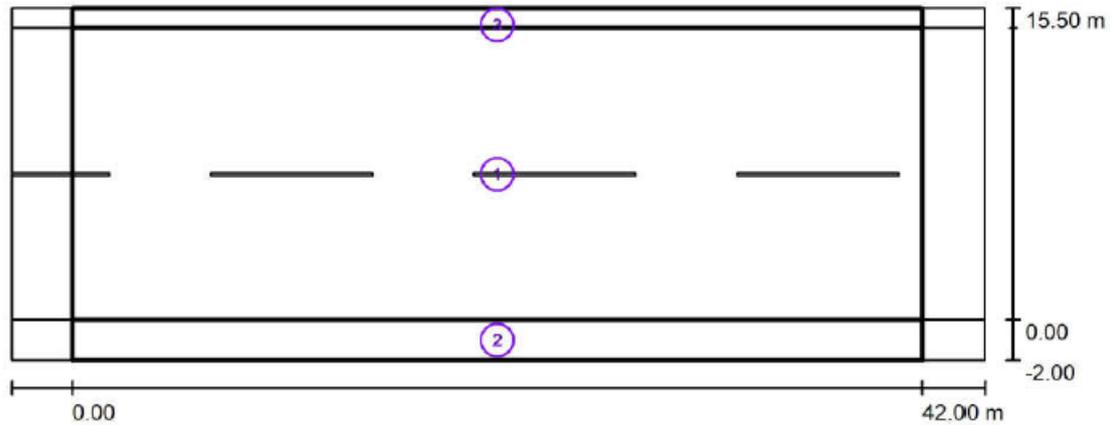


Ilustración 54: Disposición Calle Busot

Estos requisitos son de Em. 15 lx y Emin. 5 lx para la calzada por su clasificación S1 y para las aceras por su clasificación S2 de Em. 10 lx y Emin. 3 lx.

Se ha seleccionado la luminaria BGP502 con un flujo alrededor de 11000 lm con un difusor DM70, en este caso no se ha elegido un DX70 porque las aceras ya disponen de una iluminación elevada. Para poder ajustar los requisitos de la calzada y poder disminuir al máximo la iluminancia media en las zonas peatonales. Aún con este difusor ha sido necesario inclinar las luminarias 15º para poder ajustar los requisitos en las aceras.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Busot	21.494	11.000

Tabla 24: Flujo luminoso Calle Busot

2.7.5.4 CM 97

El Centro de Mando 97 está compuesto por la Calle Balandre y la Calle Tellerola. Se han seleccionado las luminarias de forma independiente para cada calle.

2.7.5.4.1 Calle Balandre

La calle Balandre dispone de una calzada de 6 metros de anchura con dos zonas peatonales a los lados de 2 metros de anchura. En estas zonas peatonales se encuentran árboles de una altura menor a las de las luminarias que son de 7 metros, esto podría ocasionar distorsión en el flujo.

La clasificación para esta calle ha sido de una S1 para la calzada con Em. 15 lx y una Emin. de 5 lx y una S2 para las zonas peatonales con una Em. 10 lx y una Emin. de 3 lx.

La luminaria seleccionada ha sido una BGP282 con un flujo de 7000 lm y un difusor DM10. Se ha optado por este difusor ya que es el óptimo para calles con un ancho de vial intermedio y unas aceras anchas.

El flujo seleccionado es inferior al calculado.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Balandre	10.588	7.000

Tabla 25: Flujo luminoso Calle Balandre

2.7.5.4.2 Calle Tellerola

En la calle Tellerola se tienen dos zonas de luminarias, las que alumbran a la calzada de 6 metros y las que alumbran a la acera peatonal de 8 metros de anchura, por lo que se han seleccionado dos tipos de luminarias para esta calle.

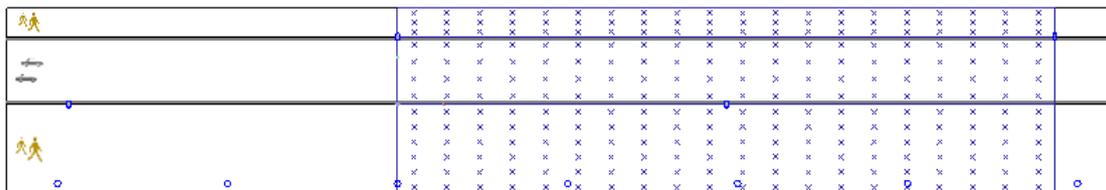


Ilustración 55: Disposición Calle Tellerola

Por un lado, se tiene la zona vial, que debe alumbrar tanto al vial como a la acera de 2 metros de anchura, pero también a parte de la acera peatonal de 8 metros ya que las luminarias de esta zona se encuentran en el lado opuesto de las viales.

La clasificación es de una S1 para la calzada y debe cumplir con los requisitos de Em. 15 lx y Emin. 5 lx. Para ambas aceras la clasificación es una S2 lo que implica una Em. 10 lx y una Emin. de 3 lx.

Para la zona vial se ha optado por una luminaria BGP502 con un flujo de 12000 lm, un flujo elevado para una calle de 6 metros, pero debido a la gran distancia entre mástiles consecutivos de 60 metros es necesario un flujo elevado. Se seleccionado un tipo de difusor DM70 para cumplir con el alcance entre luminarias.

Para la zona peatonal de 8 metros se ha optado por una luminaria ornamental una BPC100 con un flujo alrededor de 7000 lm y un difusor DRW, dispone de una altura de 4 metros. Este difusor dispone de una distribución rotacional que ayuda a iluminar tanto la parte de camino como la parte de jardín.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Calle Tellerola	12.706	12.000
Calle Tellerola peatonal	5.647	7.000

Tabla 26: Flujo luminoso Calle Tellerola

Para la zona vial el flujo de estudio ha sido el óptimo en la luminaria seleccionada, en el caso de la zona peatonal se ha necesitado un flujo mayor.

#### 2.7.5.5 Zona Rotondas

Se ha estudiado la modernización de las luminarias en dos de las rotondas pertenecientes a los centros de mando a cambiar. El *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* establece que los niveles lumínicos en rotondas deben ser un 50% superiores a las vías de entrada y salida de la rotonda o glorieta. Se ha considerado para ambas una clasificación ME2 que exige unos criterios de iluminancia media mínima de 20 lx y una uniformidad de 0,4.

##### 2.7.5.5.1 Rotonda Colón

La rotonda de Colón pertenece al Centro de Mando 27, como se ha indicado anteriormente la clasificación es de una ME2. La rotonda dispone de una calzada de 9 metros de ancho, con una altura de las luminarias de 10 metros, estas no tienen una separación uniforme, sino que van de los 20 metros

a los 30 metros por lo que para cálculo y elección de la luminaria se ha tomado una distancia intermedia de 25 metros.

A continuación, se muestra una ilustración de la rotonda con la posición de los puntos de luz.

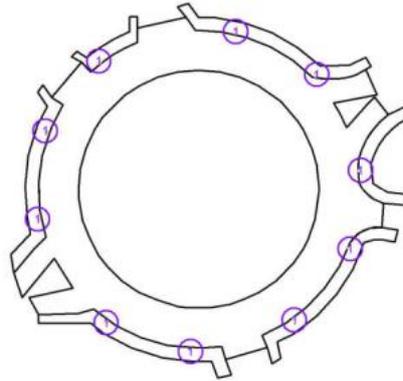


Ilustración 56: Disposición luminarias Rotonda Colón

La luminaria seleccionada ha sido una BGP283 con un flujo luminoso alrededor de 11000 lm, también se ha estudiado el caso de poner un flujo superior de unos 12000 lm, pero aun aportando una mayor Em. la uniformidad no varía respecto al flujo que aporta la de 11000 lm.

El tipo de difusor seleccionado ha sido el DM65 ya que aporta un alcance intermedio y una dispersión media óptimo para la rotonda.

El flujo seleccionado es muy similar al flujo de estudio.

Denominación	$\Phi$ lampara estudio (lm)	$\Phi$ lampara seleccionada (lm)
Rotonda Colón	11.912	11.000

Tabla 27: Flujo luminoso Calle Colón

#### 2.7.5.5.2 Rotonda Busot

La rotonda Bussot también dispone de una clasificación ME2 lo que requiere una iluminancia media de 20 lx. La geometría de la rotonda no es totalmente circular y con un ancho de 10 metros y tres puntos de luz de una altura de 5 metros en su centro hacen que sea una sección difícil de cumplir con ambos criterios de iluminancia media y uniformidad. A parte de los tres puntos de luz interiores se dispone de tres puntos distribuidos en el exterior para completar la iluminación de la rotonda.

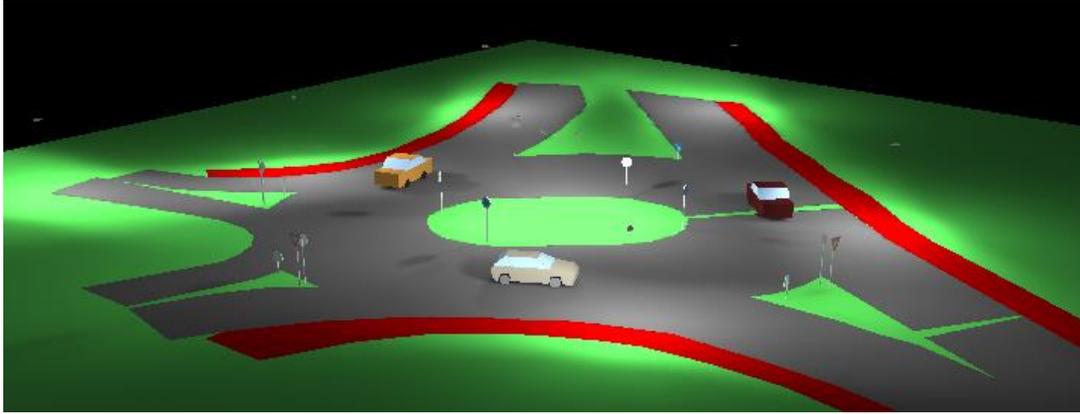


Ilustración 57: Rotonda Busot Fuente: Dialux

Se ha seleccionado una luminaria BGP282 con un flujo de 10000 lm y un difusor DM10. Las tres luminarias interiores se han inclinado unos 25º para poder llegar a las calzadas y cumplir con los requisitos. Con este tipo de luminaria se consigue una buena iluminancia media pero una uniformidad pésima, se han seleccionado otros tipos de luminarias y flujos, pero ocurre exactamente lo mismo.

El flujo de la luminaria seleccionada es inferior al de estudio porque si no sobrepasaba la iluminancia media mínima permitida.

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Rotonda Busot	20.012	10.000

Tabla 28: Flujo luminoso Rotonda Busot

#### 2.7.5.6 Zona Parques y Plaza

En este estudio se han considerado dos parques y una plaza. El municipio de Villajoyosa cuenta con diversidad de parques y zonas verdes entre los que se encuentra el Parque Aigues y el Parque Joan Fuster.

##### 2.7.5.6.1 Parque Aigues

El Parque Aigues cuenta con una superficie total de 4.464 m<sup>2</sup> de zona verde. Este parque dispone de un único acceso por la parte oeste. A continuación, se muestra una ilustración del mismo.

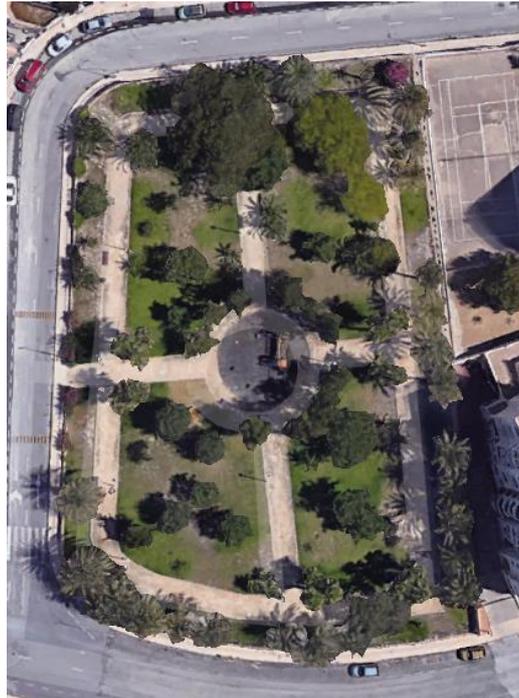


Ilustración 58: Parque Aigues Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Con una zona de paseo de 3,6 metros de ancho y diversidad de árboles se ha buscado una luminaria que no contrastará demasiado con el ambiente ya que la altura de las luminarias es de 4, metros.

Para poder elegir la luminaria correcta se han estudiado 3 zonas representativas del parque dónde se ha buscado cumplir con los requisitos mínimos que exige una clasificación S2, que son iluminancia media mínima de 10 lx y una iluminancia mínima de 3 lx. En dos de las zonas se cumplen todos los requisitos, pero en la zona central al solo disponer de dos puntos de luz la iluminancia mínima está por debajo de los niveles exigidos, aunque tenga una Em óptima. Por lo que la luminaria seleccionada ha sido la BDP100 con un flujo luminoso de 7000 lx y un difusor DRW. En el cálculo del flujo luminoso de estudio se tomó una interdistancia de 20 metros que es la distancia que tienen los caminos laterales, pero en realidad se podría considerar una disposición variable.

El flujo luminoso de estudio es muy inferior al seleccionado esto es debido a que en el estudio no se han tenido en cuenta todos los agentes que pueden afectar al flujo, como objetos de mobiliario exterior y árboles.

Denominación	$\Phi$ lampara estudio (lm)	$\Phi$ lampara seleccionada (lm)
Parque Aigues	1.694	7.000

Tabla 29: Flujo luminoso Parque Aigues

### 2.7.5.6.2 Parque Joan Fuster

El otro Parque estudiado es el Parque Joan Fuster con menor zona verde que el anterior cuenta con una superficie de 1.500 m<sup>2</sup>, situado en la zona sur del municipio. Dispone de una clasificación S2 por lo que debe cumplir con una Em. de 10 lx y una Emin. de 3 lx.

La zona peatonal tiene un ancho de 3 metros con una altura de las luminarias de 3,5 metros. Dado que la zona oeste del parque tenía poca iluminación se han añadido 5 puntos de luz nuevos para así poder cumplir con las exigencias del reglamento.

En el estudio se ha dividido el parque en zonas de cálculo y se ha elegido una luminaria diferente para cada una de las zonas.

La primera zona y la más extensa tiene un mayor número de luminarias y con una distancia entre ellas mucho menos por lo que se ha optado por una luminaria BDP100 con un flujo de 1500 lm y una óptica DS. Esta óptica permite iluminar más frontal ideal para esta zona.

La segunda zona las luminarias se disponen con una distancia mayor y por ello se ha elegido una luminaria BDP100 con un flujo de 2500 lm y una óptica DRW. Se ha optado por esta óptica y no por la DS, ya que permite obtener un mayor alcance y poner cumplir con la Emin requerida. En esta zona se han añadido 3 de las 6 nuevas luminarias.

A continuación, se muestran las dos zonas, la zona una es la parte derecha y la zona dos es la parte izquierda.

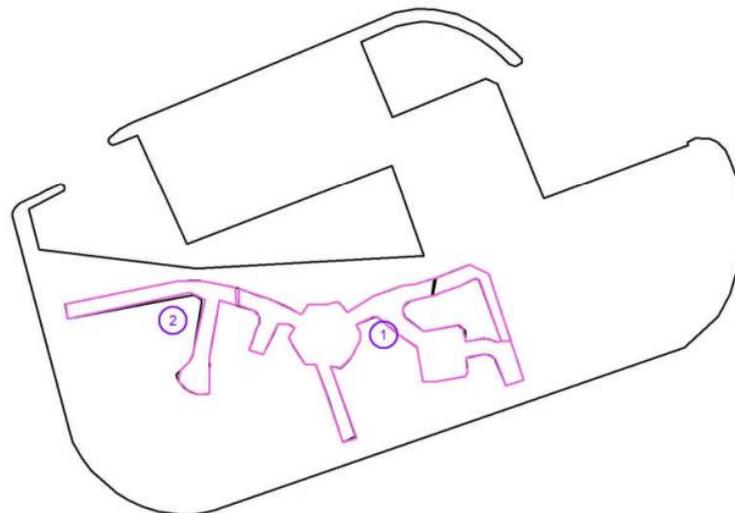


Ilustración 59: Zonas Parque Joan Fuster

Denominación	Φlampara estudio (lm)	Φlampara seleccionada (lm)
Parque Joan Fuster	353	1.500 y 2.500

Tabla 30: Flujo luminoso Parque Joan Fuster

### 2.7.5.6.3 Plaza Joan Fuster

Por último, se ha estudiado la Plaza Joan Fuster, situada al lado izquierdo de Calle Joan Fuster. Se trata de una plaza amplia, solamente con vegetación en los extremos de la plaza. Sus luminarias tienen una disposición variable con una altura de 3,5 metros en la zona interior de la plaza, también consta con dos brazos dobles en la zona central de la plaza que tienen una altura de 5 metros.

Los requisitos que debe cumplir la plaza por tener una clasificación S1 son una Em. de 10 lx y una Emin. de 3 lx. Por ello se ha optado por la luminaria BDP100 con un flujo de 4000 lm y un difusor DM para las luminarias con altura 3,5 metros y para las luminarias con altura 5 metros se ha optado por la BDP530 con un flujo de 1900 lm con un difusor DM10.

Aunque estas luminarias cumplen con el requisito de Em. no cumplen con el requisito de Emin. pero esto es debido a la vegetación y a la falta de puntos de luz en la zona centro.



Ilustración 60: Plaza Joan Fuster Fuente: Instituto Geográfico Nacional

En el estudio solo se consideró el flujo para las luminarias mayoritarias pero el elegido ha sido superior al de estudio.

Denominación	$\Phi$ lmpara estudio (lm)	$\Phi$ lmpara seleccionada (lm)
Plaza Joan Fuster	765	4.000

Tabla 31: Flujo luminoso Plaza Joan Fuster

## 3 Memoria de cálculos

### 3.1 Cálculo luminotécnico

Los cálculos luminotécnicos para el estudio conforme a lo establecido en el punto “2.7.4. *Flujo lumínico preliminar*” en la “*Tabla 5: Flujo luminoso*” se han llevado a cabo con el programa informático Dialux 4.13. Gracias a este programa se puede diseñar, comprobar y verificar que los niveles de iluminación establecidos son correctos y cumplen con el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*.

Se deben seguir unas pautas dentro del programa para poder dimensionar correctamente los diferentes tipos de vías.

En primer lugar, se debe plantear una calle con longitud infinita, donde se debe plantear su organización, es decir, si tiene calza, camino peatonal, aparcamiento, carril para bicicletas, línea verde o vía de escape. Una vez establecida la organización se debe asignar el ancho a cada uno de los elementos que componen la calle. Estos datos estaban disponibles, proporcionados por el Ayuntamiento de Villajoyosa.

Una vez se tiene completo el primer paso, se ha de asignar un factor de mantenimiento y al cual se le ha proporcionado un valor de 0,85, como un valor medio.

El segundo paso es seleccionar las luminarias. Se ha optado por Philips ya que en el pliego de condiciones con el ayuntamiento es el proveedor asignado para la compra de todas las luminarias del municipio. Para poder elegir la luminaria es necesario conocer las condiciones de la vía y tener en cuenta el alcance y la dispersión necesarias para cumplir con los requisitos técnicos.

Una vez seleccionada la luminaria se debe asignar una altura y la separación entre ellas. Como se trata de una modernización y dado que el Ayuntamiento no es partidario de modificar los puntos de luz no se han modificado la separación existente entre los puntos de luz ni la altura de las luminarias.

Cuando se han completado los pasos anteriores el programa realiza los cálculos luminotécnicos. Así se puede comprobar si los niveles de iluminación son correctos, destacar que puedes seleccionar la clase de alumbrado a la que pertenece la vía para así establecer si cumple con los mínimos exigidos.

#### 3.1.1 Factor de utilización y factor de mantenimiento

Tanto el factor de utilización como el factor de mantenimiento se han supuesto para los cálculos de la “*Tabla 5: Flujo luminoso*” por lo que ahora se debe comprobar si se han seleccionado correctamente. Para poder comprobarlo se utilizará el flujo que establece la lámpara seleccionada para cada una de las vías que se han estudiado.

Mediante la fórmula del flujo luminoso, Fórmula 3, se despeja el factor de utilización  $F_u$ . De tal forma que queda la siguiente ecuación.

$$F_U = \frac{E_m \cdot S}{F_M \cdot \Phi} \quad (lm) \quad (3)$$

Fórmula 3: Factor de utilización

A continuación, se muestran los resultados para cada una de las vías.

Denominación	Φlámpara (lm)	(S·Em) (m2·lx)	Fu
Avenida de Altea	6.000	1.950	0,4
Avda. de altea (Parque)	1.000	863	1
Avda. Marina Baixa	3.500	3.060	1
Calle Joan Fuster	5.200	1.755	0,4
Calle Puentes del Moro principal	4.500	1.470	0,4
Calle Puentes del Moro Peatonal	2.500	420	0,2
Plaza Joan Fuster	2.500	325	0,2
Parque Joan Fuster	2.000	150	0,1
Partida Torres Norte Sec. 1/2	18.000	5.940	0,4
Partida Torres Norte Sec. 2/2	9.000	6.600	0,9
Rotonda Colón	11.000	5.400	0,6
Calle Confrides	12.000	6.930	0,7
Calle Aigues	7.000	5.280	0,9
Calle Ferrocarril 1	12.000	7.920	0,8
Calle Ferrocarril 2	8.600	6.270	0,9
Calle Joan Beneyto	12.000	6.930	0,7
Parque Aigues	7.000	720	0,1
Calle Busot	11.000	9.135	1
Rotonda Busot	10.000	6.090	0,7
C/ Baladre	7.000	2.700	0,5
C/ Tellerola	12.000	5.400	0,5
C/Tellerola peatonal	7.000	2.400	0,4

Tabla 32: Factor de utilización por vías

Una vez calculados los factores de utilización se puede observar que la mayoría de los casos es superior al 0,5 establecido, sin contar los Parques y Plazas donde el factor de utilización es inferior al 0,5 establecido. Destacar el caso del Parque Aigues dónde el  $F_u$  es bastante inferior al supuesto ya que se ha utilizado una lámpara con un flujo superior al estudiado. Esto es debido a que no dispone de una distribución equilibrada de los puntos de luz.

En los casos en los que el  $F_u$  es la unidad son los casos en dónde se ha observado que con una luminaria con un flujo menor se cumplían las condiciones requeridas.

Otro de los parámetros que se han supuesto para el cálculo es el factor de mantenimiento. El factor de mantenimiento se define como la relación entre el valor de la iluminancia media obtenida transcurrido un periodo de tiempo ( $E_{servicio}$ ) y la iluminancia de la instalación inicial ( $E_i$ ). Interesa que este factor sea lo más cercano a la unidad así la frecuencia de mantenimiento será menor. Dado que se ha supuesto un 0,85 se comprobará mediante el factor de ensuciamiento y el factor de depreciación si es correcto este valor.

El factor de mantenimiento también se puede definir como el factor de ensuciamiento por el factor de depreciación como se muestra a continuación:

$$F_M = F_E \cdot F_D \quad (3)$$

*Fórmula 4: Factor de mantenimiento*

Para poder determinar el factor de ensuciamiento es necesario conocer el grado de IP de la luminaria. El grado de IP es la protección que presenta la carcasa exterior de la luminaria frente a posibles agentes sólidos y líquidos. Una vez conocido el valor de IP de la luminaria se debe recurrir a la Tabla 3 del ITC-EA-06 del *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior* de donde se podrá obtener el Factor de ensuciamiento.

Todas las luminarias utilizadas tienen un IP 66, intervalo de limpieza 2 años y grado de contaminación baja. Con estos datos se concluye que el factor de ensuciamiento es de 0,91, obtenido de las tablas del ITC-EA-06 Tabla 3 (véase en el Anejo 1).

Para determinar el factor de envejecimiento ( $F_d$ ) se tienen que conocer las horas de vida útil de las luminarias, en este caso todas tienen alrededor de unas 100.000 horas de vida útil.

El pliego con el Ayuntamiento establece que las luminarias han de estar provistas para iluminar 4200 horas al año, pero el Reglamento de Eficiencia Energética para Instalaciones de Alumbrado Exterior indica 4400 horas al año. Por lo que la vida útil de las luminarias será de 23 años lo que hace que el factor de depreciación sea de 0,96, dato obtenido de las fichas técnicas de las luminarias seleccionadas.

Con ambos datos se puede obtener el factor de mantenimiento:

$$F_M = F_E \cdot F_D = 0.91 * 0.96 = 0.87$$

Lo que proporciona un factor de mantenimiento algo superior al estimado para el estudio de 0,85 pero al ser tan pequeña la diferencia se considera un valor óptimo el estudiado.

### 3.1.2 Ahorro energético y ahorro económico gracias a la modernización

Gracias a la modernización de las luminarias se puede hablar del ahorro energético por cada uno de los centros de mando estudiados, lo que supondrá una disminución en el consumo de energía y una posible modificación en la potencia contratada por centro de mando.

A continuación, se muestra el ahorro en cada uno de los centros de mando gracias a las mejoras.

- CM 18

En este centro de mando el ahorro energético asciende a 18.050 kWh en un año. En cuanto a la potencia se podrá disminuir 4,3 kW.

Consumo Actual Anual (kWh)	Consumo futuro anual (kWh)	Ahorro energía (kWh)	Potencia Actual (kW)	Potencia futura (kW)	Ahorro de potencia (kW)
26.040,00	7.989,24	18.050,76	6,20	1,90	4,3

Tabla 33: Ahorro energético CM 18

- CM 25

En el caso del centro de mando 25 situado en el polígono Torres el ahorro sería de 4.040 kWh y se podría reducir la potencia hasta 3,16 kW.

Consumo Actual Anual (kWh)	Consumo futuro anual (kWh)	Ahorro energía (kWh)	Potencia Actual (kW)	Potencia futura (kW)	Ahorro de potencia (kW)
17.312,40	13.272,00	4.040,40	4,12	3,16	0,96 kW

Tabla 34: Ahorro energético CM 25

- CM 27

En el caso del centro de mando 27 que actualmente únicamente coge las luminarias de la rotonda colón el ahorro sería de 3.486 kWh y se podría reducir la potencia hasta 0.8 kW.

Consumo Actual Anual (kWh)	Consumo futuro anual (kWh)	Ahorro energía (kWh)	Potencia Actual (kW)	Potencia futura (kW)	Ahorro de potencia (kW)
6.846,00	3.360,00	3.486,00	1,63	0,80	0,83

Tabla 35: Ahorro energético CM 27

- CM 57

Para el caso del Centro de mando 57 es ahorro ascendería a 8.713 kWh en todo el año. Además de poder reducir la potencia en 1,95 kW.

Consumo Actual Anual (kWh)	Consumo futuro anual (kWh)	Ahorro energía (kWh)	Potencia Actual (kW)	Potencia futura (kW)	Ahorro de potencia (kW)
25.788,00	17.614,80	8.173,20	6,14	4,19	1,95

Tabla 36: Ahorro energético CM 57

- CM 97

Por último, en el último centro de mando estudiado el ahorro sería de 6.522 kWh.

Consumo Actual Anual (kWh)	Consumo futuro anual (kWh)	Ahorro energía (kWh)	Potencia Actual (kW)	Potencia futura (kW)	Ahorro de potencia (kW)
11.659,20	5.136,60	6.522,60	2,78	1,22	1,56

Tabla 37: Ahorro energético CM 97

Realizando todas las modernizaciones estudiadas el ahorro energético global sería de 40.273 kWh al año. Aparte del ahorro energético el ahorro económico y el retorno de la inversión es importante debido a que quedan 10 años de contrato. Se ha calculado la rentabilidad del cambio en cada una de las calles estudiadas, 15 de las propuestas estudiadas serían rentables y 7 de ellas no, como se puede observar a continuación.

Denominación	Coste con renovación [€]	Coste Sin renovación [€]	Rentabilidad
Avenida de Altea	3.369,54 €	4.404,91 €	Si
Avenida de Altea Parque	1.371,37 €	2.517,09 €	Si
Avda. Marina Baixa	2.161,26 €	2.873,96 €	Si
Calle Joan Fuster	1.017,80 €	2.020,49 €	Si
Calle Puentes del Moro 1 A	558,71 €	1.573,18 €	Si
Calle Puentes del Moro 1/2	865,28 €	943,91 €	Si
Plaza Joan Fuster	4.171,99 €	6.607,36 €	Si
Parque Joan Fuster	5.480,10 €	5.978,09 €	Si
Partida Torres Norte Sec. 1/2	10.699,70 €	13.329,29 €	Si
Partida Torres Norte Sec. 2/2	5.387,41 €	5.637,76 €	Si
Rotonda Colón	3.829,93 €	8.002,24 €	Si
Parque Aigues	5.626,50 €	5.091,24 €	No
Rotonda Busot	1.908,01 €	345,66 €	No
Calle Cofrides	4.069,75 €	2.562,62 €	No
Calle Aigues	3.711,46 €	5.125,24 €	Si
Calle Ferrocarril 1	5.588,66 €	3.587,67 €	No
Calle Ferrocarril 2	2.748,02 €	3.587,67 €	Si
Calle Joan Beneyto	3.255,80 €	2.050,10 €	No
Calle Busot	5.680,53 €	5.637,76 €	No
Calle Baladre	1.914,35 €	1.952,83 €	Si
Calle Tellerolo	4.331,22 €	3.363,14 €	No
Calle Tellerola peatonal	4.011,13 €	8.530,23 €	Si

Tabla 38: Rentabilidad de las vías

En el caso de la columna coste con renovación se ha tenido en cuenta el coste del material de las nuevas luminarias LED (véase en el Presupuesto), el coste de sustitución de la luminaria con un precio de 16,40 €/ud. y el coste anual de energía con un precio de 0,1 €/kWh y un coste anual de potencia de 100 €/kW.

Para la columna coste sin renovación se ha tenido en cuenta como coste de material es coste de la lámpara con un precio de 13,61 €/ud., un coste de sustitución de las lámparas de 8 € y al igual que en el anterior un precio de energía anual de 0,1 €/kWh y un coste anual de potencia de 100 €/kW.

Estas 7 vías que no son rentables se descartan por no ser rentables económicamente para la empresa. Una opción para su reposición sería realizar una propuesta al Ayuntamiento para llegar a un acuerdo en la reposición y que fuera rentable para ambas partes.

Para las 15 vías que si son rentables cambiar se ha calculado el periodo de retorno de la inversión, para comprobar en qué momento del contrato se recuperaría.

En cuanto al ahorro económico en la facturación gracias a la modernización, contemplando tanto el ahorro en el término de energía y en el término de potencia, supondría un ahorro de 4.472 €, sin ningún impuesto aplicado, solo modernizando las instalaciones que son económicamente rentables.

A parte del ahorro por energía y potencia también se contempla el ahorro por renovación. Las luminarias LED tiene una vida útil de 25 años aproximadamente, en cambio las luminarias HHMM deben cambiarse cada 4 años, este coste de ahorro es lo que se denomina ahorro por renovación, ya que con las nuevas luminarias LED no se hará inversión en la reposición de las lámparas. La columna ahorro económico en facturación es el ahorro calculado en la facturación y se ha supuesto una variación de la energía de 1,5% (IPC).

Año	Inversión (€)	Ahorro renovación (€)	Ahorro económico en facturación (€)	CASH FLOW (€)	Acumulado de Cash Flow €
1	- 56.475 €	-	4.472 €	- 52.003 €	52.003 €
2			4.539 €	4.539 €	47.464 €
3			4.607 €	4.607 €	42.857 €
4			4.676 €	4.676 €	38.180 €
5		3.255 €	8.001 €	8.001 €	30.179 €
6			4.818 €	4.818 €	25.361 €
7			4.890 €	4.890 €	20.472 €
8			4.963 €	4.963 €	15.508 €
9			5.038 €	5.038 €	10.471 €
10		3.255 €	8.368 €	8.368 €	2.102 €
11			5.190 €	5.190 €	3.088 €

Tabla 39: Cálculo tiempo de retorno

Con una inversión inicial de 56.475 €, un periodo de recuperación de la inversión de 10,39 años, para calcular el periodo de recuperación se ha tenido en cuenta el promedio del ahorro económico dado que va variando según el ICP supuesto.

También se ha calculado el parámetro TIR (Tasa Interna de Retorno), que indica la rentabilidad del proyecto, en este caso el valor del TIR es de un 8% y para un contrato en el que quedan 10 años se considera una rentabilidad buena, para recuperar la inversión en el último año. El TIR se ha calculado igualando a 0 la fórmula del VAN, como se muestra a continuación:

$$0 = -I + \frac{FNT1}{(1+r)} + \frac{FNT2}{(1+r)^2} + \frac{FNT3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{FNT10}{(1+r)^{10}}$$

Donde :

- FNTi: es el flujo neto de cada año, es decir, el ahorro de ese año menos la inversión de ese año
- r: es la inversa del TIR= 1/r

Además del ahorro energético y el ahorro económico se tiene el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>. El ahorro energético se puede traducir en un ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que los datos de conversión para el año 2020 aún no han sido publicados se ha tomado el valor de conversión del año 2019 referente a la comercializadora. El factor de conversión para la comercializadora actual del municipio es de 0,3 kgCO<sub>2</sub>/kwh. Con un ahorro energético anual de 40.273 kWh/añal el ahorro de CO<sub>2</sub> se eleva hasta las 12 tCO<sub>2</sub> de al año gracias al cambio de las luminarias en el municipio.

El factor de conversión se ha obtenido de fuentes oficiales del Ministerio para la Transición Ecológica y El Reto Demográfico. ([https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores\\_emision\\_tcm30-479095.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf))

## 3.2 Proyecto Instalación eléctrica

### 3.2.1 Potencia total instalada por centro de mando

El cálculo de la potencia total del centro de mando es la suma de potencia de cada una de las secciones que lo componen. En la siguiente tabla, donde se recoge el modelo de luminaria seleccionado para cada calle con su potencia, así como el número total de luminarias. Las calles en las que no era rentable el cambio de las luminarias se han dejado como en su estado actual para así considerar esa potencia.

Denominación	Modelo de luminaria	Nº de luminarias	Potencia luminaria (W)	Potencia total (kW)
Avenida de Altea Parque	BRP775	8	7	0,06
Avenida de Altea	BGP282	14	38	0,53
Avda. Marina Baixa	BGP281	8	27,5	0,22
Calle Joan Fuster	BGP281	4	32,5	0,13
Calle Puentes del Moro 1 A	BGP282	3	36	0,11
Calle Puentes del Moro 1/2	BDP100	3	17,4	0,05
Parque Joan Fuster zona 1	BDP100	18	11,6	0,21
Parque Joan Fuster zona 2	BDP100	4	17,4	0,07
Plaza Joan Fuster	BSP530	17	12,4	0,21
Plaza Joan Fuster	BDP100	4	28	0,11
Partida Torres Norte Sec. 1/2	BGP283	18	134	2,41
Partida Torres Norte Sec. 2/2	BGP282	11	68	0,75
Rotonda Colon	BGP283	10	80	0,80
Calle Cofrides	ONIX	5	54	0,27
Calle Aigues	BGP282	10	54	0,54
Calle Ferrocarril 1	ONIX	7	108	0,76
Calle Ferrocarril 2	BGP502	7	64	0,45
Calle Joan Beneyto	ONIX	4	108	0,43
Parque Aigues	ATP ESFERA	16	56	0,90
Calle Busot	ONIX	11	108	1,19
Rotonda Busot	ONIX	6	108	0,65

Denominación	Modelo de luminaria	Nº de luminarias	Potencia luminaria (W)	Potencia total (kW)
Calle Baladre	BGP282	5	55	0,28
Calle Tellerolo	Saturno	6	108	0,65
Calle Tellerola peatonal	BDP100	11	48	0,53
			<b>TOTAL</b>	<b>12,29</b>

Tabla 40: Selección de luminarias y su potencia

### 3.2.2 Centros de mando y características

Como los centros de mando son existentes y no se permite su modificación sin causa justificada no se pueden modificar ni acoplar nuevas líneas sin autorización del Ayuntamiento. Por ello la potencia para cada centro de mando con las nuevas luminarias serían las siguientes:

CM	Potencia total luminarias (kW)	Potencia a contratar (kW)	Tarifa	¿Es necesario una inspección por OCA?
18	1,70	2,04	2.0DHA	No
25	3,16	3,79	2.0DHA	No
27	0,80	0,96	2.0DHA	No
57	5,18	6,21	2.0DHA	Si
97	1,45	1,74	2.0DHA	No

Tabla 41: Potencia por Centro de Mando

Para cada uno de estos centros de mando se tiene un contrato de suministro de baja tensión, los que dispongan de una potencia superior a 5 kW deben pasar una inspección cada cinco años por un Organismo de Control Autorizado (OCA). Se ha indicado en la tercera columna potencia a contratar para evitar excesos de potencia por conexión de algún alumbrado festivo o enganches del ayuntamiento.

En el caso de los centros de mando con una potencia superior a los 5 kW es obligatorio tener un sistema de regulación. Estos sistemas permiten regular a ciertas horas de la noche lo que supone un ahorro energético. En el caso del municipio de Villajoyosa todos los centros de mando independientemente de su potencia tienen sistema de regulación. Como se puede ver en la ilustración 61, las luminarias estarán al 100% de su capacidad x horas al día y cuando se produzca la regulación bajarán al 50%. Esto permite un gran ahorro energético por cada uno de los centros de mando.



Ilustración 61: Ahorro energético debido a los escalones de regulación. Fuente: [www.schreder.com](http://www.schreder.com)

En el caso de los centros de mando 18, 27 y 97 la programación de regulación es fija, mientras que en los centros de mando 25 y 57 la programación es mediante hilo de mando. Dependiendo del tipo de regulación se tienen unas horas equivalentes u otras. En el caso de la regulación fija se tiene 2801 horas equivalentes, es decir, 2801 horas en las que la instalación está regulada. En cambio, en el caso de regulación con hilo de mando las horas equivalentes son algo superiores de 2892 horas.

Hay una diferencia dado que en la regulación fija siempre regula a las 00:00 de la noche, es decir, no se tiene discriminación entre horario de verano e invierno. Sin embargo, en la regulación por hilo de mando si se tiene un horario de regulación diferente para verano e invierno. Todas estas características de los centros de mando se han tenido en cuenta en el cálculo del ahorro energético.

### 3.2.3 Puesta a tierra

Uno de los sistemas más importantes para la seguridad es el sistema de puesta a tierra. El sistema utilizado en el municipio de Villajoyosa es la red de picas verticales, dado que es la más sencilla pero igual de eficiente que el resto.

Se pondrán picas de tierra cada máximo cinco luminarias, así como una al principio de la línea y otra al final de la misma. La longitud de las picas será de 2 m y situadas en paralelo unidas por cable de cobre. Además, el centro de mando dispone de su propia pica de tierra.

### 3.2.4 Protecciones

En general cada centro de mando dispone de tres circuitos de alumbrado, de cada uno de los circuitos cogerá una línea de luminarias donde se distribuirán las cargas R-S-T de manera equivalente.

Es de gran importancia proteger estas líneas de alumbrado por lo que deben tener elementos de protección en el inicio de la línea. Por ello se tiene un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial en cada una de las líneas. Además, para proteger los elementos electrónicos que se tienen

en el cuadro se dispone de equipos contra sobretensiones que permiten eliminar cualquier sobretensión que pueda dañar el analizador de redes o el equipo de telegestión, ya que se tratan de equipos electrónicos y son muy sensibles a los cambios de tensión

Una vez definidos todos los parámetros de protección, estos deben cumplir con los siguientes criterios establecidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, dado que se utilizará la instalación existente se recalcularán las diferentes líneas y protecciones para verificar que los dispositivos instalados son válidos.

#### 3.2.4.1 Protección diferencial

La protección diferencial en el caso de un esquema TT (neutro puesto a tierra) es para la protección de las personas contra contactos indirectos. Se denomina contacto indirecto al contacto de una persona de manera accidental con los conductores en tensión de la instalación. Esto se puede producir por un defecto de aislamiento en la instalación y puede ser peligroso si la tensión de defecto supera el límite de la tensión de seguridad. Para evitar este tipo de accidentes los conductores están aislados y conectados a tierra. Por ello se utilizan elementos diferenciales.

#### 3.2.4.2 Protección contra Cortocircuitos y Sobrecargas

##### 1. Protecciones:

- **Cortocircuitos:** para proteger la línea frente a cortocircuitos la intensidad máxima de cortocircuito debe ser inferior al poder de corte de la protección. Esta protección debe saltar antes de que el calentamiento térmico dañe los materiales por temperatura elevada.

$$I_C \geq I_{CC,m\acute{a}x}$$

- **Sobrecargas:** en la protección contra sobrecargas intervienen tres factores, la intensidad nominal de la protección ( $I_N$ ), la intensidad que circula por el cable ( $I_B$ ) y la intensidad admisible por el cable ( $I_Z$ ). Donde la intensidad nominal debe estar entre la intensidad que circula por el cable y la máxima admisible por este.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Además, se debe cumplir que la intensidad de disparo ( $I_t$ ) de la protección no sea 1,45 veces superior a la máxima admisible.

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

#### 3.2.4.3 Protección contra sobretensiones

La naturaleza de las instalaciones de alumbrado público la hace muy sensibles a las sobretensiones tanto por una conmutación en la red como por la caída de un rayo. Este tipo de incidencias pueden provocar una gran cantidad de bajas en la instalación por eso son necesarios los equipos contra sobretensiones. Normalmente son picos de tensión de corta duración pero que si tienen una tensión

muy elevada pueden ser dañinos para los equipos. Hay dos tipos de sobretensiones permanentes y transitorias. Todas las luminarias disponen de un equipo de sobretensiones para evitar que se dañen o quemen.

#### 3.2.4.4 *Sección de los conductores*

- La caída de tensión máxima en la línea tiene como valor máximo un 3%, es un valor indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, pero las luminarias tienen un rango más amplio de funcionamiento.
- La intensidad que circula por la línea debe ser siempre inferior a la intensidad máxima admisible por el cable (Iz).

### 3.3 Proyecto de obra civil

El proyecto de obra civil que se realizará con la ejecución de este estudio es la instalación de 2 puntos de luz nuevos en el Parque Joan Fuster. Por lo que la obra civil a llevar a cabo es excavación de la zanja sobre jardín y parte de calzada.

La zanja tipo de alumbrado es de 50 cm de profundidad y 35 cm de ancho. Según el ITC-BT- 09 los conductores de deben alojar a una profundidad mínima de 0,4 metros. Se irá de luminaria a luminaria mediante un tubo de 50 mm y con cable de sección 6 mm<sup>2</sup>. Una vez la zanja esté realizada se rellenará con hormigón y posteriormente se recubrirá con tierra en la zona ajardinada y con pavimento en la zona peatonal.

## 4 Resultados

### 4.1 Resultados instalación luminotécnica

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos en el programa de cálculo y se verificará que cumplen con los valores lumínicos establecidos. Se va a dividir, al igual que anteriormente, por Centros de Mando.

#### 4.1.1 Resultados lumínicos CM 18

En el CM8 estaban comprendidas Avenida de Altea, Avenida Altea Parque, Avenida Marina Baixa, Calle Joan Fuster, Calle Puentes de Moro principal y Puentes del Moro peatonal.

- Avenida de Altea

	Acera		Calzada	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$U_O$
Resultado	14,72	9,72	20,73	0,81
Requerido	$10 \geq$	$3 \geq$	$20 \geq$	$0,4 \geq$

Tabla 42: Resultados lumínicos Avenida de Altea

- Avenida de Altea Parque

	Camino peatonal	
	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	23,93	19,56
Requerido	$15 \geq$	$5 \geq$

Tabla 43: Resultados lumínicos Avenida de Altea parque

- Avenida Marina Baixa

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$U_O$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	11,89	8,68	21,3	0,86	11,89	8,68
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$20 \geq$	$0,4 \geq$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 44: Resultados lumínicos Avenida Marina Baixa

- Calle Joan Fuster

	Acera		Calzada	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	14,65	12,06	15,75	14,21
Requerido	$10 \geq$	$3 \geq$	$15 \geq$	$5 \geq$

Tabla 45: Resultados lumínicos Calle Joan Fuster

- Calle Puentes del Moro Principal

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	13,60	10,50	15,86	12,87	13,60	10,50
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 46: Resultados lumínicos Calle Puentes del Moro Principal

- Calle Puentes del Moro peatonal

	Camino peatonal	
	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	11,2	5,33
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 47: Resultados lumínicos Calle Puentes del Moro peatonal

#### 4.1.2 Resultados lumínicos CM 25

El centro de mando 25 lo compone la Calle Partida Torres.

- Partida Torres Sec. Norte 1/2

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$U_O$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	15,23	12,44	21,3	0,86	17,90	9,92
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$20 \geq$	$0,4 \geq$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 48: Resultados lumínicos Partida Torres Sec. Norte 1/2

- Partida Torres 2/2

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$U_O$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	14,55	12,59	20,26	0,55	21,78	13,34
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$20 \geq$	$0,4 \geq$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 49: Resultados lumínicos Partida Torres Sec. Norte 2/2

#### 4.1.3 Resultados lumínicos CM 57

Las calles incluidas en el CM 57 son Calle Confrides, Calle Aigues, Calle Ferrocarril 1 y Calle Ferrocarril 2, Calle Joan Beneyto y Calle Busot.

- Calle Confrides

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	18,57	6,07	16,38	7,64	18,57	6,07
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 50: Resultados lumínicos Calle Confrides

- Calle Aigues

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	10,44	3,92	18,81	7,60	10,44	3,92
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 51: Resultados lumínicos Calle Aigues

- Calle Ferrocarril 1

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	15,96	4,51	15,81	7,01	15,84	4,52
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 52: Resultados lumínicos Calle Ferrocarril 1

- Calle Ferrocarril 2

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	14,83	5,85	15,78	7,74	14,92	5,86
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 53:Resultados lumínicos Calle Ferrocarril 2

- Calle Joan Beneyto

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	13,40	4,12	18,09	7,28	14,54	4,69
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 54:Resultados lumínicos Calle Joan Beneyto

- Calle Busot

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	15,35	4,39	15,09	6,67	17,63	5,24
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 55:Resultados lumínicos Calle Busot

#### 4.1.4 Resultados lumínicos CM 97

- Calle Balandre

	Acera		Calzada		Acera	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	12,61	7,45	12,55	7,37	15,72	9,09
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 56:Resultados lumínicos Calle Balandre

• Calle Tellerola

	Acera		Calzada		Camino peatonal	
	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$	$E_M$	$E_{MIN}$
Resultado	14,27	7,65	16,55	9,46	14,81	7,25
Requerido	$\geq 10$	$\geq 3$	$\geq 15$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 3$

Tabla 57: Calle Tellerola

Antes de empezar con las zonas que han tenido un estudio diferente como son las rotondas y los parques se mostrará las especificaciones que nos facilita el programa de dos calles concretas. Una de las calles será la Calle Tellerola por su peculiaridad en una acera de gran tamaño y la Calle Aigues que puede ser una calle típica en el municipio. En el anejo 2 se pueden encontrar los cálculos completos proporcionados por el programa Dialux para estas calles.

El programa es capaz de mostrar imágenes donde se proporciona el valor de la iluminancia para cada una de las zonas, como se puede ver a continuación en la ilustración 62. En ella se muestran los valores para la acera de 8 metros de la Calle Tellerola.

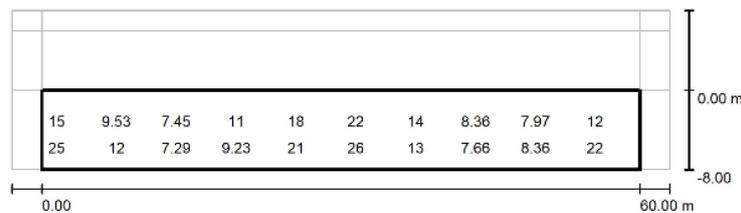


Ilustración 62: Valores en luxes para C/Tellerola

Además, el programa también muestra una tabla donde recoge los parámetros importantes para el cálculo como son la iluminación media requerida ( $E_m$ ), la iluminación mínima y máxima y también la uniformidad, que es el resultado de dividir la  $E_{min}/E_m$ .

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
15	7.25	39	0.489	0.186

Ilustración 63: Resultado lumínico C/Tellerola

La ilustración 64 muestra todos los parámetros mencionados y se puede comprobar así que cumplen con los requisitos exigidos. La acera peatonal debe tener un mínimo de 10 lux por lo que cumple correctamente ya que se tienen 13 lux. Además, la uniformidad marcada por la normativa es de 0,3 por lo que se cumple sobradamente con los 0,48 obtenidos.

Para ver los resultados en una calzada se tomará de ejemplo la Calle Aigues, donde los requisitos eran de 15 lux y 0,3 de uniformidad.

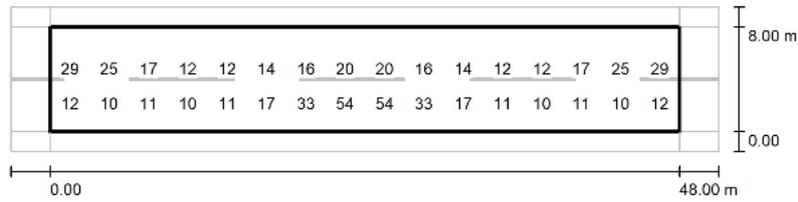


Ilustración 64:Valores luxes para C/Aigues

A parte de obtener estos gráficos, se puede obtener un resultado de colores falsos que hace muy intuitivo ver si cumplen a priori o no. Dónde el usuario puede asignar el valor máximo y mínimo a cada color. En este caso el 0 lux sería el color negro que no aparece y el color morado serían 15 lux.

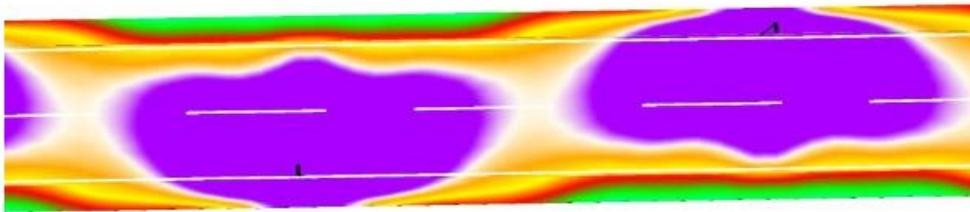


Ilustración 65: Colores falsos C/Aigues Fuente: Dialux

Para esta calle el resultado de iluminación media requerida para la calzada ha sido de 23 lx con una uniformidad de 0,43.

#### 4.1.5 Zona rotondas

La primera rotonda estudiada ha sido la rotonda de Colón, perteneciente al centro de mando 27, con 10 puntos de luz a una altura de 10 metros el resultado ha sido el siguiente.

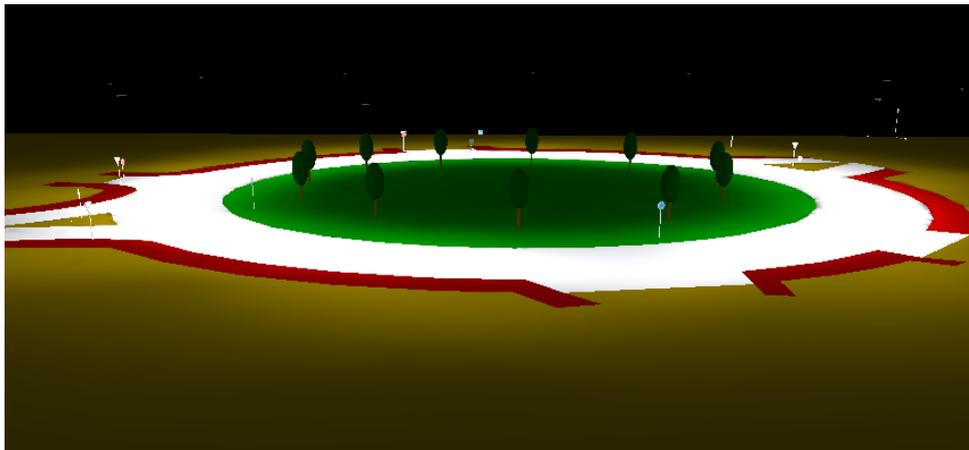


Ilustración 66: Rotonda Colón iluminada Fuente: Dialux

Los resultados obtenidos para la rotonda son de 23 lux la iluminación media y de 0,37 la uniformidad por lo que cumple con los requisitos exigidos.

Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Vial rotonda	perpendicular	128 x 128	23	8.67	42	0.379	0.209

Ilustración 67: Resultados luminotécnicos Rotonda Colón

Para la segunda rotonda estudiada Rotonda Bussot los requisitos son una iluminación media superior a 22,5 lux y una uniformidad superior a 0,3.

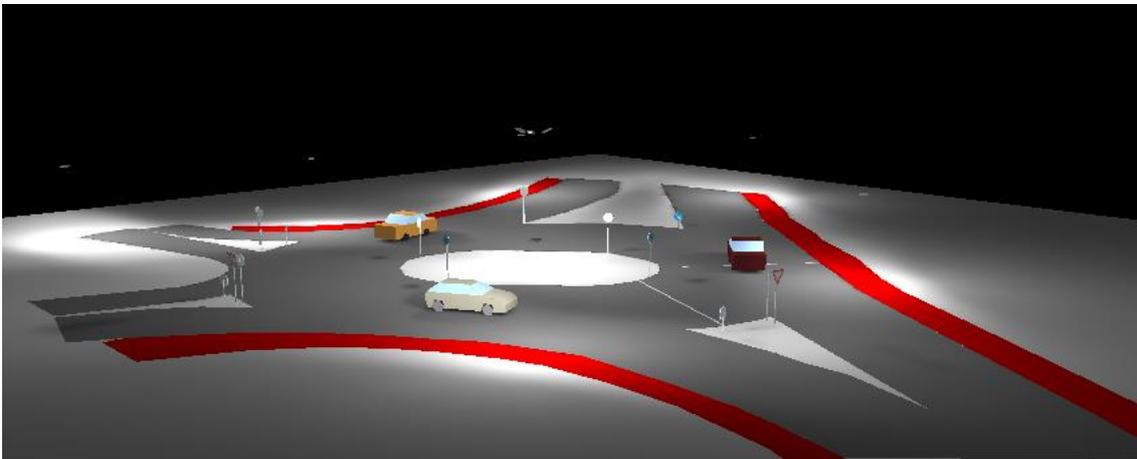


Ilustración 68: Rotonda Bussot Fuente: Dialux

Los resultados para la rotonda Bussot han sido:

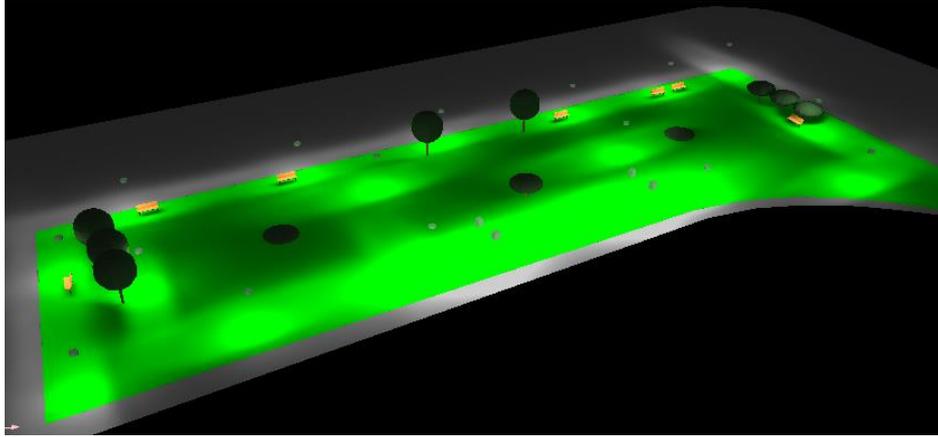
Nº	Designación	Tipo	Trama	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
1	Superficie de cálculo 1	perpendicular	128 x 128	26	0.09	88	0.003	0.001

Ilustración 69: Resultados luminotécnicos Rotonda Busot

Observamos que la iluminación media cumple sin problema pero que la mínima es muy baja y eso resulta en una uniformidad mala. Esto se debe a que se trata de un vial muy ancho con las luminarias muy separadas entre sí. Una de las propuestas para la mejora de la uniformidad sería incluir algún punto de luz en los sitios dónde la iluminación mínima es realmente baja.

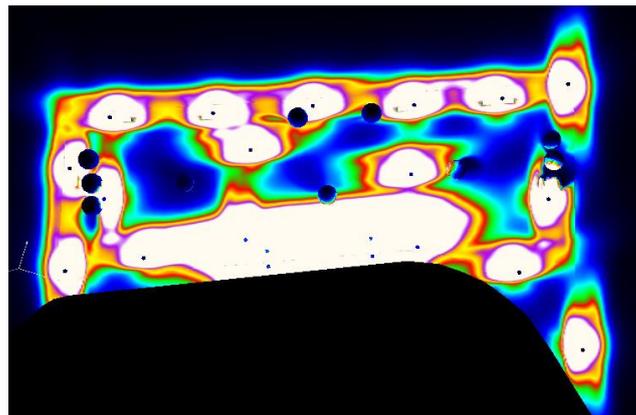
#### 4.1.6 Zona parques y plaza

La primera zona mostrada será la Plaza Joan Fuster, está plaza cuenta con árboles dispersos. Los puntos de luz se encuentran bordeando la plaza lo que supone que el centro de la plaza este poco iluminada.



*Ilustración 70: Plaza Joan Fuster Fuente: Dialux*

Para la superficie de cálculo se han obtenido 37 lx de iluminación media lo que está por encima de los 10 lx requeridos, pero solamente en puntos muy concretos del parque y la iluminancia mínima se encuentra en los 13 lx. Como se puede ver en la siguiente ilustración la zona céntrica queda muy poco iluminada. Al igual que en la zona derecha del parque los árboles hacen sombra provocando que la iluminación mínima caiga en picado.



*Ilustración 71: Colores falsos Plaza Joan Fuster Fuente: Dialux*

El segundo lugar se ha estudiado el Parque Joan Fuster situado a espaldas de la Calle Joan Fuster también tiene los requisitos lumínicos de 10 lx para iluminación media e iluminancia mínima de 3 lx.

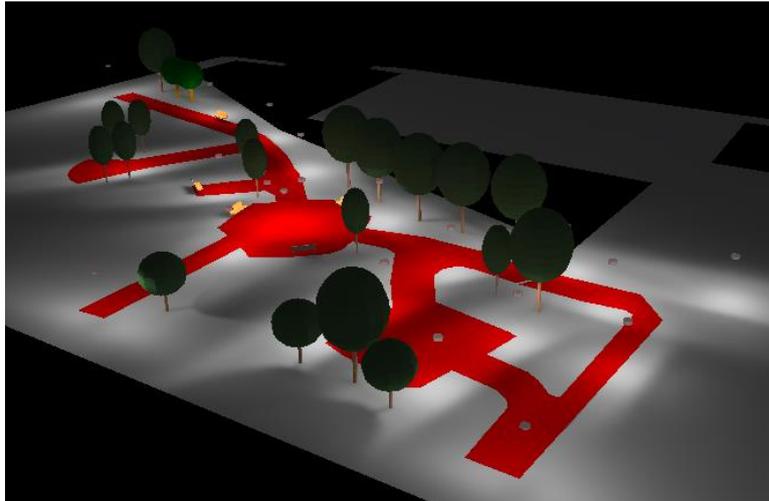


Ilustración 72: Parque Joan Fuster Fuente: Dialux

Los resultados son favorables en ambas zonas de cálculo cumpliendo con todos los requisitos mínimos exigidos con la normativa, como se puede ver a continuación.

**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	17	5.96	36	0.341	0.168
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 128	13	6.24	21	0.480	0.303

**Resumen de los resultados**

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	2	16	5.96	36	0.36	0.17

Ilustración 73: Resultados luminotécnicos Parque Joan Fuster Fuente: Dialux

Por último, se ha estudiado el Parque Aigues este parque tiene los mismos requisitos que los anteriores una iluminación media superior a 10 lux y una iluminancia mínima de 3 lx.

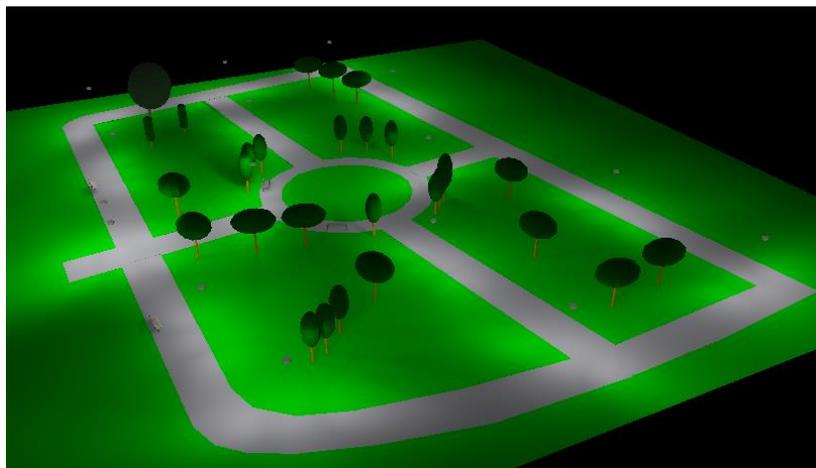


Ilustración 74: Parque Aigues Fuente: Dialux

Los puntos de luz están dispuestos variablemente por lo que parque lo que hace que las interdistancias varíen. Los resultados son los siguientes:

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	23	10	43	0.448	0.235
2	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 128	20	7.34	32	0.374	0.230
3	Superficie de cálculo 3	perpendicular	128 x 64	18	6.90	32	0.378	0.218

**Resumen de los resultados**

Tipo	Cantidad	Media [lx]	Min [lx]	Max [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
perpendicular	3	21	6.90	43	0.34	0.16

*Ilustración 75: Resultados lumínicos Parque Aigues*

Como se observa la iluminación media cumple con el requisito en todas las superficies de cálculo al igual que la iluminancia mínima.

Para estos tres casos se pueden proponer propuestas como poda de árboles de forma que no afecten a las luminarias, incluir más puntos de luz o balizamiento para iluminar las zonas con menor iluminación.

Una vez obtenidos todos los cálculos lumínicos se comprueba que las secciones no superen el 20% del valor requerido, ya que así lo indica el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Se comprueba que las vías que superan 20% son Avenida de Altea Parque, Calle Joan Beneyto y Calle Tellerola como se muestran a continuación. En Avenida de Altea Parque debido a lo que se comentó anteriormente de que recibe parte del flujo de las luminarias del vial, por lo que se decide regular las luminarias interiores un 70% para cumplir con los requisitos establecidos. En las Calle Joan Beneyto y Calle Tellerola se aplicará una regulación de las luminarias al 90% esto hará que se cumplan todos los requisitos y se ahorre energía ya que apostar por una luminaria saldría más caro. A continuación, se muestra la fórmula utilizada para la comprobación.

$$\text{Valor requerido} = (Emr1 \cdot A1 + Emr2 \cdot A2) / (A1 + A2)$$

Dónde:

- Emr1: es la iluminancia media requerida para la calzada
- Emr2: es la iluminancia media requerida para la acera
- A1: anchura de la calzada
- A2: anchura de la acera

$$\text{Valor obtenido} = (Emo1 \cdot A1 + Emo2 \cdot A2) / (A1 + A2)$$

Dónde:

- Emo1: es la iluminancia media obtenida en el cálculo para la calzada
- Emo2: es la iluminancia media obtenida en el cálculo para la acera
- A1: anchura de la calzada
- A2: anchura de la acera

Se muestran los resultados para las tres calles que no cumplen con los requisitos.

- Avenida de Altea Parque

Emr (lx)	18
Emr * 120% (lx)	21,6
Emo (lx)	23,93
A1 (m)	11,5

- Calle Joan Beneyto

Emr (lx)	13,79
Emr * 120% (lx)	16,55
Emo (lx)	17,12
A1 (m)	11
A2 (m)	1,5
A3 (m)	3

- Calle Tellerola

Emr (lx)	11,88
Emr * 120% (lx)	14,25
Emo (lx)	15,40
A1 (m)	6
A2 (m)	2
A3 (m)	8

En la tabla 58 se puede observar el rendimiento total de cada luminaria ( $\eta$ ). El rendimiento es el cociente entre el flujo luminoso de la luminaria y el flujo luminoso de la lámpara. Además, se puede observar la eficiencia energética de la lámpara que es el resultado entre el flujo luminoso de la lámpara y la potencia de la misma.

Denominación	$\Phi$ lampara (lm)	Potencia lampara (W)	$\epsilon$ lampara (lm/W)	$\Phi$ luminaria (lm)	$\eta$
Avda. D'altea (Parque)	1.000	7	142,9	870	0,87
Avenida de Altea	6.000	38	157,9	5.220	0,87
Avenida Marina Baixa	3.500	27,5	127,3	3.500	1
Calle Confrides	12.000	70	171,4	9.360	0,78
Calle Aigues	7.000	54	129,6	6.020	0,86
Calle Baladre	7.000	55	127,3	6.090	0,87
Calle Ferrocarril 1	12.000	70	171,4	9.360	0,78
Calle Ferrocarril 2	8.600	64	134,4	6.794	0,79
Calle Joan Beneyto	12.000	70	171,4	9.240	0,77
Calle Joan Fuster	5.200	32,5	160,0	4.524	0,87
Parque Aigues	7.000	48	145,8	4.690	0,67
Calle Puentes del Moro principal	4.500	36	125,0	3.915	0,87
Calle Puentes del Moro peatonal	2.500	17,4	143,7	1.975	0,79
Calle Tellerola	12.000	70	171,4	9.360	0,78
Calle Busot	11.000	80	137,5	8.580	0,78
Calle Tellerola peatonal	7.000	48	145,8	4.690	0,67
Parque Joan Fuster zona 1	1.500	11,6	129,3	1.140	0,76
Parque Joan Fuster zona 2	2.500	17,4	143,7	1.700	0,68
Plaza Joan Fuster	1.900	12,4	153,2	1.634	0,86
Plaza Joan Fuster	4.000	28	142,9	3.160	0,79
Rotonda Busot	10.000	73	137,0	8.800	0,88
Rotonda Colon	11.000	80	137,5	9.570	0,87
Partida Torres Norte Sec. 1/2	18.000	134	134,3	15.480	0,86
Partida Torres Norte Sec. 2/2	9.000	68	132,4	7.740	0,86

Tabla 58: Rendimiento de las luminarias

## 4.2 Comparación de resultados

En el año 2019 se realizó un estudio luminotécnico de forma manual de todo el municipio de La Vila Joiosa, por lo que se tienen mediciones reales de las calles con la implantación actual. Se realizará un comparativo entre lo medido en el año 2019 y lo estudiado en este Trabajo Final de Grado, la columna Estudio lumínico 2019 proporciona las medidas realizadas de forma manual en el municipio y Estudio lumínico son los valores obtenidos en este trabajo.

Zona	Estudio lumínico 2019 (mediciones realizadas)		Estudio lumínico (estudio realizado en este proyecto).		
	Em (lx)	Uniformidad	Em (lx)	Emin (lx)	Uniformidad
Avenida Altea viales	30,87	0,29	20,73	16,79	0,81
Avenida Altea parque	30,87	0,29	23,93	19,56	0,82
Avenida Marina Baixa	30,87	0,29	21,30	18,32	0,86
Calle Puentes del moro (principal)	15,60	0,48	15,86	12,87	0,81
Calle Puentes del moro (zona estrecha)	15,00	0,60	12,20	5,33	0,44
Plaza Joan Fuster	17,69	0,47	21,00	0,04	0,00
Parque Joan Fuster 2	17,69	0,47	17,00	3,01	0,18
Calle Joan Fuster	15,79	0,68	15,75	14,20	0,90
Calle Confrides	18,27	0,66	16,38	7,64	0,47
Calle Aigues	28,38	0,05	18,81	7,60	0,40
Calle Ferrocarril 1	33,09	0,05	15,81	7,01	0,44
Calle Ferrocarril 2	33,09	0,05	15,78	7,74	0,49
Calle Joan Benito	18,27	0,66	18,09	7,28	0,40
Calle Busot	18,27	0,66	15,09	6,67	0,44
Rotonda Busot	44,00	0,20	26,00	0,09	0,00
Partida Torres Sec Norte 1/1	27,71	0,44	21,30	18,32	0,86
Partida Torres Sec Norte 1/2	27,71	0,44	20,26	11,14	0,55
Rotonda Colon	19,34	0,25	23,00	8,67	0,38
Calle Balandre	15,06	0,46	12,55	7,37	0,59
Calle Tellerola	27,71	0,44	16,55	9,46	0,57
Parque Aigues	5,00	0,46	21,00	1,31	0,06

Tabla 59: Comparativo Resultados medidos y obtenidos en estudio

De este comparativo se puede destacar que a la hora de las mediciones reales en campo se pueden tener obstáculos, como vehículos o árboles que hacen la uniformidad no cumpla como es el caso de las Calle Ferrocarril. Cuando se realizó la medida había coches estacionados por lo que las sombras de estos hacen que la medida mínima sea nula.

También puede suceder lo contrario como en el caso de la Plaza y el Parque Joan Fuster, en los estudios realizados anteriormente la uniformidad no cumplía debido a la altura de los árboles que constan en registro, pero a la hora de realizar las mediciones puede salir un valor superior al estudiado.

### 4.3 Resultados de instalaciones eléctricas

Los resultados eléctricos de la instalación se realizan con el programa Cypelec, una vez se han realizado los cálculos preliminares. En este caso como los cuadros eléctricos son existentes y no se pueden realizar grandes modificaciones sin el consentimiento del Ayuntamiento se comprobará que los equipos y líneas existentes cumplen con lo establecido y con la nueva implantación de las luminarias.

Se incluye solo la comprobación de uno de los cinco cuadros estudiados, sin embargo, los esquemas unifilares perteneciente al resto de centros de mando se adjuntan en los planos X1, X2 y x3.

En este caso se calculará para el centro de mando 18, la potencia instalada actual es de 6,2 kW y se bajaría a una potencia de 2 kW. Este centro de mando dispone de tres circuitos de líneas trifásicas. Todas las líneas están protegidas por un automático y un diferencial que a su vez están protegidas por un automático general. Además, al final de fase se tiene un automático para poder desactivar solamente una fase si fuese necesario. Las líneas salientes del centro de mando van por tubo y son monofásicas.

A continuación, se muestra el tipo de línea para cada uno de los circuitos que componen el centro de mando.

Circuito	Descripción	Fase	Long. (m)	Línea	Sección (m <sup>2</sup> )	I <sub>B</sub> (A)	I <sub>Z</sub> (A)
	Línea general	3F+N	20,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	5(1x16)	3,29	80,08
1	FASE R	F+N	70,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,82	49,14
1	FASE T	F+N	70,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,82	49,14
1	FASE S	F+N	70,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,82	49,14
2	FASE R	F+N	130,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,74	49,14

Circuito	Descripción	Fase	Long. (m)	Línea	Sección (m <sup>2</sup> )	I <sub>B</sub> (A)	I <sub>Z</sub> (A)
2	FASE T	F+N	130,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,74	49,14
2	FASE S	F+N	130,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,74	49,14
3	FASE R	F+N	80,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,87	49,14
3	FASE T	F+N	80,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,87	49,14
3	FASE S	F+N	80,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x6)	0,87	49,14
	TOMA AC	3F+N	1,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	5(1x1.5)	0,72	18,20
	LUZ INTERIOR	F+N	1,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x1.5)	0,07	20,93
	Autoático-0-manual	F+N	1,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x1.5)	0,13	20,93
	Amplight	F+N	1,00	Cu 0,6/1 kV Polietileno reticulado (XLPE)	3(1x1.5)	0,22	20,93

Tabla 60: Componentes de la instalación eléctrica

A excepción de la línea general que resulta trifásica cada una de las salidas con monofásicas con un cable de cobre y aislamiento 0,6/1 kV. Saliendo hacia las luminarias con sección de 6 mm<sup>2</sup>.

También se debe comprobar lo establecido en el punto "3.2.3 Puesta a Tierra", es decir, que la intensidad que circula por el conductor I<sub>B</sub> debe ser menor a la intensidad máxima admisible por el cable I<sub>Z</sub>.

	Protecciones	I <sub>Z</sub> (A)	I <sub>t</sub> (A)	1,45·I <sub>Z</sub> (A)
línea general	IEC 60898 In: 16 A; Icu:15 kA; Curva: C.	80,08	25,6	116,12
Líneas derivadas	IEC 60898 In: 10 A; Icu:6 kA; Curva: C.	28,21	8,7	40,90

Tabla 61: Comprobación contra sobrecargas

Se comprueba en la tabla que cumple la condición de protección frente a sobrecargas. Se cumple

- Para la línea general:  $I_t = 25,6 \leq 116,12 = 1,45 \cdot I_Z$
- Para las líneas derivadas:  $I_t = 8,7 \leq 40,90 = 1,45 \cdot I_Z$

En la tabla siguiente se comprueban las condiciones de protección frente a cortocircuitos para ambas líneas. El poder de corte de la protección  $I_{CU}$  debe ser mayor a la intensidad de cortocircuito  $I_{CC,MÁX}$ .

	Protecciones	$I_{CU}$ (kA)	$I_{CS}$ (kA)	$I_{CC,MÁX}$ (A)	$I_{CC,MIN}$ (A)	$t_{cable, ccmáx-cc min}$ (s)	$t_p, ccmáx-tp, cc min$ (s)
Línea general	IEC 60898 In: 16 A; $I_{cu}$ :15 kA; Curva: C.	15	15	12	2,57	<0,1-0,5	-/0,02
Líneas derivadas C1	IEC 60898 In: 10 A; $I_{cu}$ :10 kA; Curva: C.	10	10	4,56	0,47	0,16	0,1-2,9
Líneas derivadas C2	IEC 60898 In: 10 A; $I_{cu}$ :10 kA; Curva: C.	10	10	4,56	0,27	0,41	0,1-4,59
Líneas derivadas C3	IEC 60898 In: 10 A; $I_{cu}$ :10 kA; Curva: C.	10	10	4,56	0,42	0,16	0,1-2,5

Tabla 62: Comprobación contra cortocircuitos

Por último, se comprueba la condición frente a contactos indirectos, donde la intensidad de defecto debe ser superior a la intensidad de no disparo.

	Protección	$I_d$ (A)	Sensibilidad (A)	$I_{no\ disparo}$ (A)
Líneas derivadas C1	Instantáneo; In: 25.00 A; Sensibilidad 30 mA; Clase AC 4P	9,13	0,03	0,3
Líneas derivadas C2	Instantáneo; In: 25.00 A; Sensibilidad 300 mA; Clase AC 4P	9,05	0,3	0,15
Líneas derivadas C3	Instantáneo; In: 25.00 A; Sensibilidad 30 mA; Clase AC 4P	9,12	0,03	0,3

Tabla 63: Comprobación contra contactos indirectos

Para cada una de las líneas secundarias se ha utilizado un interruptor automático C60N con intensidad nominal de 16 A y poder de corte 6 kA, capaz de proteger frente a sobrecargas y cortocircuitos en la línea. En cuanto a la curva se ha optado por el tipo C.

En los planos n.º 09, n.º 10, n.º 11, n.º 12 y n.º 13 se adjuntan los esquemas unifilares para cada uno de los centros de mando estudiados.

#### 4.4 Análisis de la Eficiencia Energética

Uno de los parámetros importantes dentro del alumbrado público es la eficiencia energética, definida como:

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

Dónde:

- $\varepsilon$ : Eficiencia Energética de la instalación de alumbrado ( $\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$ )
- S: Superficie iluminada ( $\text{m}^2$ )
- $E_m$ : Iluminancia media del servicio (lux)
- P: Potencia (W)

En el ITC-EA-01 del *Reglamento de Eficiencia Energética de Instalaciones de Alumbrado Exterior* vienen estipulados los requisitos mínimos de eficiencia energética que debe cumplir el alumbrado vial funcional, independientemente de la geometría de la instalación y del tipo de luminaria utilizado.

El valor real debe ser superior al estipulado por el reglamento, para poder saber este valor se debe realizar la media de toda la instalación. En nuestro caso se diferenciará entre zonas viales y parques y plazas para menor complejidad.

Para las zonas viales la iluminancia media de la instalación es de 18,3 lux por lo que según la “*Tabla 1: Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional*” del ITC-EA-01 indica que la eficiencia energética real ha de ser superior a 15.  $\varepsilon_{\min} = 15 \text{ m}^2 \cdot \text{lux/W}$ .

Para obtener la eficiencia real resultante se debe conocer la superficie total y el sumatorio total de las potencias.

- Superficie total = 31.930  $\text{m}^2$
- Potencia total = 10,79 kW

El resultado es de 54,15  $\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$ , lo que es superior a la mínima de 15  $\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$  establecida.

Una vez se ha obtenido este parámetro se puede calificar la instalación, pero para ello es necesario conocer su índice de eficiencia energética ( $I_\varepsilon$ ). Este parámetro relaciona la eficiencia real y la eficiencia de referencia.

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\text{real}}}{\varepsilon_{\text{referencia}}} \quad (3)$$

*Fórmula 5: Índice de eficiencia energética*

El valor de eficiencia de referencia viene estipulado en la Tabla 3 del ITC-EA-01, en este caso es de 32  $\text{m}^2 \cdot \text{lux/W}$ . Por lo que a la eficiencia energética tiene un valor de  $I_\varepsilon = 1,69$ . Con este valor se puede

obtener el ICE, índice de calificación energética, y con él se podrá etiquetar la instalación. El ICE es la inversa del índice de eficiencia energética ( $ICE = 1/ I_e$ ), por lo que el valor de  $ICE = 0,6$ . Con lo establecido en la Tabla 4 del ITC-EA-01 se obtiene una clasificación energética A.

Para las zonas de parques y plazas se tienen las siguientes características, una Emedia de 19,6 lx por lo que según la “Tabla 1: Requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional” del ITC-EA-01 indica que la eficiencia energética real ha de ser superior a 15.  $\epsilon_{min} = 15 \text{ m}^2 \cdot \text{lx}/\text{W}$ .

- Superficie total: 1.449 m<sup>2</sup>
- Potencia total: 0,125 kW

Lo que resulta de 227 m<sup>2</sup>·lx/W, lo que es superior a la mínima de 15 m<sup>2</sup>·lux/W establecida. Con esto podemos calcular la  $I_e$  con la eficiencia de referencia que son 32 m<sup>2</sup>·lux/W. Esto proporciona un valor de eficiencia energética de 7,09.

Para calcular el índice de eficiencia energética ( $ICE = 1/ I_e$ ) basta con realizar la inversa y se obtiene una clasificación energética A.

#### 4.5 Análisis de contaminación lumínica

El resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica es definido como “*es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas*” en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior ITC-EA-03.

La zona de La Vila Joiosa se puede clasificar como zona E3 al tratarse de un área residencial dónde las calzadas están iluminadas. Clasificación obtenida del ITC-EA-03 Tabla 1.

En las instalaciones de alumbrado exterior la luminosidad del cielo depende del flujo hemisférico superior instalado (FHSI) y según establece la normativa Tabla 2 del ITC-EA-03 para zonas de clasificación E3 no debe superar el 15%.

Como indican las fichas técnicas de las luminarias seleccionadas el Upward Light Ratio o Relación de luz ascendente es de 0º, por lo que la contaminación lumínica no superará el 15% establecido por la normativa.

Aun así, se han comprobado las calles dónde se han inclinado las luminarias para comprobar que no se supera a pesar de que la ficha técnica lo verifique. Los datos obtenidos han sido de un FHSI de 0.5 % que se encuentra muy por debajo del límite de 15%, por lo que cumple perfectamente con el límite de resplandor luminoso.

También se ha realizado el estudio de iluminancia vertical en las calles dónde los puntos d luz están en fachada o se tienen edificios de más de 3 plantas. La iluminancia vertical mide la luz intrusa o molesta sobre las ventanas de los edificios. Al tratarse de una zona urbana residencial clasificación E3 según el

ITC-EA-03, “*Tabla 3: Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior.*”  
La iluminancia vertical ( $E_v$ ) no debe superar los 10 lx.

Denominación	$E_v$ (lx)	Valor máximo $E_v$ (lx)
Avenida de Altea	6,03 lx	10 lx
Calle Joan Fuster	7,65	10 lx
Calle Balandre	1,03	10 lx

*Tabla 64: Iluminancia vertical*

Se han elegido estas tres calles para la comprobación ya que son las más representativas por estar sus puntos de luz en fachada, o por tener edificios de más de tres plantas. En todos los casos se cumple con la normativa sobre iluminancia vertical.

## 5 Sistema de monitorización

Todos los centros de mando del municipio de La Vila Joiosa cuentan con un sistema de monitorización del fabricante Philips. Este sistema de monitorización permite obtener una gran cantidad de información del alumbrado público y así realizar una gestión energética adecuada del mismo.

Desde la página web del software, mostrada a continuación, se pueden realizar diversidad de tareas que permiten mejorar la gestión energética del alumbrado público.

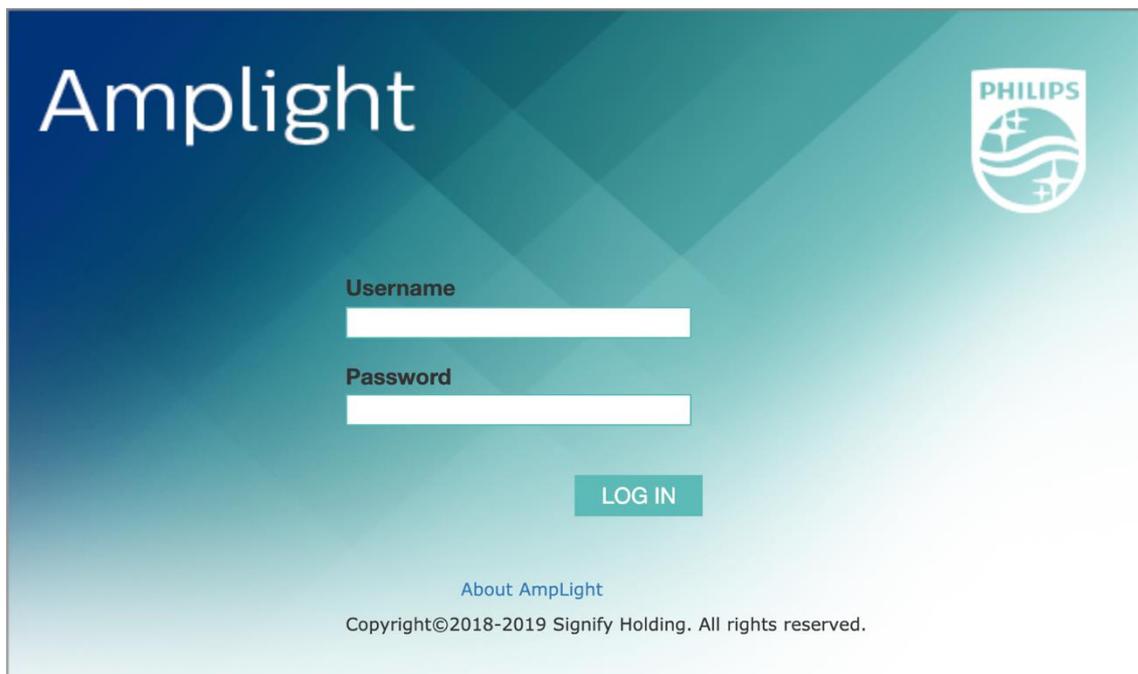


Ilustración 76: Página Web Amplight

Este software tiene cuatro partes claramente diferenciadas, la parte de informes, la parte de alarmas, la parte de configuración de horario y el estado de los cuadros.

The screenshot shows the Philips web interface for Villajoyosa. It features a navigation menu on the left with a list of centers (CM 001 to CM 036). The main content area includes several panels: 'Bienvenido' with a user login status, 'Comunicación' with status counts (Ok: 91, Limitado: 0, Abajo: 11, Inactivo: 0), 'Historial De Fococélulas', 'Control' with functional status (Función: 1% - 1/102, Atenuac. 1: 1% - 1/102, Atenuac. 2: 0% - 0/102, Desactivado: 98% - 100/102) and buttons for 'Activado', 'Atenuac. 1', 'Atenuac. 2', and 'Desactivado', 'Medidores' showing 'Potencia En Conjunto' as 97, 'Registro De Mensajes', 'Operativo' with 'Cajas Conjunto' counts (Operativo: 102, Instalación: 0, Mantenimiento c/ alarma: 0, Mantenimiento s/ alarma: 0, Manual: 0), and an 'Alarmas' table at the bottom.

Inicio	Alarma	Severidad	Dónde	Estado	Fin	Rec. Por
28.01.2021 07:24:51	Fase saliente L3: error de corriente - bajo umbral, segmento 1.	9	CM 004	Alarmas abiertas	-	-
28.01.2021 06:52:34	Fase saliente L2: error de corriente - bajo umbral, segmento 3.	9	CM 004	pendiente	28.01.2021 07:13:08	-
28.01.2021	Error de elevador / contador - no hay corriente en todos...				28.01.2021	

Ilustración 77: Vista general de la página web

### 1. Informes

Una de las grandes ventajas del sistema de monitorización para el control del alumbrado público es la detección de averías, bajas de luminarias, robo de cable o enganches de luz. Todos estos acontecimientos se pueden observar gracias a los informes que genera el sistema, como informes de energía, potencia, horas de funcionamiento y alarmas.

- Los informes energéticos permiten saber el consumo tanto diario como mensual de cada uno de los centros de mando. Así como crear una línea base del consumo anual que debe consumir tu instalación, conociendo la potencia de todas las luminarias y las horas de luz al año que deben estar funcionando puedes obtener esta línea base.

A partir de esta línea cualquier desviación tanto superior como inferior puede ser un problema en la instalación. En el caso de ser superior puede ser por robo de energía o por la no regulación de las luminarias. Mientras que en el caso de un consumo inferior puede tratarse de una avería en la red, avería en una de las líneas o bajas de luminarias.

- Los informes de horas de funcionamiento nos indican el encendido, la atenuación y el apagado del alumbrado, tema que se tratara en el punto siguiente.
- Los informes de alarmas indican las incidencias por cada uno de los centros de mando, su nivel de gravedad y su estado.

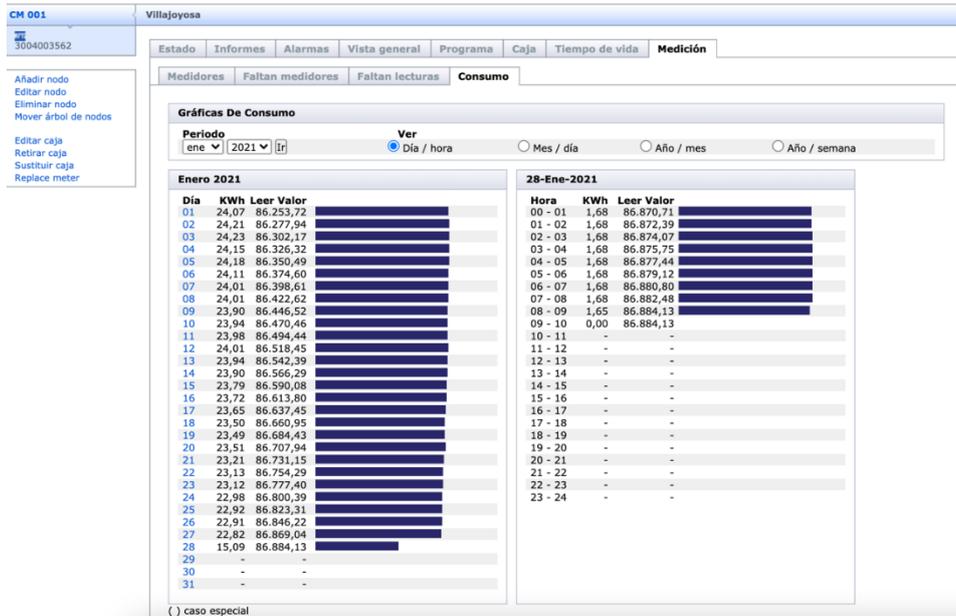


Ilustración 78: Ejemplo gráficos de consumo

## 2. Alarmas

Otra virtud del sistema de gestión es la gestión de alarmas que avisa cuando uno de los sistemas ha caído y se puede actuar inmediatamente frente a la avería y no perder los datos recopilados de energía y potencia de ese día. También facilita alarmas si detecta una intensidad inferior a la instalada o una alarma de puerta abierta. Con todas las alarmas que facilita un sistema así puedes detectar cualquier anomalía sin necesidad de recorrer todos los centros de mando todos los días, laborar bastante improbable al tratarse de 107 centros de mando. Algunas de las alarmas se comentan a continuación.

- **Puerta abierta**, todos los centros de mando disponen de un sensor de puerta abierta. Gracias a esta alarma se puede saber cuándo se realizan las labores de mantenimiento o si alguien ha abierto el cuadro sin ningún tipo de permiso.
- **Fallo suministro**, esta alarma nos informa si el suministro ha sufrido algún tipo de avería ya sea por avería en una de las líneas o por fallo del sistema de telegestión.
- **Salto de protecciones**, esta alarma se notifica a través de uno de los módulos del sistema denominado Current y permite saber si han saltado todas las protecciones del cuadro o solo las de un circuito.
- **Equipos averiados**, esta alarma es la menos común y se produce cuando han fallado alguno o todos los módulos que componen el sistema.

A continuación, se muestra un ejemplo de alarmas de uno de los centros de mando. En la ilustración se puede ver que las alarmas te indican el inicio de la misma, el tipo de alarma, la severidad que tiene, el centro de mando donde se produce y el fin de la incidencia.

Estado	Informes	Alarmas	Vista general	Programa	Caja	Tiempo de vida	Medición																					
<p>Filtro <span style="float: right;">Mostrar</span></p> <p>Alarmas <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Refrescar automáticamente</span></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Inicio</th> <th>Alarma</th> <th>Severidad</th> <th>Dónde</th> <th>Estado</th> <th>Fin</th> <th>Rec. Por</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>08.01.2021 09:40:17</td> <td>Puerta de armario abierta</td> <td>6</td> <td>CM-018</td> <td>pendiente</td> <td>08.01.2021 09:41:12</td> <td>- Rec. (Rec. al)</td> </tr> <tr> <td>13.11.2020 21:25:10</td> <td>Puerta de armario abierta</td> <td>6</td> <td>CM-018</td> <td>pendiente</td> <td>13.11.2020 21:26:15</td> <td>- Rec. (Rec. al)</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">Artículos por página: 20   &lt; 1 &gt; &gt;  </p>								Inicio	Alarma	Severidad	Dónde	Estado	Fin	Rec. Por	08.01.2021 09:40:17	Puerta de armario abierta	6	CM-018	pendiente	08.01.2021 09:41:12	- Rec. (Rec. al)	13.11.2020 21:25:10	Puerta de armario abierta	6	CM-018	pendiente	13.11.2020 21:26:15	- Rec. (Rec. al)
Inicio	Alarma	Severidad	Dónde	Estado	Fin	Rec. Por																						
08.01.2021 09:40:17	Puerta de armario abierta	6	CM-018	pendiente	08.01.2021 09:41:12	- Rec. (Rec. al)																						
13.11.2020 21:25:10	Puerta de armario abierta	6	CM-018	pendiente	13.11.2020 21:26:15	- Rec. (Rec. al)																						

Ilustración 79: Ejemplo alarmas

### 3. Horario crepuscular

El sistema de monitorización o Amplight tiene una base de datos con el orto y el ocaso del municipio para cada uno de los días del año. Esto permite que el alumbrado se encienda sin necesidad de ningún reloj astronómico o analógico. También dispone de una serie de informes que indican el encendido, la atenuación y el apagado del alumbrado. La atenuación es la disminución del alumbrado un 50% de su potencia en un determinado momento de la noche. Las horas de atenuación vienen marcadas en el pliego de condiciones del ayuntamiento. En el caso de invierno los días laborables la atenuación se produce a las 23:00, mientras que los días festivos se produce a las 00:00. En verano la atenuación se produce a la 01:00 para los días laborables y a las 02:00 para los días festivos. Estos parámetros son configurables en la página web del sistema de monitorización. A continuación, en la ilustración 80, se muestra un ejemplo de la configuración crepuscular para el municipio.

Tabla de crepúsculo

[cerrar ventana](#)

Configuración de tabla de crepúsculo				Retraso De Tiempo Global							
Nombre Y Coordenadas				Retraso De Tiempo Global							
Nombre	Villajoyosa			Amanecer	-10 minutos						
Latitud	38	° 30'		Atardecer	10 minutos						
Longitud	0	° 13'		<input type="button" value="Guardar configuración &gt;"/>							
<input type="button" value="Volver a calcular &gt;"/> <input type="button" value="Volver a guardado &gt;"/>				<input type="button" value="Guardar horas de crepúsculo y configuración &gt;"/>							
Horas De Crepúsculo <span style="float: right;"><input type="button" value="Guardar horas de crepúsculo &gt;"/></span>											
Enero				Febrero				Marzo			
Amanecer	Desviación (H:m)	Atardecer	Desviación (H:m)	Amanecer	Desviación (H:m)	Atardecer	Desviación (H:m)	Amanecer	Desviación (H:m)	Atardecer	Desviación (H:m)
01 8 : 06	+ 0 : 0	17 : 58	+ 0 : 0	01 7 : 55	+ 0 : 0	18 : 30	+ 0 : 0	01 7 : 22	+ 0 : 0	19 : 01	+ 0 : 0
02 8 : 06	+ 0 : 0	17 : 59	+ 0 : 0	02 7 : 54	+ 0 : 0	18 : 32	+ 0 : 0	02 7 : 20	+ 0 : 0	19 : 02	+ 0 : 0
03 8 : 06	+ 0 : 0	18 : 00	+ 0 : 0	03 7 : 53	+ 0 : 0	18 : 33	+ 0 : 0	03 7 : 19	+ 0 : 0	19 : 03	+ 0 : 0
04 8 : 07	+ 0 : 0	18 : 01	+ 0 : 0	04 7 : 52	+ 0 : 0	18 : 34	+ 0 : 0	04 7 : 17	+ 0 : 0	19 : 04	+ 0 : 0
05 8 : 07	+ 0 : 0	18 : 02	+ 0 : 0	05 7 : 51	+ 0 : 0	18 : 35	+ 0 : 0	05 7 : 16	+ 0 : 0	19 : 05	+ 0 : 0
06 8 : 07	+ 0 : 0	18 : 03	+ 0 : 0	06 7 : 50	+ 0 : 0	18 : 36	+ 0 : 0	06 7 : 14	+ 0 : 0	19 : 06	+ 0 : 0
07 8 : 07	+ 0 : 0	18 : 04	+ 0 : 0	07 7 : 49	+ 0 : 0	18 : 37	+ 0 : 0	07 7 : 13	+ 0 : 0	19 : 07	+ 0 : 0
08 8 : 06	+ 0 : 0	18 : 04	+ 0 : 0					08 7 : 11	+ 0 : 0	19 : 08	+ 0 : 0

Ilustración 80: Tabla crepuscular

Todas las ventajas del sistema de gestión son gracias a los elementos que lo componen. El sistema está formado por una AmsCPU, un AmsSerial módulo para el CVM-NET, un AmsCurrent, AmsSwitch y AmsBattery. A continuación, se muestra cómo se encuentra en la página web.

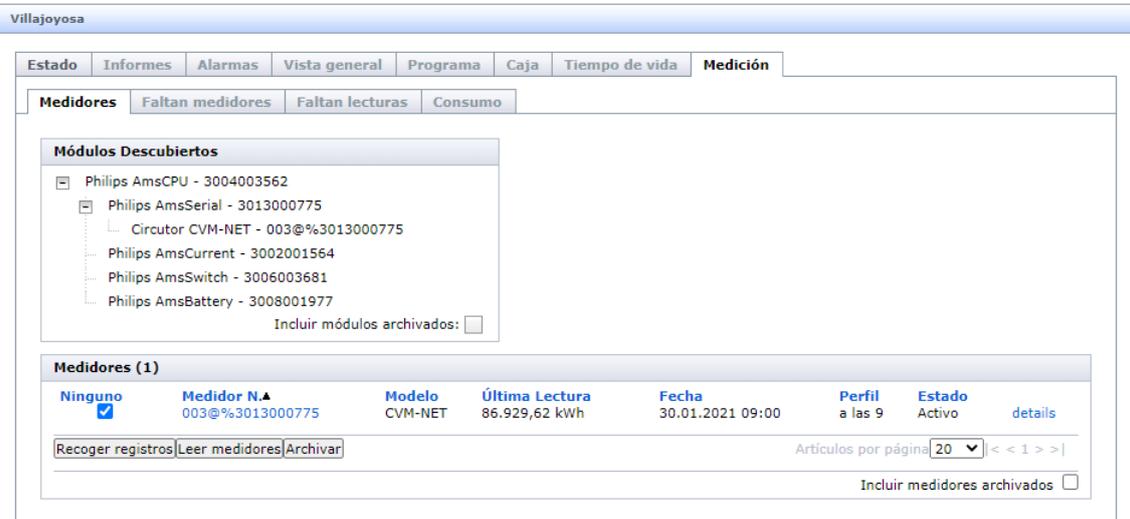


Ilustración 81: Partes del sistema de telegestión

La parte principal es el AmsCPU, es el módulo principal dónde se almacenan todos los datos que el gestor pide y a través de dónde se parametrizan todas las características y ordenes que quiere el usuario. Además, es el equipo encargado de enviar los datos al servidor.

El AmsSerial es el equipo que permite la comunicación con los analizadores de redes instalados en el cuadro.

El AmsCurrent es gracias al que se detectan las diferentes alarmas ya que con su monitorización permite la detección de desviaciones de corrientes y averías en cualquier parte monitorizada.

El AmsSwitch es el encargado de controlar los reguladores de flujo del centro de mando y es junto con la CPU el equipo básico para la gestión.

Por último, el AmsBattery permite garantizar la comunicación con el servidor en caso de corte de suministro.

## 6 Presupuesto de explotación

El presupuesto de este TFG consta del presupuesto de la instalación, que engloba todos los trabajos necesarios para la sustitución de las luminarias y su coste y por el presupuesto de explotación, que es el coste derivado del mantenimiento de las luminarias y el coste del consumo energético.

El presupuesto de explotación se puede dividir en la parte de mantenimiento y la parte de gestión energética. La parte de mantenimiento engloba la limpieza periódica de las luminarias y también se tiene en cuenta las posibles reposiciones de luminarias, aunque será algo puntual.

En el coste derivado de la limpieza se tiene en cuenta el número de luminarias, 155, el tiempo de limpieza 15 minutos y el periodo de limpieza que es 2 años como se indica en el apartado 3.1.1., de esto resulta el coste siguiente:

Luminarias	155	ud
Tiempo de limpieza	0,25	h/ud
Coste de limpieza	12,7	€/h
Periodo de limpieza	0,5	1 cada 2 años
<b>TOTAL</b>	<b>246,06</b>	<b>€/año</b>

Tabla 65: Coste Mantenimiento limpieza

El coste derivado de las posibles reposiciones por fallo de luminarias se muestra a continuación, el fabricante indica que la posibilidad de fallo del conjunto Driver+LED es de 0.15 % por cada 5000 horas de funcionamiento.

Índice de fallos del driver a las 5000 h	0,15/5000	h
Luminarias	155	ud
Horas de funcionamiento	4400	h/año
Coste de sustitución	16,4	€/h
Tiempo de sustitución	0,75	horas/ud
Subtotal	251,658	€/año
Coste driver + LED	460	€
<b>TOTAL</b>	<b>711,658</b>	<b>€/año</b>

Tabla 66: Coste mantenimiento sustitución

Por lo que el coste de mantenimiento de las luminarias asciende a **957,72 €**.

En segundo lugar, se tiene el coste de la energía en cada uno de los centros de mando. Como se comentaba antes según la regulación se tienen unas horas equivalentes que es tiempo en el que la potencia está reducida al 50%. En el caso de regulación fija las horas de regulación son de 2.801,63 h y si se trata de una regulación mediante hilo de mando se tienen 2.892,51 h.

Centro de Mando	Pn (kW)	tn (h/año)	Pn reducida (kW)	t reducida (h/año)	E (kWh)
18	2,04	1.598,37	1,02	2.801,63	6.118,34
25	3,79	1.507,49	1,895	2.892,51	11.194,69
27	0,96	1.598,37	0,48	2.801,63	2.879,22
57	6,21	1.507,49	3,105	2.892,51	18.342,76
97	1,74	1.598,37	0,87	2.801,63	5.218,58

Tabla 67: Energía Anual Centros de Mando

Con los siguientes precios de energía obtenidos de la facturación de 2020 se estima un coste de la energía y del término de potencia de 7.101,75 €/año.

Termino de potencia	0,103944	€/kWdia
Termino de energía		
P1	0,062012	cts€/kWh
P2	0,002215	cts€/kWh
ATR		
P1	0,157645	€/kWh
P2	0,085339	€/kWh

Tabla 68: Precios energía y potencia

Centro de Mando	Coste Energía (€)	Coste Potencia (€)	Coste Total (€)
18	919,85 €	77,40 €	997,24 €
25	1.669,58 €	143,79 €	1.813,37 €
27	432,87 €	36,42 €	469,29 €
57	2.735,65 €	235,60 €	2.971,25 €
97	784,58 €	66,01 €	850,59 €
		<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>7.101,75 €</b>

Tabla 69: Coste energía y potencia por centro de mando

Por lo que el presupuesto de explotación asciende a 8.059,47 €.

## 7 Conclusiones

Tras comprobar los resultados lumínicos obtenidos del cálculo, los resultados de la instalación eléctrica y los resultados económicos, se puede decir que se ha conseguido cumplir con el objetivo marcado en este TFG. De ello se pueden extraer varias conclusiones.

En primer lugar, se ha logrado cumplir con requisitos establecidos en todas las zonas.

En segundo lugar, se han elegido unas luminarias que permiten una distribución uniforme de luz, requisito nombrado en la introducción de este TFG. Así, como obtener un menor coste y tiempo de mantenimiento gracias a la tipología de las luminarias.

Asimismo, aunque no se modifique la instalación eléctrica se ha comprobado que la nueva instalación cumple con los requisitos del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Finalmente, se puede concluir que la modernización de las calles seleccionadas proporciona un gran ahorro energético para el municipio. Así como el ahorro económico para la empresa de mantenimiento con un tiempo de amortización de 10,39 años y una inversión de 56.475 €.

## 8 Mediciones y Presupuesto

### 8.1 Resumen Presupuesto de Ejecución Material

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>Importe (€)</b>
1. Obra civil	1.005,18 €
2. Instalación eléctrica	2.298,55 €
3. Instalación luminotécnica	23.020,03 €
4. Control de calidad	9.046,12 €
5. Seguridad y salud	765,41 €
6. Legalización	4.204,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>40.339,29 €</b>
13% Gastos generales	5.244,11 €
6% Beneficio Industrial	2.420,36 €
21% IVA	8.471,25 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>56.475,01 €</b>

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM), asciende a **56.675,01 €**, incluyendo los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA.

### 8.2 Presupuesto

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	---------	----------	--------	---------

## CAPÍTULO OBRA CIVIL

### SUBCAPÍTULO OCZO1 ZANJAS

M1	<b>m3 Zanja sobre terreno ajardinado</b> M.L. de zanja en tierra de 0.35 x 0.50 m., para canalización subterránea, incluida excavación, colocación de tubo/s de plástico liso de 110 mm. de diámetro, 1.8 mm. de espesor, 4 atms., sobre solera de hormigón de 5 cm., relleno de hormigón de 150 Kg. Y transporte de tierras sobrantes a vertedero. Según PPT			
	Total cantidades alzadas	10,00		
		10,00	30,25	302,50
M2	<b>m3 Zanja sobre calzada</b> M.L. de zanja en acera de 0.35 x 0.50 m., para canalización subterránea, incluida rotura de pavimento, excavación, colocación de tubo/s de plástico liso de 110 mm. de diámetro, 1.8 mm. de espesor, 4 atms., sobre solera de hormigón de 5 cm., relleno de hormigón de 150 Kg. Reposición de pavimento y transporte de tierras sobrantes a vertedero. Según PPT			
	Total cantidades alzadas	0,53		
		0,53	39,23	20,79
M3	<b>m3 Hormigón de relleno para zanja sobre calzada</b> Hormigón en masa HM-20/P/40/I, de 20 N/mm2, consistencia blanda, Tmáx. 40 mm. y ambiente normal, elaborado en central de relleno de zapatas de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado.			
	Total cantidades alzadas	0,40		
		0,40	85,00	34,00
MOC	<b>h Capataz</b> Total cantidades alzadas	8,00		
		8,00	13,62	108,96
MOP	<b>h Peón ordinario</b> Total cantidades alzadas	8,00		
		8,00	12,77	102,16
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO OCZO1 ZANJAS.....</b>				<b>568,22</b>

### SUBCAPÍTULO OCA01 ARQUETA DE REGISTRO PARA ALUMBRADO EXTERIOR

EXCARQ	<b>m3 EXCAVACIÓN POZOS Y ARQUETAS</b> Total cantidades alzadas	0,15		
		0,15	15,00	2,25
HM20	<b>m3 HORMIGÓN HM-20</b> Total cantidades alzadas	0,12		
		0,12	42,00	5,04
MO01	<b>h Oficial 1º</b> Total cantidades alzadas	8,00		
		8,00	18,00	144,00
LADR	<b>ud LADRILLO</b> Total cantidades alzadas	10,00		
		10,00	0,15	1,50
ENC	<b>m2 ENCOFRADO ARQUETAS</b> Total cantidades alzadas	1,60		
		1,60	9,00	14,40
REG40	<b>ud REGISTRO 40X40 CM</b> Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	19,00	19,00
GRAVLLA	<b>m3 GRAVILLA EN OBRA</b> Total cantidades alzadas	0,20		
		0,20	22,00	4,40
MOF1	<b>h Oficial 2º</b> Total cantidades alzadas	8,00		
		8,00	16,00	128,00
ARQ	<b>ud Arqueta 60x60 (Demolicion de arqueta existente y construccion de Arqueta 60x60 (Demolicion de arqueta existente y construccion de nueva arqueta de 60x60 en salida de cuadro in-cluido tapa y marco )</b>  <b>Descomposición:Descomposició</b>			

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	118,37	118,37
	<b>TOTAL SUBCAPÍTULO OCA01 ARQUETA DE REGISTRO ....</b>			<b>436,96</b>
	<b>TOTAL CAPÍTULO OBRA CIVIL .....</b>			<b>1.005,18</b>

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO INSTALACIÓN ELÉCTR</b>				
<b>SUM L-01</b>	<b>m Línea Cu 2x6+TT6mm2 RETENAX FLEX RV-K 1kV</b> Línea de 2x6+TT6 mm2 formada por conductores de cobre, con aislamiento formado por mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3, cubierta de mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18, de tensión nominal 0,6/1kV designación RV-K, UNE 21123-2. Marca PRYSMIAN tipo RETENAX FLEX 1kV o equivalente. Completa, instalación bajo tubo flexible corrugado doble capa PVC, conexionado. Medida la unidad terminada.			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
	PIEC.2d m Cable Cu 1x6mm2 RETENAX FLEX RV-K 1kV	2,060	0,51	1,05
	MOFI1A h Oficial 1ª electricidad	0,054	18,00	0,97
	Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	2,02	2,02
<b>SUM L-02</b>	<b>m Línea Cu 2x2.5mm2 RETENAX FLEX RV-K 1kV</b> Línea de 2x2.5 mm2 formada por conductores de cobre, con aislamiento formado por mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3, cubierta de mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo DMV-18, de tensión nominal 0,6/1kV designación RV-K, UNE 21123-2. Marca PRYSMIAN tipo RETENAX FLEX 1kV o equivalente. Completa, instalación aérea cable desnudo, conexionado. Medida la unidad terminada.			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
	PIEC.2b m Cable Cu 1x2.5mm2 RETENAX FLEX RV-K 1kV	2,060	0,28	0,58
	MOFI1A h Oficial 1ª electricidad	0,054	18,00	0,97
	Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	1,55	1,55
<b>COLUM1</b>	<b>ud Montaje Columna 4 metros</b>			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
	CO-014 ud Columna troncocónica	1,000	191,31	191,31
	MOFI1A h Oficial 1ª electricidad	1,000	18,00	18,00
	MQ01 h Grúa telescópica 40 t	1,000	103,00	103,00
	MOPO h Peón ordinario	1,000	12,77	12,77
	EIEIACC.1 ud Tuercas + arandales + pernos (PERVAMED)	1,000	59,15	59,15
	CLAVED uds Cajas clavadas	1,000	28,07	28,07
	Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	412,30	2.061,50
<b>SUM L-TT</b>	<b>m. Suministro e instalación de línea de tierra 1x16 mm2 de Cu tendida bajo tubo</b>			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
	7432106 m Línea Cu 1x16mm2 RETENAX FLEX RV-K 1kV	1,070	2,10	2,25
	EIELMO2 ud Instalación de cable bajo tubo	1,000	0,43	0,43
	Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	2,68	2,68
<b>PROTECCIONES-LUM</b>	<b>PROTECCIÓN LUMINARIA</b> Proteccion de Luminaria mediante fusible 6A, en el interior del fuste de la columna y conexionado a la línea general mediante caja de conexión y porta-fusible de CLAVED o similar, totalmente montada e instalada de acuerdo a memoria y Dirección Técnica.			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
	cofred ud Cofred de derivacion.	1,000	8,65	8,65
	fuscal6 ud Fusible calibrado de 6 A.	1,000	0,44	0,44
	fuscal ud Fusible neutro	1,000	0,41	0,41
	MOFI1A h Oficial 1ª electricidad	0,330	18,00	5,94
	Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	15,44	77,20
<b>SUM PICA TT</b>	<b>ud Suministro e instalación de Pica toma tierra</b>			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
	PICA2M14MM ud Pica de acero galvanizado y cobreado de 2 m.	1,000	8,11	8,11
	grillete ud Grillete de acero galvanizado cobreado.	1,000	1,13	1,13
	7432503 m Cable Cu desnudo 1x35.	3,000	4,16	12,48
	MOFI1A h Oficial 1ª electricidad	0,500	18,00	9,00
	Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	30,72	153,60
<b>TOTAL CAPÍTULO INSTALACIÓN ELÉCTR.....</b>				<b>2.298,55</b>

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO INSTAL. LUMINOTÉC.</b>				
<b>SUBCAPÍTULO LUMINARIAS Luminarias LED</b>				
L01	ud PHILIPS BDP100 PCC 1 xLED25/740 DS Calle Puentes del Moro peatonal			
	Total cantidades alzadas	3,00		
		3,00	211,20	633,60
L02	ud PHILIPS BDP100 PCC 1 xLED70/740 DRW Total cantidades alzadas	11,00		
		11,00	272,98	3.002,78
L03	ud PHILIPS BDP100 PCC 1 xLED15/740 DS Parque Joan Fuster zona 1			
	Total cantidades alzadas	18,00		
		18,00	87,12	1.568,16
L04	ud PHILIPS BDP100 PCC 1 xLED25/740 DRW Parque Joan Fuster zona 2			
	Total cantidades alzadas	4,00		
		4,00	211,20	844,80
L05	ud PHILIPS BSP530 T25 1 xLED19-4S/740 DM10 Plaza Joan Fuster puntos dobles			
	Total cantidades alzadas	4,00		
		4,00	213,36	853,44
L06	ud PHILIPS BDP100 PCC 1 xLED40/740 DM Plaza Joan Fuster			
	Total cantidades alzadas	17,00		
		17,00	93,50	1.589,50
L07	ud PHILIPS BGP281 T25 1 xLED35-4S/840 DM50 Avenida Marina Baixa			
	Total cantidades alzadas	8,00		
		8,00	75,11	600,88
L08	ud PHILIPS BGP281 T25 1 xLED51-4S/740 DM50 Calle Joan Fuster			
	Total cantidades alzadas	4,00		
		4,00	95,48	381,92
L09	ud PHILIPS BGP282 T25 1 xLED59-4S/740 DM10 Avenida de Altea			
	Total cantidades alzadas	14,00		
		14,00	108,33	1.516,62
L10	ud PHILIPS BGP282 T25 1 xLED69-4S/840 DX65 Calle Aigues			
	Total cantidades alzadas	10,00		
		10,00	222,44	2.224,40
L11	ud PHILIPS BGP282 T25 1 xLED70-4S/840 DM10 Calle Balandre			
	Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	225,80	1.129,00
L12	ud PHILIPS BGP281 T25 1 xLED45-4S/840 DM10 Calle Puentes del Moro Principal			
	Total cantidades alzadas	3,00		
		3,00	90,45	271,35
L13	ud PHILIPS BGP282 T25 1 xLED89-4S/840 DX65 Partida Torres Norte Sec. 2/2			

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	Total cantidades alzadas	11,00		
L14	ud PHILIPS BGP283 T25 1 xLED109-4S/840 DM65 Rotonda Colón	11,00	126,93	1.396,23
	Total cantidades alzadas	10,00		
L15	ud PHILIPS BGP283 T25 1 xLED180-4S/840 DM10 Partida Torres Norte Sec. 1/2	10,00	89,07	890,70
	Total cantidades alzadas	18,00		
L16	ud PHILIPS BGP502 1 xLED85-4S/840 DM70 Calle Ferrocarril 2/2	18,00	95,36	1.716,48
	Total cantidades alzadas	7,00		
L17	ud PHILIPS BRP775 FG T25 1 xLED10-4S/740 DM10 Avenida Altea Parque	7,00	95,91	671,37
	Total cantidades alzadas	8,00		
		8,00	105,60	844,80
			<b>TOTAL SUBCAPÍTULO LUMINARIAS Luminarias LED.....</b>	<b>20.136,03</b>
<b>SUBCAPÍTULO MEDIOS Medios utilizados</b>				
MMME01	h Camión grúa c/cesta Camión grúa necesario para realizar el cambio de luminarias en altura			
	Total cantidades alzadas	56,00		
MOF1A	h Oficial 1º electricidad Total cantidades alzadas	56,00	17,50	980,00
	Total cantidades alzadas	56,00		
MOF3A	h Oficial 3º electricidad Total cantidades alzadas	56,00	18,00	1.008,00
	Total cantidades alzadas	56,00		
		56,00	16,00	896,00
			<b>TOTAL SUBCAPÍTULO MEDIOS Medios utilizados .....</b>	<b>2.884,00</b>
			<b>TOTAL CAPÍTULO INSTAL. LUMINOTÉC. ....</b>	<b>23.020,03</b>

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO CONTROL DE CALIDAD</b>				
CC01	ud Medida de magnitudes luminotécnicas según proyecto			
	Total cantidades alzadas	17,00		
		17,00	97,36	1.655,12
CC02	ud Comprobación de funcionamiento de CM			
	Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	64,90	324,50
CC03	ud Pruebas			
	<b>Descomposición:Descomposició</b>			
CC03.1	ud Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra de la instalacion	5,000	64,90	324,50
CC03.2	ud Prueba medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de la instalación	5,000	64,90	324,50
CC03.3	ud Prueba de medición del aislamiento de conductores de la instalación eléctrica	50,000	64,90	3.245,00
CC03.4	ud Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones	155,000	10,00	1.550,00
CC03.5	ud Prueba salto de equipos diferenciales	25,000	64,90	1.622,50
	Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	7.066,50	7.066,50
<b>TOTAL CAPÍTULO CONTROL DE CALIDAD.....</b>				<b>9.046,12</b>

# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO SEGURIDAD Y SALUD</b>				
SS01	ud Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocados Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	100,68	100,68
SS02	ud Chalecos de obras reflectantes. Amortizables 5 usos Total cantidades alzadas	20,00		
		20,00	4,27	85,40
SS03	ud Panel direccional reflectante de 60x90 Panel con soporte metálico.  Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	37,78	37,78
SS04	Foco de balizamiento intermitente Total cantidades alzadas	10,00		
		10,00	7,02	70,20
SS05	ud Tapa provisional para aquetas de 80x80 cm Formado mediante tablone de madera 20x5 cm. armados mediante clavazón  Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	23,51	117,55
SS06	ud Vigilancia de la salud obligatoria anual para el trabajador Planificación de la vigilancia de la salud, análisis de los accidentes de trabajo, de las enfermedades profesionales y comunes y de los resultados de la vigilancia de la salud, análisis de los riesgos que pueden afectar a trabajadores sensibles. Formación de los trabajadores en primeros auxilios, colaboración con el sistema nacional de salud como campañas preventivas, sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la SS.  Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	60,71	303,55
SS07	ud Vayas señalizacion Total cantidades alzadas	5,00		
		5,00	10,05	50,25
<b>TOTAL CAPÍTULO SEGURIDAD Y SALUD.....</b>				<b>765,41</b>

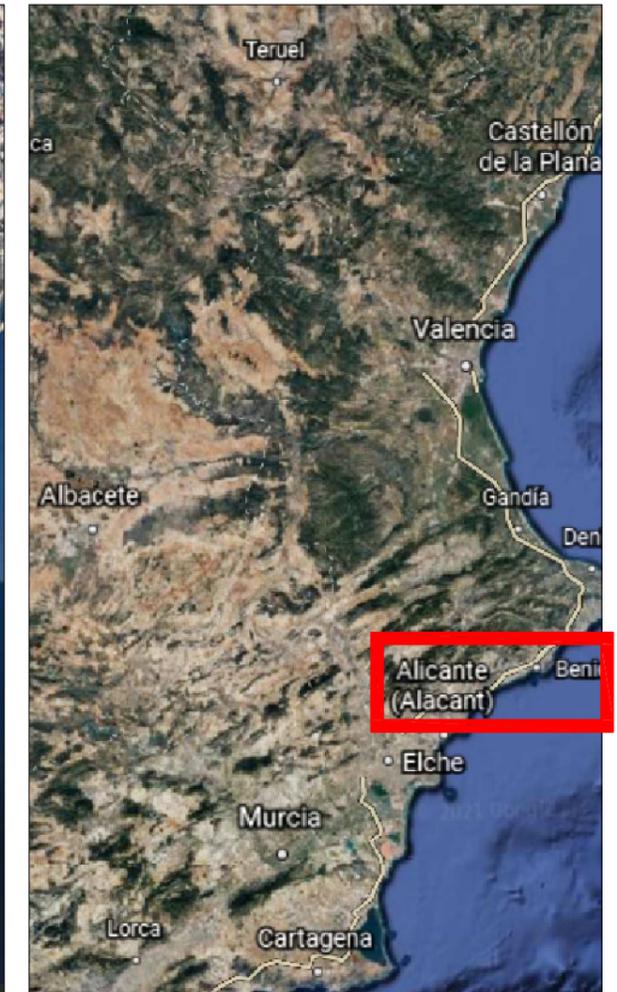
# PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO LEGALIZACIÓN</b>				
PROYECTO BT	ud PROYECTO BT Proyecto BT y AP. Incluye Boletín.			
	Total cantidades alzadas	1,00		
OCA AP	ud OCA Eficiencia Energética y BT - Alumbrado exterior de CM Inspección Inicial Reglamentaria de Eficiencia Energética y Baja Tensión del Alumbrado Exterior ubicado en CENTRO DE MANDO.  Condiciones Particulares:  Este precio no incluyen el I.V.A. Este importe está calculado para realizar las 2 partes de la inspección en el mismo día y contemplando horario no laboral. Este precio incluye el desplazamiento a las instalaciones. En caso de ser necesario, este importe NO incluye una 2ª visita para verificar la corrección de defectos detectados en la primera. Inspección en sábado, domingo o festivo 50 % incremento sobre precio.  .	1,00	1.521,00	1.521,00
	Total cantidades alzadas	1,00		
PROYECTO SS	ud Proyecto de seguridad y salud	1,00	1.183,00	1.183,00
	Total cantidades alzadas	1,00		
		1,00	1.500,00	1.500,00
<b>TOTAL CAPÍTULO LEGALIZACIÓN.....</b>				<b>4.204,00</b>
<b>TOTAL .....</b>				<b>40.339,29</b>

## 9 Planos

### Índice de Planos

Nº	Descripción	Escala
01	Ubicación del municipio	1:10000
02	Plano General de La Vila Joiosa	1:10000
03	Ubicación de los Centros de Mando	1:5000
04	CM 18	1:830
05	CM 25	1:3350
06	CM 27	1:625
07	CM 57	1:2000
08	CM 97	1:1650
09	Esquema Unifilar CM 18	1:700
10	Esquema Unifilar CM 25	1:125
11	Esquema Unifilar CM 27	1:110
12	Esquema Unifilar CM 57	1:125
13	Esquema Unifilar CM 97	1:125



PROVINCIA  
DE ALICANTE

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA



Proyecto: **PROYECTO MODERNIZACIÓN DEL  
ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE  
LA VILA JOIOSA (ALICANTE)**

Plano: **Ubicación del municipio de La Vila Joiosa**

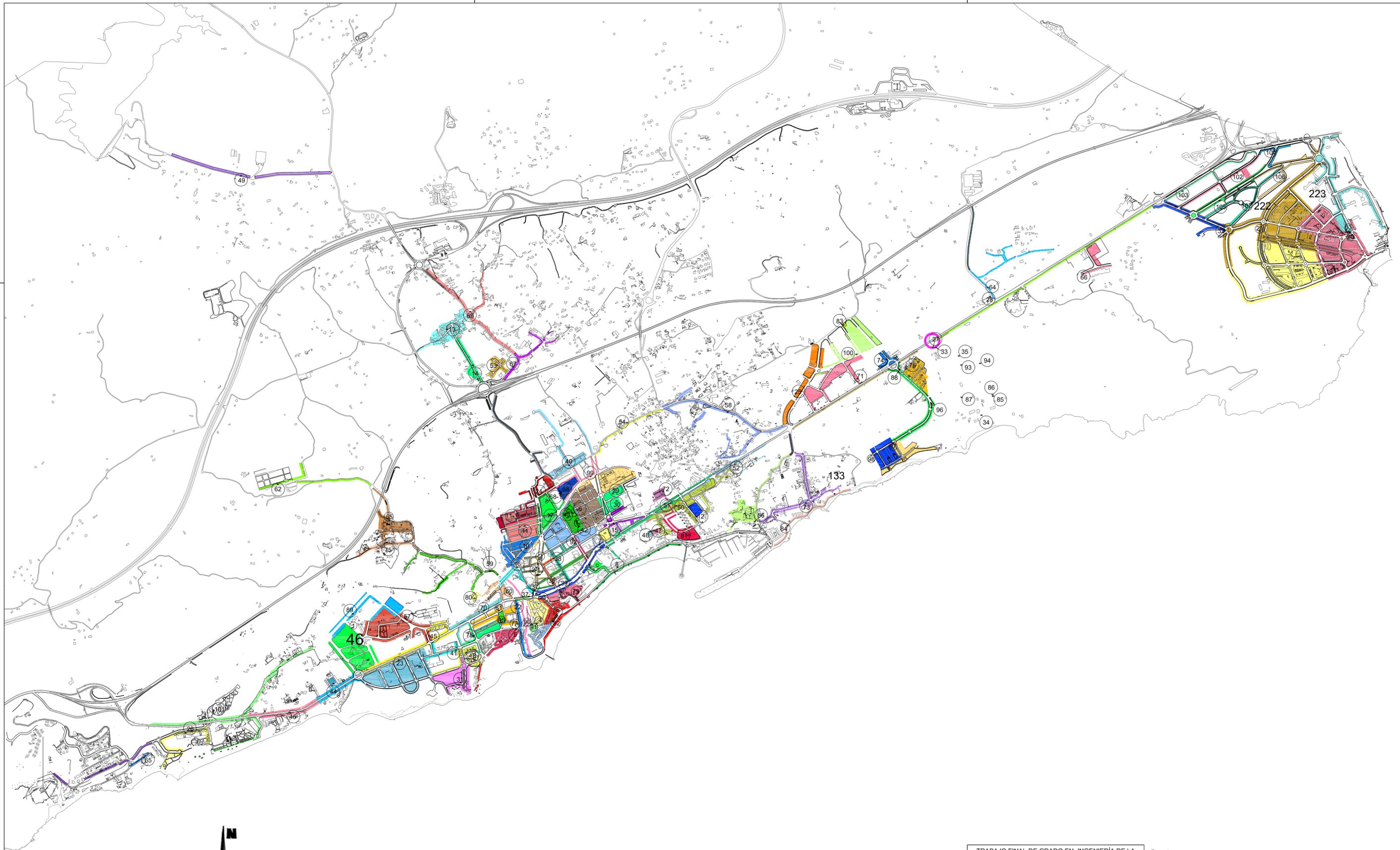
Autor:  
**Paula Piqueras Egido**

Fecha:  
**Febrero 2021**

Escala:  
**1:10000**

Nº Plano:

**01**



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: **PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE LA VILA JOIOSA (ALICANTE)**

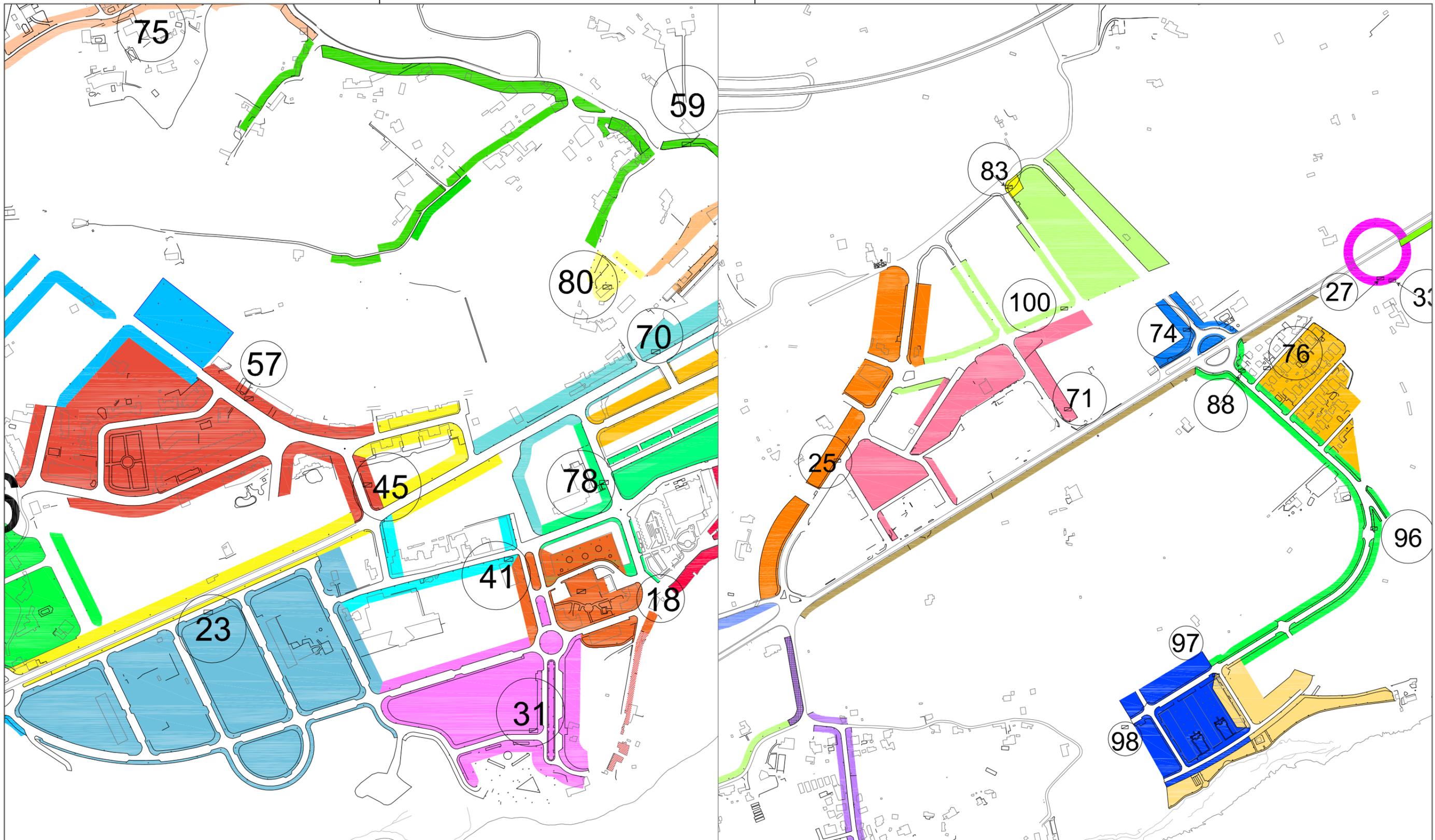
Fecha: **Febrero 2021**

Escala: **1/10000**

Plano: **Plano general de La Vila Joiosa**

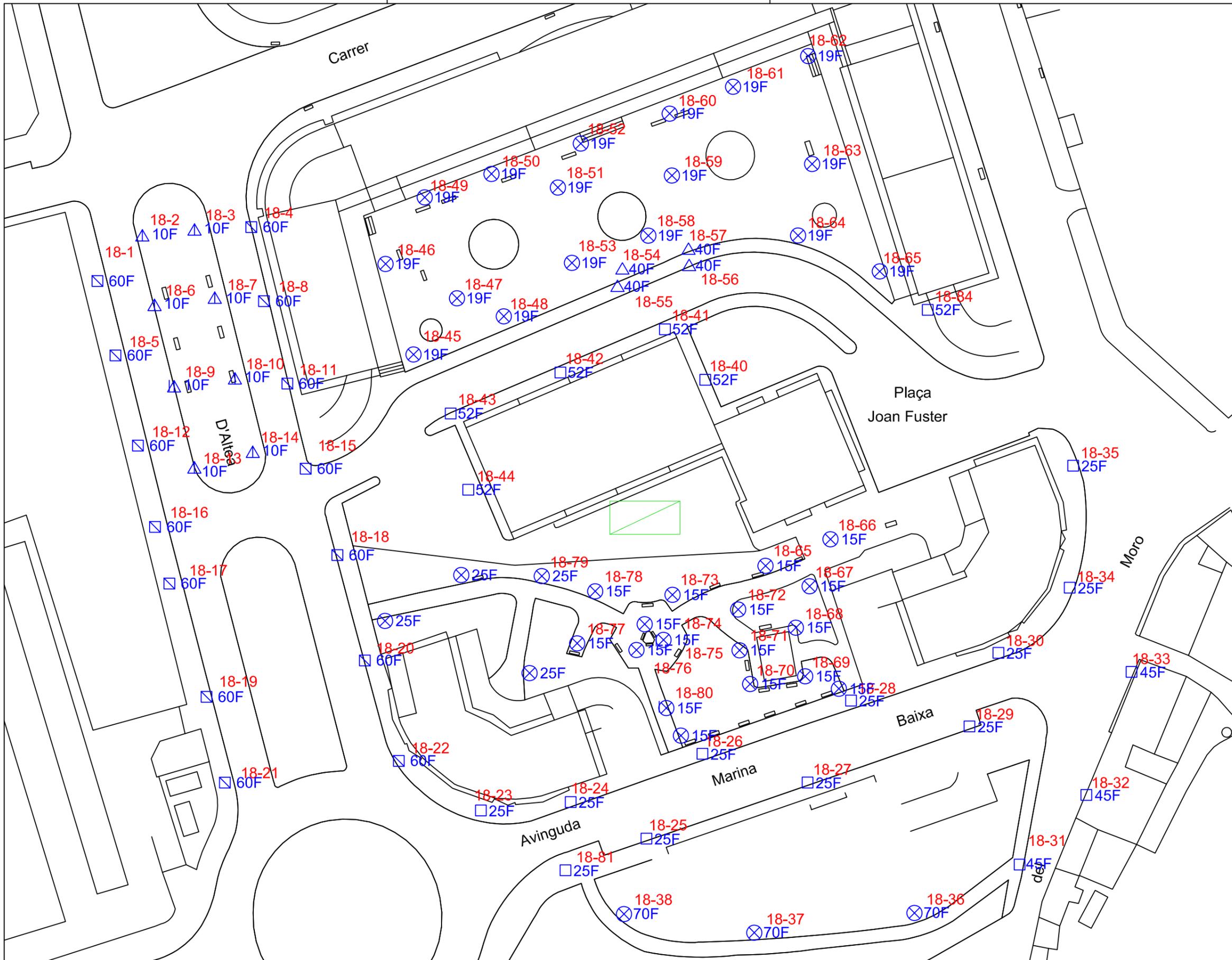
Paula Piqueras Egido

Autor proyecto



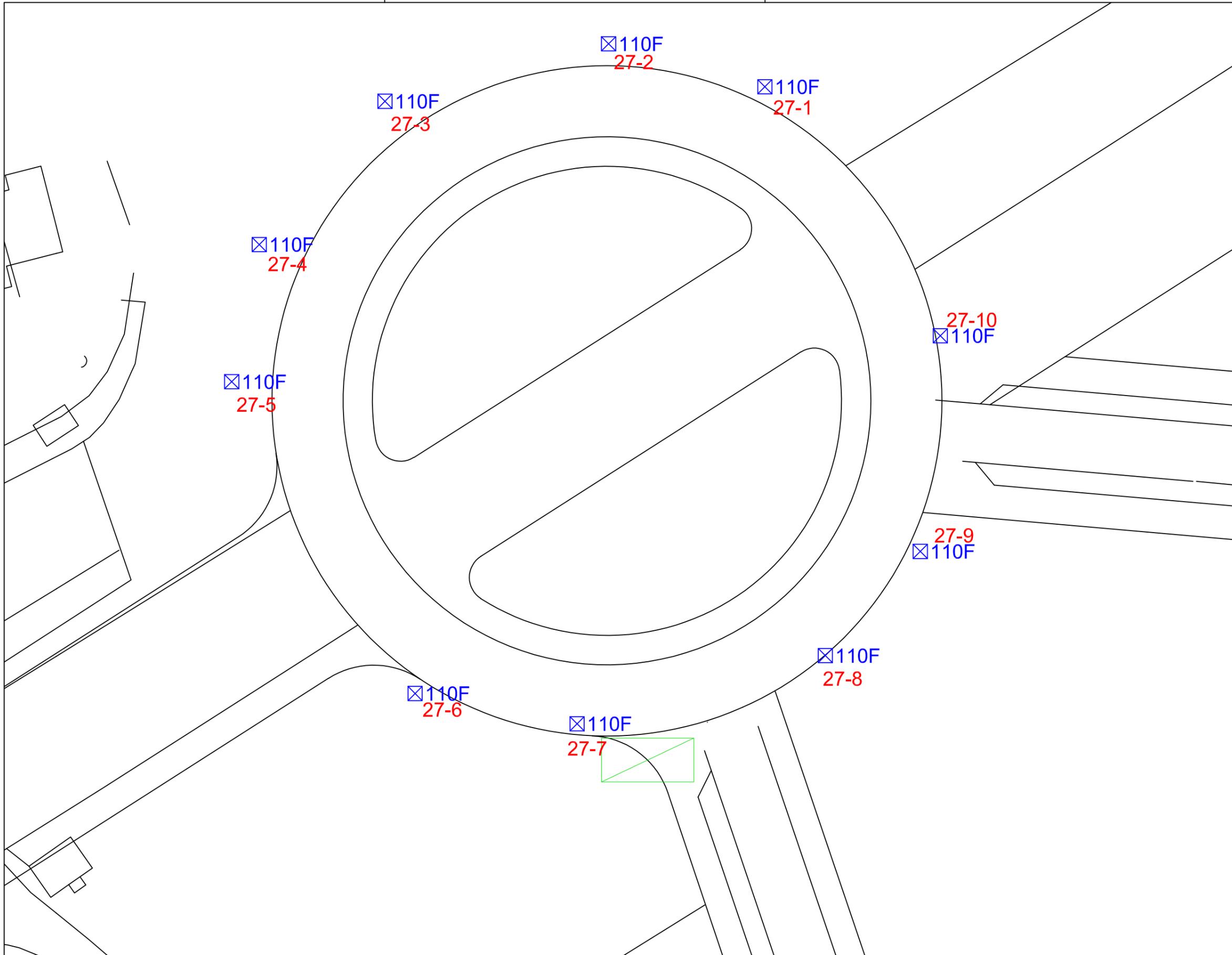
# LEYENDA

CM 18		CM 27		CM 97	
CM 25		CM 57			



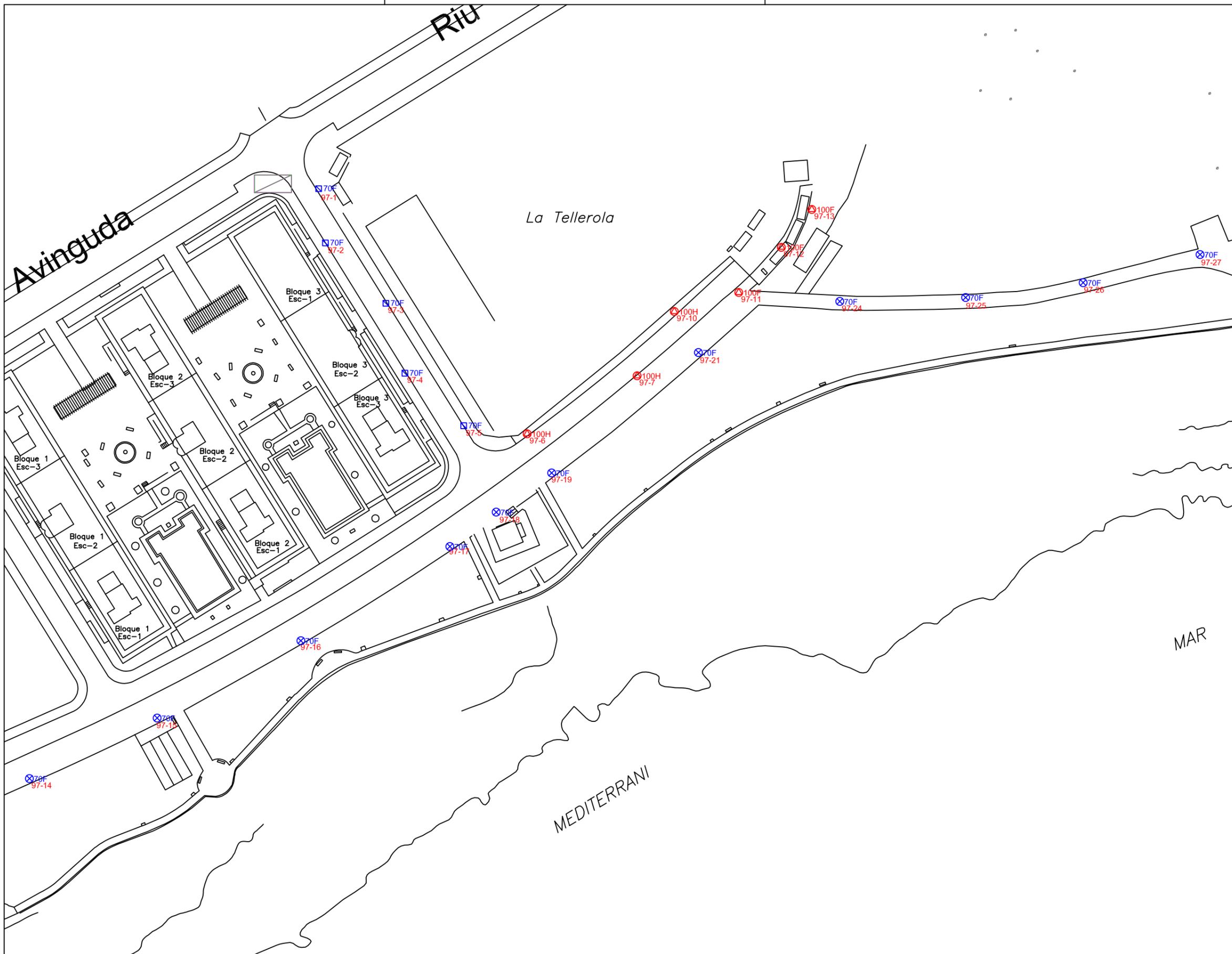
LEYENDA	
	BGP281
	BGP282
	BGP283
	BGP502
	BDP100
	BSP530
	BRP775
	ONYX
	SATURNO
	ATP ESFERA
	Centro de Mando





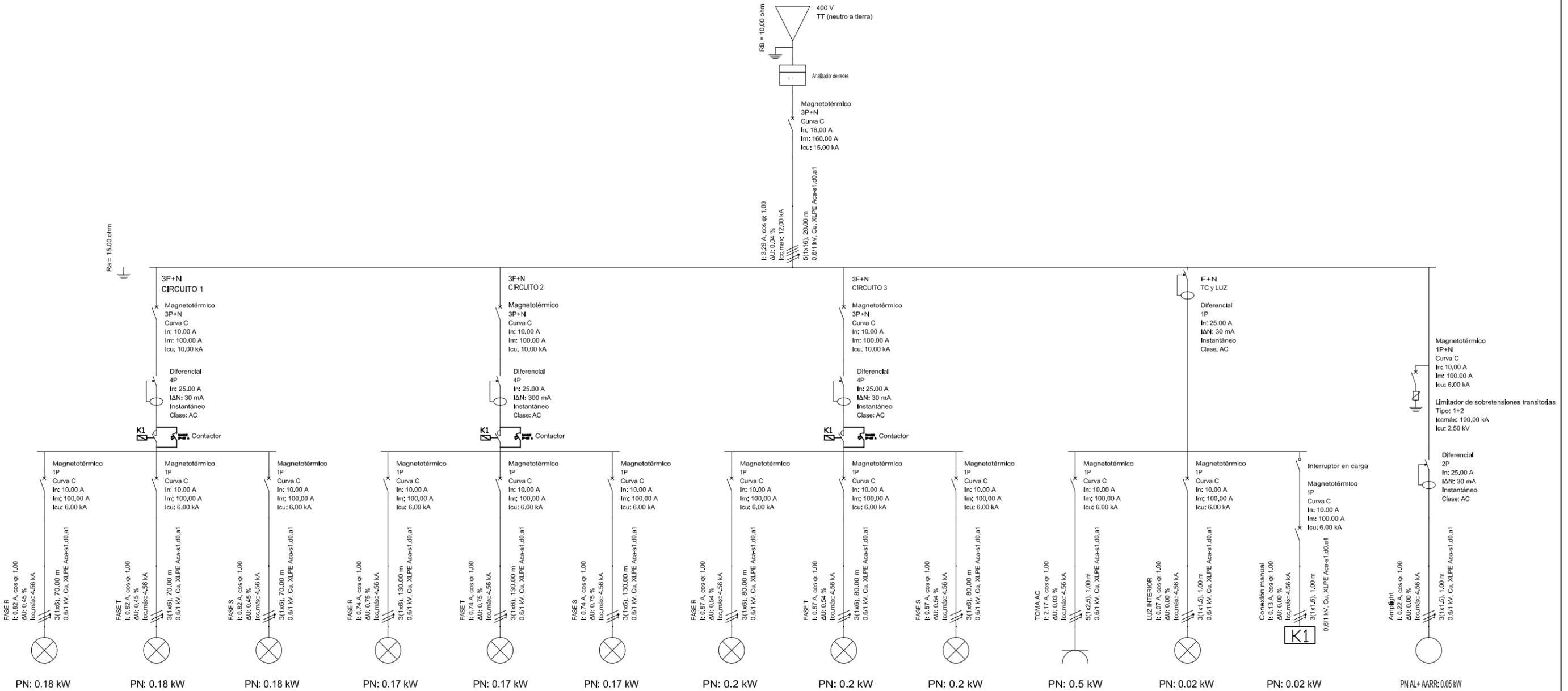
LEYENDA	
	BGP281
	BGP282
	BGP283
	BGP502
	BDP100
	BSP530
	BRP775
	ONYX
	SATURNO
	ATP ESFERA
	Centro de Mando

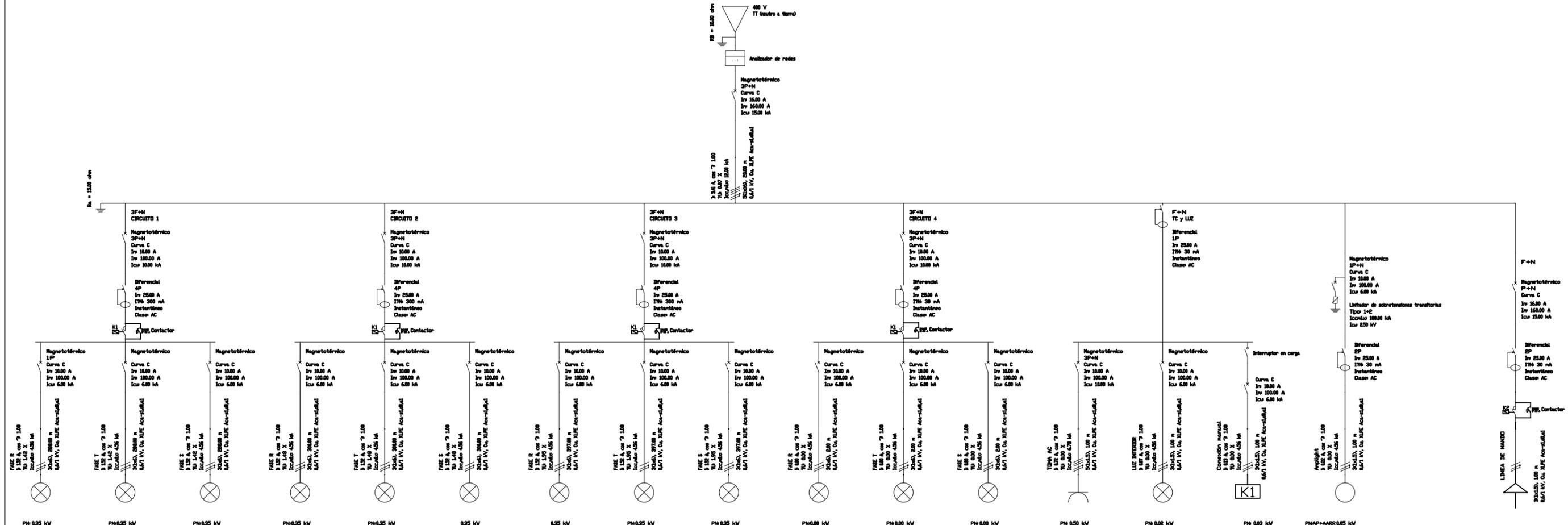


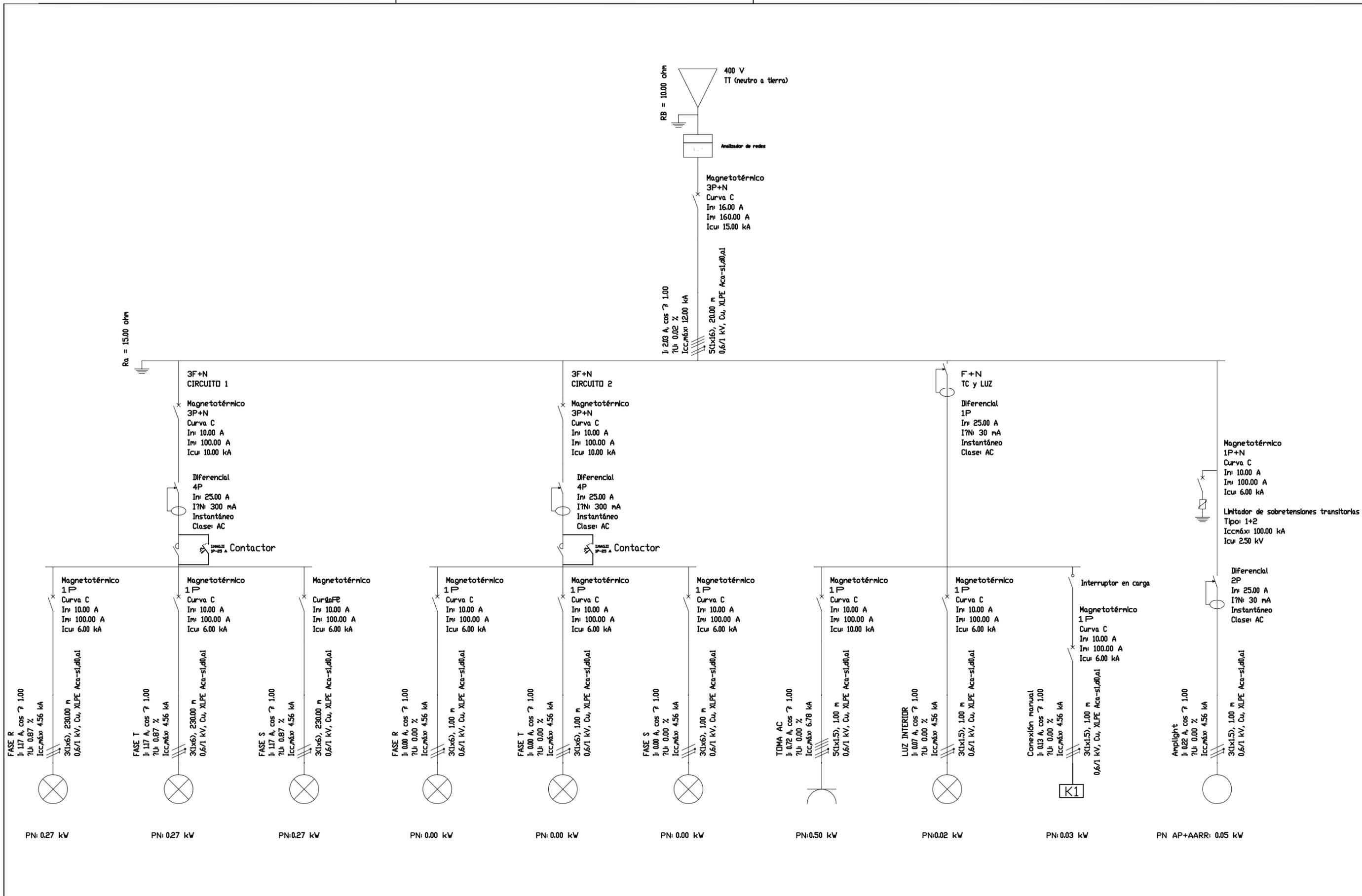


### LEYENDA

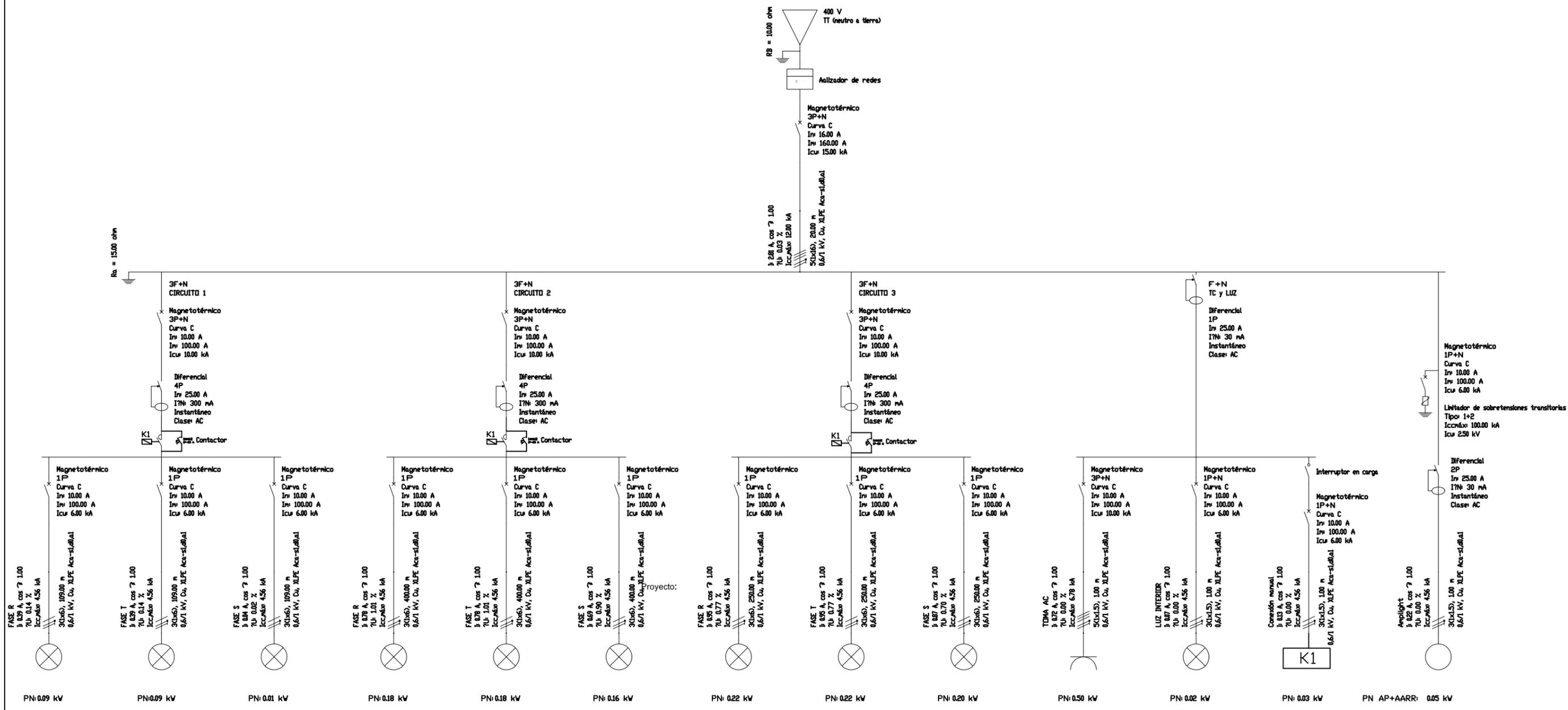
	BGP281
	BGP282
	BGP283
	BGP502
	BDP100
	BSP530
	BRP775
	ONYX
	SATURNO
	ATP ESFERA
	Centro de Mando











## 10 Anejos

### 10.1 TABLAS (NORMATIVA)

ILUMINANCIA MEDIA EN SERVICIO $E_m$ (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\epsilon$ ( $\frac{m^2 \cdot lux}{W}$ )	POTENCIA UNITARIA MÁXIMA $P_u$ (w/m <sup>2</sup> )
≥ 30	33	0,91
25	30	0,83
20	27	0,74
15	23	0,65
10	18	0,56
≤ 7,5	14	0,54

Tabla 70: ITC-EA-01 Tabla 1: Requisitos mínimos de eficiencia energética ( $\epsilon$ ), y máximos de potencia unitaria ( $P_u$ ) en instalaciones de alumbrado funcional.

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL		ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL Y OTRAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO	
Iluminancia Media en Servicio Proyectada $E_m$ (lux)	Eficiencia Energética de Referencia $\epsilon_R$ ( $\frac{m^2 \cdot lux}{W}$ )	Iluminación Media en Servicio Proyectada $E_m$ (lux)	Eficiencia Energética de Referencia $\epsilon_R$ ( $\frac{m^2 \cdot lux}{W}$ )
≥ 30	48	-	-
25	44	-	-
20	39	≥ 20	21
15	35	15	17
10	27	10	15
≤ 7,5	21	7,5	12
-	-	≤ 5	9

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

Tabla 71: ITC-EA-01 Tabla 3: Valores de eficiencia energética de referencia ( $\epsilon_R$ ) en instalaciones de alumbrado

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

Tabla 72: ITC-EA-01 Tabla 4: Calificación energética de una instalación de alumbrado

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 73: ITC-EA-02 Tabla 8: Serie 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 74: ITC-EA-02 Tabla 9: Series CE de clase de alumbrado para viales tipo D y E

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 75: ITC-EA-03 Tabla 1: Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa

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

Tabla 76: ITC-EA-02 Tabla 2: Valores límites del flujo hemisférico superior instalado

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical ( $E_v$ )	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas ( $L_m$ )	5 cd/m <sup>2</sup>	5 cd/m <sup>2</sup>	10 cd/m <sup>2</sup>	25 cd/m <sup>2</sup>
Luminancia máxima de las fachadas ( $L_{max}$ )	10 cd/m <sup>2</sup>	10 cd/m <sup>2</sup>	60 cd/m <sup>2</sup>	150 cd/m <sup>2</sup>
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos ( $L_{max}$ )	50 cd/m <sup>2</sup>	400 cd/m <sup>2</sup>	800 cd/m <sup>2</sup>	1.000 cd/m <sup>2</sup>
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación TI = 15% para adaptación a L = 0,1 cd/m <sup>2</sup>	ME 5 TI = 15% para adaptación a L = 1 cd/m <sup>2</sup>	ME3 / ME4 TI = 15% para adaptación a L = 2 cd/m <sup>2</sup>	ME1 / ME2 TI = 15% para adaptación a L = 5 cd/m <sup>2</sup>

Tabla 77: ITC-EA-03 Tabla 3: Limitaciones de luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior

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

## 10.2 INSTALACIÓN LUMINOTÉCNICA. CÁLCULO Y RESULTADOS DETALLADOS.

### Calle Aigues

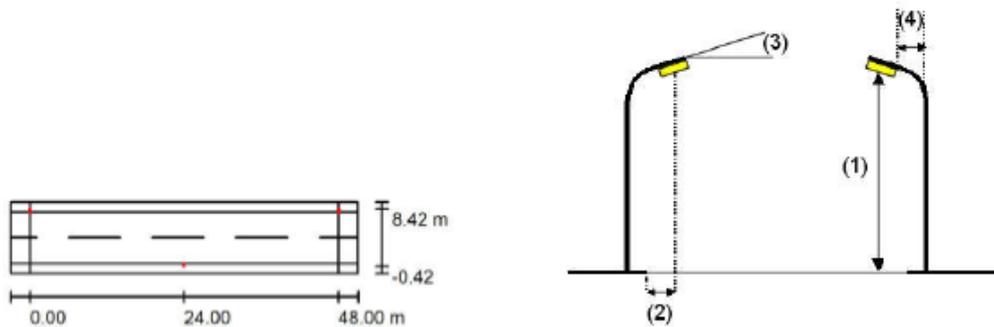
#### C/ Aigues / Datos de planificación

##### Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2 (Anchura: 1.500 m)  
 Calzada 1 (Anchura: 8.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)  
 Camino peatonal 1 (Anchura: 1.500 m)

Factor mantenimiento: 0.85

##### Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BGP282 T25 1 xLED69-4S/840 DX65	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	6020 lm	con 70°: 535 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	7000 lm	con 80°: 332 cd/klm
Potencia de las luminarias:	54.0 W	con 90°: 0.29 cd/klm
Organización:	bilateral desplazado	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	48.000 m	Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	5.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	4.993 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.304 m	

Ilustración 82: Datos de planificación Calle Aigues

**Lista del recuadro de evaluación**

1 Recuadro de evaluación Calzada 1		
Longitud: 48.000 m, Anchura: 8.000 m		
Trama: 16 x 6 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S1 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	18.81	7.60
Valores de consigna según clase:	$\geq 15.00$	$\geq 5.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1		
Longitud: 48.000 m, Anchura: 1.500 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.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	10.44	3.92
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2		
Longitud: 48.000 m, Anchura: 1.500 m		
Trama: 16 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:	10.44	3.92
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Ilustración 83: Recuadro de evaluación Calle Aigues

Calle Tellerola

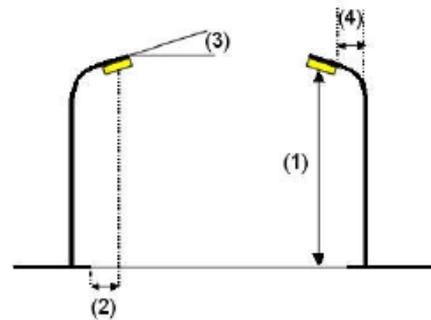
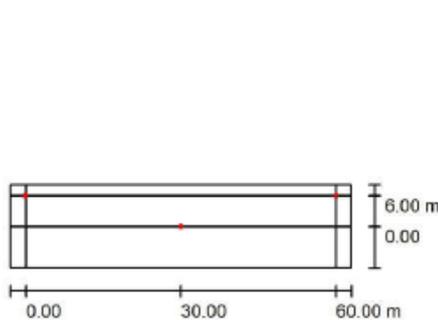
C/ Tellerola / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 1 (Anchura: 2.000 m)  
 Calzada 1 (Anchura: 6.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)  
 Camino peatonal 2 (Anchura: 8.000 m)

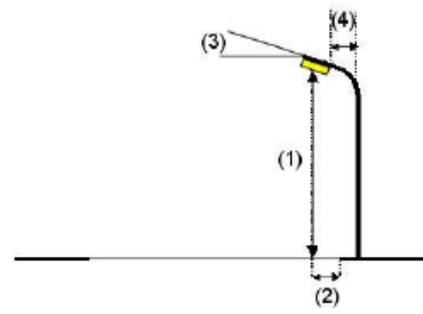
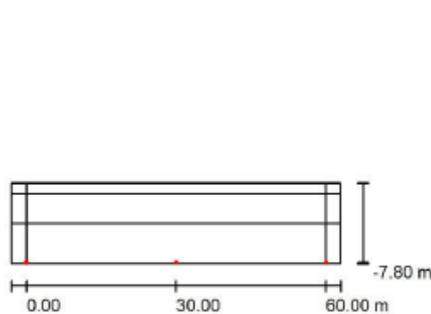
Factor mantenimiento: 0.85

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BGP502 1 xLED120-4S/740 DM70	Valores máximos de la intensidad luminica
Flujo luminoso (Luminaria):	9360 lm	con 70°: 323 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	12000 lm	con 80°: 368 cd/klm
Potencia de las luminarias:	70.0 W	con 90°: 0.00 cd/klm
Organización:	bilateral desplazado	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	60.000 m	Ninguna intensidad luminica por encima de 90°.
Altura de montaje (1):	7.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0.
Altura del punto de luz:	6.834 m	
Saliente sobre la calzada (2):	0.000 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.650 m	

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	PHILIPS BDP100 PCC 1 xLED70/740 DRW	Valores máximos de la intensidad luminica
Flujo luminoso (Luminaria):	4690 lm	con 70°: 299 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	7000 lm	con 80°: 312 cd/klm
Potencia de las luminarias:	48.0 W	con 90°: 22 cd/klm
Organización:	unilateral abajo	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	30.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.2.
Altura de montaje (1):	4.000 m	
Altura del punto de luz:	3.791 m	
Saliente sobre la calzada (2):	-7.800 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.000 m	

Ilustración 84: Datos de planificación Calle Tellerola

**Lista del recuadro de evaluación**

<b>1 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1</b>		
Longitud: 60.000 m, Anchura: 2.000 m		
Trama: 20 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:	14.27	7.65
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
<b>2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2</b>		
Longitud: 60.000 m, Anchura: 8.000 m		
Trama: 20 x 6 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:	14.81	7.25
Valores de consigna según clase:	$\geq 10.00$	$\geq 3.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓
<b>3 Recuadro de evaluación Calzada 1</b>		
Longitud: 60.000 m, Anchura: 6.000 m		
Trama: 20 x 4 Puntos		
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.		
Clase de iluminación seleccionada: S1 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)		
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]
Valores reales según cálculo:	16.55	9.46
Valores de consigna según clase:	$\geq 15.00$	$\geq 5.00$
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

*Ilustración 85: Recuadro de evaluación Calle Tellerola*

## Rotonda Colón

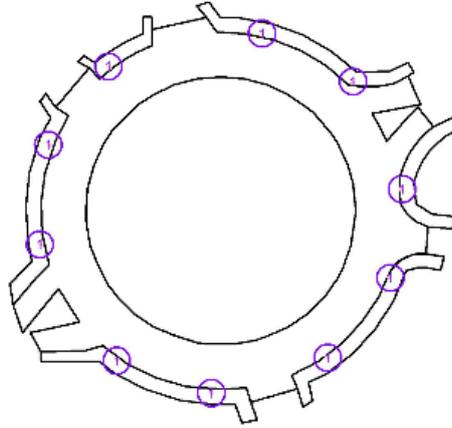


Ilustración 86: Ubicación luminarias Rotonda Colón

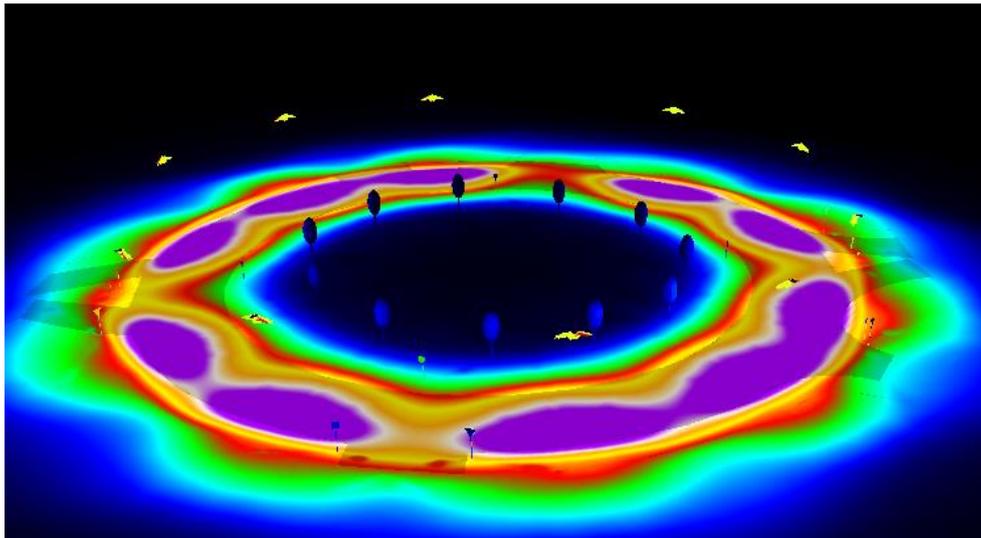
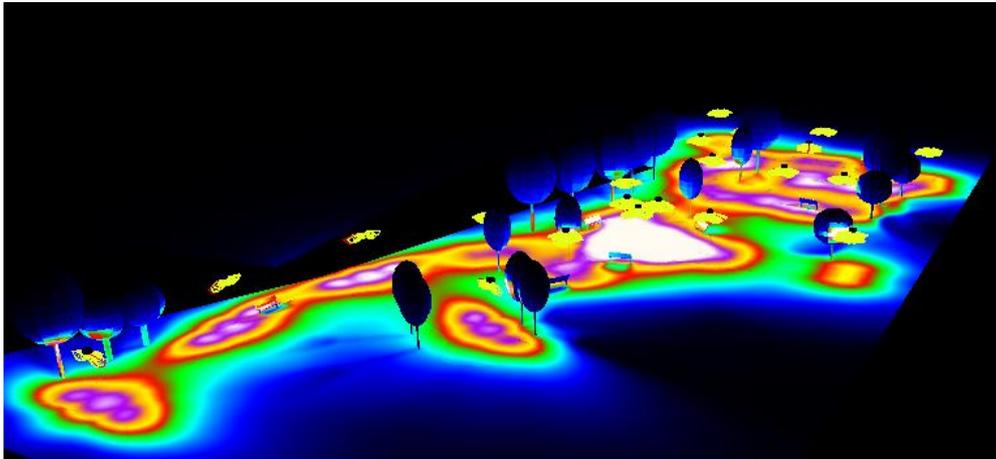


Ilustración 87: Rendering colores falsos en 3D Rotonda Colón

### Parque Joan Fuster



*Ilustración 88: Representación en 3D de la distribución luminosa*



*Ilustración 89: Rendering colores falsos en 3D Parque Joan Fuster*

### 10.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS. CATÁLOGOS

Se han utilizado un total de 7 modelos para la iluminación de las calles seleccionadas.

De la familia UniStreet gen 2 se han utilizado la BGP281, BGP282 y BGP 283.



*Ilustración 90: Luminaria BGP281 Fuente: Catálogo de Philips*



*Ilustración 91: Luminaria BGP282 Fuente: Catálogo de Philips*



*Ilustración 92: Luminaria BGP283 Fuente: Catálogo de Philips*

De la familia Town Guide Performer se ha seleccionado la BDP100.



*Ilustración 93: Luminaria BDP100 Fuente: Catálogo de Philips*

De la familia Iridium gen4 se ha utilizado la BGP502.



*Ilustración 94: Luminaria BGP502 Fuente: Catálogo de Philips*

De la familia CitySoul LED gen2 se ha utilizado la BSP530.



*Ilustración 95: Luminaria BSP530 Fuente: Catálogo de Philips*

Por último, se ha utilizado la BRP775



*Ilustración 96: Luminaria BRP775 Fuente: Catálogo de Philips*

## 10.4 BIBLIOGRAFIA

- Fichas técnicas del producto
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior
- Catálogo Philips
- [www.schreder.com](http://www.schreder.com)
- <http://amea.amplight.philips.com/>