



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Proyecto de alumbrado vial de un nuevo polígono industrial
situado en La Pobla de Farnals, Valencia.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Gamón Marco, Daniel

Tutor/a: Pineda Sánchez, Manuel

Cotutor/a: Pérez Cruz, Juan

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado consiste en la selección, distribución, cálculo, alimentación y protección de las luminarias que compondrán el sistema de alumbrado exterior de la calle A de dicho polígono, además se ha elaborado un presupuesto de ejecución de la instalación de alumbrado mediante el uso de bases de datos de precios.

En proceso de realización de este proyecto se ha realizado un análisis del vial en cuestión, se han obtenido sus requisitos lumínicos y se ha propuesto una solución para iluminarlo mediante el software DIALux. Posteriormente se han dimensionado las líneas y canalizaciones para alimentar los puntos de luz, se ha protegido estas y se ha hecho una propuesta de accionamiento, siguiendo el REBT. En último lugar, se ha realizado una propuesta de ejecución de las instalaciones.

El polígono forma parte de un proyecto de reparcelación, cuyo plano, ya definido, permite clasificar y medir el vial de acuerdo con la legislación vigente, para el correcto diseño de las instalaciones que formarán parte del proyecto fin de grado.

Palabras Clave: Iluminación vial, Tecnología eléctrica.

RESUM

Aquest Treball de Fi de Grau consisteix en la selecció, distribució, càlcul, alimentació i protecció de les lluminàries que compondran el sistema d'enllumenat exterior del carrer A del polígon esmentat, a més s'ha elaborat un pressupost d'execució de la instal·lació d'enllumenat mitjançant l'ús de bases de dades de preus.

En procés de realització d'aquest projecte s'ha realitzat una anàlisi del vial en qüestió, se n'han obtingut els requisits lumínics i s'ha proposat una solució per il·luminar-lo mitjançant el programari DIALux. Posteriorment s'han dimensionat les línies i canalitzacions per alimentar els punts de llum, se n'han protegit i s'ha fet una proposta d'accionament, seguint el REBT. Finalment, s'ha realitzat una proposta d'execució de les instal·lacions.

El polígon forma part d'un projecte de reparcel·lació, el plànol del qual, ja definit, permet classificar i mesurar el vial d'acord amb la legislació vigent, per al disseny correcte de les instal·lacions que formaran part del projecte fi de grau.

Paraules Clau: Il·luminació vial, Tecnologia elèctrica.

ABSTRACT

This Final Degree Project consists of the selection, distribution, calculation, power supply and protection of the luminaires that will make up the exterior lighting system of Calle A of said polygon, in addition, a budget for the execution of the lighting installation has been prepared. By using prices databases.

In the process of carrying out this project, an analysis of the vial in question has been carried out, its lighting requirements have been obtained and a solution has been proposed to illuminate it using the DIALux software. Moreover, the lines and pipes have been dimensioned to feed the points of light, these have been protected and a proposal for activation has been made, following the REBT. Finally, a proposal for the execution of the facilities has been made.

The polygon is part of a subdivision project, whose plan, already defined, allows the road to be classified and measured in accordance with current legislation, for the correct design of the facilities that will form part of the final degree project.

Keywords:

Street lightning; Electrical technology

ÍNDICE

MEMORIA	8
1. MEMORIA DESCRIPTIVA	8
1. 1. OBJETIVOS	8
1. 2. ANTECEDENTES.....	8
1. 3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIONES	9
1.3.1. Instalación de alumbrado	9
1.3.2. Instalación eléctrica.....	9
1.4. Elementos de la instalación de alumbrado	9
1.4.1. Luminarias.....	9
1.4.2. Soportes.....	10
1.4.3. Cajas de protección y derivación de los soportes	10
1.4.4. Instalación eléctrica dentro del soporte	11
1.4.5. Equipos eléctricos de los puntos de luz	11
1.5. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	11
1.5.1. Acometida.....	11
1.5.2. Cajas de protección y medida (CPM).....	11
1.5.3. Derivación individual	11
1.5.4. Líneas de alumbrado	12
1.5.5. Tubos y arquetas	12
1.5.6. Aparamenta del cuadro general de protección y control.....	12
1.5.7. Puestas a tierra.....	13
2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	14
2.1. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS.....	14
2.1.1. Distribución y selección de luminarias	14
2.1.2. Eficiencia energética.....	16
2.1.3. Niveles de iluminación.....	17
2.1.4. Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta	19
2.1.5. Componentes de las instalaciones	19

2.1.6. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones	20
2.2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	21
2.2.1. Tensión nominal	21
2.2.2. Cálculo de la intensidad de diseño	21
2.2.3. Dimensionado de la sección de conductores por criterio térmico	22
2.2.3.1. Derivación individual	22
2.2.3.2. Redes de alumbrado	23
2.2.3.3. Cable interior soportes	24
2.2.4. Dimensionado de la sección de conductores por criterio de caída de tensión	24
2.2.4.1. Derivación individual	24
2.2.4.2. Redes de alumbrado	25
2.2.4.3. Cable interior soportes	26
2.2.5. Cálculo de protección contra sobrecargas.....	26
2.2.5.1. Líneas de alumbrado.....	27
2.2.5.2. Cable interior soportes	27
2.2.6. Cálculo de protección contra cortocircuitos	27
2.2.6.1. Líneas de alumbrado.....	28
2.2.6.2. Cable interior soportes	30
2.2.7. Cálculo de protecciones contra corrientes de defecto.....	31
2.2.8. Cálculo de puesta a tierra	32
3. CONCLUSIONES	33
4. REGLAMENTOS Y NORMAS	34
5. ANEXOS.	34
5. 1. FUENTES DE INFORMACIÓN	34
5. 2. FICHAS TÉCNICAS.....	35
5. 3. CÁLCULOS DIALUX	36
PRESUPUESTO	47
1. PRECIOS UNITARIOS	47
2. PRECIOS DESCOMPUESTOS	49
3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO	58
PLANOS	62
1. EMPLAZAMIENTO.....	62
2. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS	62
3. CANALIZACIONES	62
4. DETALLES CONSTRUCTIVOS	62
5. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE PROTECCIÓN Y CONTROL.....	62

MEMORIA

MEMORIA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1. 1. OBJETIVOS

El objeto de este proyecto es la implementación de una posible solución a las necesidades del promotor, con respecto a la iluminación de un futuro polígono industrial, en concreto a una de las calles que lo componen. Esta solución incluye, dimensionar la instalación de alumbrado para que se cumplan las especificaciones de iluminación establecidas en la legislación vigente, así como proteger y dimensionar la instalación que alimentará estas. Por otro lado, se redacta un presupuesto del proyecto en cuestión, en función de las condiciones que afecten al mismo.

Otro de los objetivos de este proyecto final de grado, como ejercicio académico, es el de consolidar los conocimientos técnicos adquiridos durante el transcurso de la etapa universitaria, así como la implantación de dichos conocimientos en satisfacer las necesidades de la industria. Más concretamente en diseñar, dimensionar, proteger y alimentar el alumbrado exterior de una vía de un polígono industrial.

De esta forma, se confirmará la consolidación de dichos conocimientos del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, y el alumno completará su formación académica.

1. 2. ANTECEDENTES

Este proyecto de iluminación vial, parte de los planos obtenidos gracias al trabajo de un despacho técnico. Dichos planos se encuentran en el anexo de planos.

Estos muestran en primera instancia la reparcelación de unas propiedades agrarias para consolidar el emplazamiento de un nuevo polígono industrial ubicado en el término municipal de Pobra de Farnals (Valencia). Situado entre la depuradora de Pobra de Farnals y la autovía V-21.

De esos planos, se ha escogido la calle A para proyectar su alumbrado exterior. De ese vial, se obtendrán las medidas necesarias para realizar los cálculos luminotécnicos pertinentes y así obtener una propuesta de solución, de la forma más eficaz de iluminar esa calle, así como de alimentarla y protegerla.

1.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIONES

1.3.1. Instalación de alumbrado

La instalación de alumbrado consta de unas luminarias colocadas a lo largo del vial A con una distribución bilateral al tresbolillo, con una separación entre columnas de 30 metros, según se indica en el plano.

Esta distribución se ha diseñado de manera que se consiga alumbrar el vial de la manera más eficiente posible y con el menor consumo. Siguiendo el Real Decreto 1890/2008 de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, así como sus instrucciones técnicas complementarias.

La potencia total de la instalación de alumbrado es de 782 W.

1.3.2. Instalación eléctrica

Por otro lado, esta distribución se alimenta mediante líneas subterráneas en baja tensión, provenientes del cuadro de protección y control el cual es alimentado por la línea de derivación que parte de la caja de protección y medida (CPM), a su vez alimentada por la acometida que del Centro de Transformación (CT) de la compañía suministradora.

1.4. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

1.4.1. Luminarias

La luminaria seleccionada para el proyecto es:

Luminaria CU-Phosco Lighting modelo P863 de 128 LEDs C2 optic 350 mA con potencia nominal de 46 W, flujo luminoso de 6586 lm, eficiencia luminosa de 143,2 lm/W, temperatura de color (CCT) 3000K e índice de reproducción cromática (CRI) 100, de clase II, protección contra sobretensiones integrada 10 kV / 6 kV, con driver instalado, grado de protección IP66 y grado de protección IK09.

Su selección se ha visto condicionada por los requisitos de iluminación del vial, según se explica en los cálculos luminotécnicos.

Por otro lado, se ha hecho uso de la GUÍA-BT-09, apartado 7.1, donde estipula que la Luminaria la cual establece un grado de protección mínimo de IP 23, pero como nos encontramos en un polígono y una zona próxima al mar, la guía recomienda grados de protección de hasta IP66. El grado de protección de esta luminaria cumple con dichos parámetros.

Por otro lado, se exige un grado de protección de hasta IK05 con respecto a la resistencia mecánica, el de la luminaria es de IK09.

1.4.2. Soportes

El modelo de los soportes elegido para el proyecto es:

Soporte de columna troncocónica de acero galvanizado, Modelo AM-10/CE de 8 metros de altura con puerta de enrasada, puesta a tierra y placa de anclaje embutida.

Para su selección se ha comprobado que se cumple la norma UNE-EN 40-5:2003, para columnas de acero, según indica el apartado 6.1 de la GUÍA-BT-09.

Por otro lado, al tener puerta de acceso a los elementos de protección se ha comprobado que la altura de parte inferior de la abertura sea como mínimo de 0,3 m, según indica la ITC-BT-09, la altura del modelo seleccionado es de 0,5 m.

Además, en lo que se refiere a los grados de protección exigidos para la puerta, la GUÍA-BT-09 establece que estos se pueden obtener mediante la caja de protección instalada dentro del soporte.

1.4.3. Cajas de protección y derivación de los soportes

Las cajas de protección para realizar las seleccionadas son del modelo:

Caja de conexión, derivación y protección modelo 1469/1 MC, para fusibles cilíndricos de 10x38.

En lo que concierne al proceso de su selección, en un primer momento se iba a seleccionar la caja de protección DF-21/2, que venía como accesorio del soporte seleccionado. Pero al comprobar los requerimientos de protección en las especificaciones de la caja, se ha comprobado que disponía de un grado de protección de IP22 al instalarlo en la puerta. Por otro lado, no indicaba su grado de protección contra impactos.

Por ello, se ha encontrado la caja de protección seleccionada, la cual sí que cumple con los grados de protección mínimos de IP3X e IK08 indicados en el apartado 4.4.5 de la norma UNE-EN 40-2 y se ha buscado de dimensiones semejantes a las DF-21/2 para su correcta colocación en el soporte.

Además, esta caja tiene doble aislamiento, por lo que este equipamiento se podrá considerar como clase II, lo que más adelante se verá, facilitará la instalación de la línea de tierra.

Esta caja cuenta además con espacio para fusible de 10x38 mm, se escoge de 6 A para proteger la instalación, se ha escogido este fusible pues venía con la caja de protección DF-21/2 y al cambiar de caja, se ha mantenido el mismo.

1.4.4. Instalación eléctrica dentro del soporte

Se ha seleccionado el siguiente cable:

Cable unipolar de aislamiento XLPE y cubierta de PVC de sección 2,5 mm² Cu + N (2,5 mm²) Cu de tensión asignada 0,6/1 kV.

Según indica la ITC-BT-09, donde tendrán una protección suplementaria al entrar al soporte y se hará una conexión sin ejercer esfuerzos de tracción.

En el apartado de cálculos eléctricos se comprueba que la sección elegida está correctamente dimensionada.

1.4.5. Equipos eléctricos de los puntos de luz

En luminaria más próxima al cuadro de protección y control se instalará una fotocélula como parte del sistema de accionamiento conectada al mismo mediante la línea de control, cuando circule por dentro del soporte será de iguales características que el cable del apartado anterior.

Los puntos de luz serán protegidos con fusibles de 6 A colocados en las cajas de protección dentro de los soportes.

1.5. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.5.1. Acometida

La acometida que partirá desde el cuadro de baja del CT hasta la CPM mediante red subterránea y entubada será la que indique la compañía suministradora, según establece la ITC-BT-09.

1.5.2. Cajas de protección y medida (CPM)

Por ser un único usuario coincide en el mismo lugar la caja general de protección y el equipo de medida, por tanto, no existe la línea general de alimentación (LGA).

1.5.3. Derivación individual

Parte del equipo de medida del CPM, termina en el cuadro general de protección y control, y será de:

Cable tetrapolar de aislamiento XLPE y cubierta de PVC de sección 3x6 mm² Cu + N (6 mm²) Cu de tensión asignada 0,6/1 kV.

El criterio de dimensionado y selección de los cables está desarrollado en el apartado de cálculos eléctricos. Esta línea irá protegida en el CPM por fusibles.

1.5.4. Líneas de alumbrado

Las líneas que partirán desde el cuadro general de protección y control hasta las luminarias serán de:

Terna de cables unipolares de aislamiento XLPE y cubierta de PVC de sección 6 mm² Cu + N (6 mm²) Cu de tensión asignada 0,6/1 kV.

La línea de control, cuando circule por la canalización entubada hasta llegar al soporte será de la misma sección.

1.5.5. Tubos y arquetas

Se colocarán tubos durante el todo el recorrido de la derivación individual y de las líneas de alumbrado, según indica el apartado 5.2.1 de la ITC-BT-09, existiendo un tubo de reserva en la zona de cruce de la calzada de la línea 2 de alumbrado.

Se colocarán arquetas con tapa en los cambios de dirección de los tubos y en cada soporte.

1.5.6. Aparamenta del cuadro general de protección y control

Del cuadro general de protección y control, saldrán las 2 líneas que alimentarán las luminarias de la calle A.

En el mismo cuadro se instalarán las protecciones de cada línea y se instalará un sistema de accionamiento por interruptor horario programable en serie con el interruptor crepuscular, el cual estará conectado con la fotocélula anteriormente mencionada.

Los elementos de protección que se colocarán en el mismo para proteger las líneas serán:

Interruptor diferencial de corriente de disparo 300 mA de polos (1+N)

Interruptor automático magnetotérmico 16 A, 2P curva B, 6 kA

Los cálculos justificativos para la selección de los interruptores diferencial y automático se encuentran desarrollados en el apartado de cálculos eléctricos.

En cuando a la protección de sobretensiones, se sigue lo establecido por la ITC-BT-23, y considerando una situación controlada al ser el objetivo la obtención de una mayor seguridad de las luminarias y ante la imposibilidad de comprobar la tensión soportada a impulsos por los materiales de estas, considerando una Categoría I, mediante la tabla 1, no se considera necesaria la instalación de un protector contra sobretensiones al estar este incluido en las propias luminarias.

1.5.7. Puestas a tierra

Para realizar la puesta a tierra de los soportes, según indica el apartado 10 de la ITC-BT-09, se colocará una red de tierra común para las líneas que parten del cuadro general de protección y control.

Y se elegirá el siguiente conductor para la red de tierra:

Conductor unipolar de aislamiento PVC de sección 16 mm² Cu de tensión asignada 450/750 V con recubrimiento de color verde-amarillo.

Este circulará por el mismo tubo protector de las líneas que alimentan a las luminarias y se realizará una toma de tierra cada 5 soportes.

Cabe destacar, que la red de tierra no se conectará a las luminarias al haberlas escogido de clase II, al igual que la caja de protección. Este se conectará al borne de puesta a tierra del soporte, tal y como se muestra en el plano.

Por otro lado, según el apartado 9 de la ITC-BT-09, en el caso que se instale algún elemento de mobiliario urbano posteriormente a la instalación de las luminarias, y este se encuentre a una distancia inferior a 2 metros del soporte, este se pondrá a tierra.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Los parámetros luminotécnicos utilizados en este apartado se pueden encontrar en el artículo 3 del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, el cual forma parte del Real Decreto 1890/2008.

Por otro lado, los cálculos luminotécnicos se han obtenido mediante el software DIALux evo.

2.1.1. Distribución y selección de luminarias

Para la selección de la distribución y del tipo de luminarias, el objetivo primordial ha sido obtener el menor consumo y número posible de luminarias a instalar.

Para ello se ha hecho uso de la herramienta LUMsearch, proporcionada por el software, para obtener luminarias en función del uso que se le iba a dar, alumbrado exterior de carreteras.

Gracias a esa herramienta se ha obtenido la marca de luminarias elegida, CU-Phosco Lighting. Sin embargo, aún había que seleccionar la potencia, distribución y modelo de luminaria.

Para ayudar en la selección de esos parámetros, se ha usado la ITC-EA-02, para clasificar el vial de forma adecuada.

En un primer momento se intentó hacer una distribución unilateral, sin embargo, al ser la anchura de la calle de un valor considerable, se tuvo que descartar esa opción, al no conseguir que se cumplieran los requisitos lumínicos mínimos establecidos en la acera más alejada de la luminaria, y cuando se cumplían los requisitos mínimos en una zona, se excedían los valores máximos (incrementar en más de 20% los niveles medios, según el capítulo 1 de la ITC-BT-09) permitidos en otra zona. Además de que había que aumentar la potencia y la distancia entre columnas era muy reducida.

De modo que se decantó por la distribución bilateral en alternancia, la cual aseguraba que se lograba iluminar toda la anchura del vial de una manera más homogénea, respetando tanto los valores máximos como mínimos de los requisitos lumínicos.

La primera solución posible, se consiguió con luminarias de 42 W con una distribución bilateral al tresbolillo, y una distancia entre columnas de 12 metros. Lo que hacía un total de 42 luminarias, y una potencia de 1764 W. Como se aprecia en la siguiente imagen. Esto sucedió porque la luminaria seleccionada era de un modelo antiguo del fabricante, y tenía un bajo rendimiento luminoso.

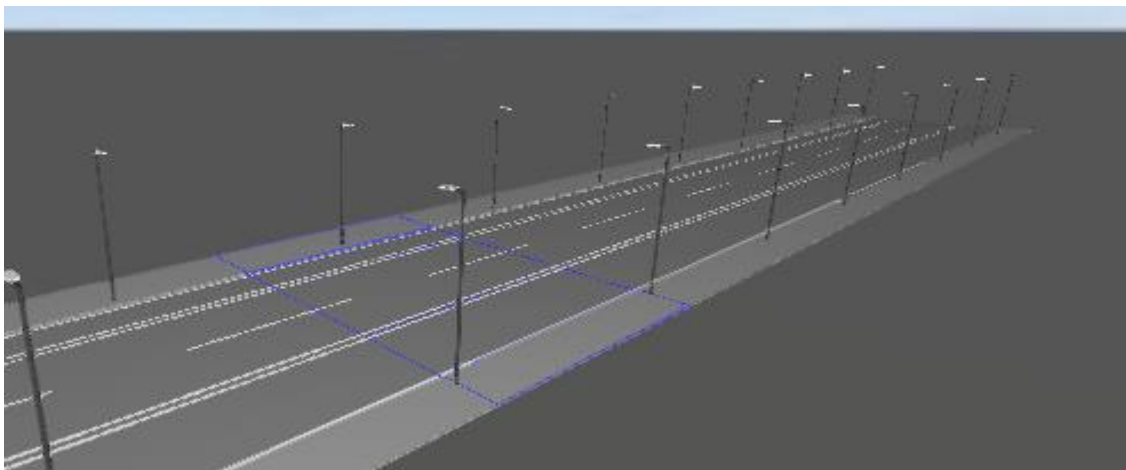


Fig. 1

Esta solución era factible, pero no óptima, pues había muchas luminarias y se consumía bastante energía.

Para la segunda solución se visitó la página del fabricante y se descargó el catálogo de luminarias del último modelo, 128 LED, la lámpara de la primera solución era 32 LED.

Con estas nuevas condiciones de contorno, se consiguió iluminar el vial de manera adecuada mediante luminarias de 46 W con la misma distribución que la primera solución y separadas 30 metros. Gracias a que las luminarias tenían un diagrama polar de intensidad luminosa simétrico.

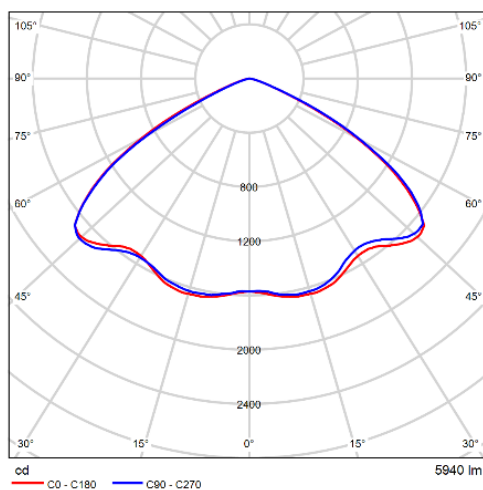


Fig. 2

Sin embargo, cuando se estaba comprobando la ITC-EA-03, la luz intrusa y molesta, no se tuvo en cuenta que, por la simetría del haz de luz, las luminarias también alumbraban a las zonas que tenían detrás de ellas, peatones, fachadas, etc.

Por ello se empleó el mismo modelo, pero cambiando el diagrama polar de luz a asimétrico, y así se evitaba la luz intrusa o molesta. Y se obtuvo la solución final.

2.1.2. Eficiencia energética

Se sigue la ITC-EA-01.

Se calcula la eficiencia energética de la instalación mediante:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = 110,33 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \quad (1)$$

Siendo:

- P: potencia activa total instalada (92 W)
- S: superficie iluminada (700 m²)
- E_m: iluminancia media en servicio de la instalación (14,5 lux)

La E_m se ha obtenido con las iluminancias medias de cada zona a iluminar, en función del área relativa ocupada por cada una.

TABLA 1. ILUMINANCIAS MEDIAS

Ancho total	Acera 1	Aparcamiento batería	Calzada	Aparcamiento cordón	Acera 2
100 %	12,5 %	22,5 %	35 %	12,5 %	17,5 %
14,5 lx	11,52 lx	16,46 lx	15,9 lx	15,73 lx	10,34 lx

Este valor sale muy elevado al obtenerse la iluminación de las aceras, calzada y aparcamientos con las mismas luminarias.

Las medidas del vial se indican en el apartado 2.1.3.

Requisitos mínimos eficiencia energética

La instalación de alumbrado se clasifica como alumbrado vial funcional ya que aun no perteneciendo a las situaciones de proyecto A o B, por su limitada velocidad, tampoco se puede decir que es alumbrado vial ambiental, al ser soportes de 8 m y el vial ser de grandes dimensiones. Por otro lado, los requisitos mínimos de eficiencia energética son más restrictivos en el primer tipo de clasificación y así se asegura el cumplimiento de la eficiencia energética de manera más precisa.

En este caso se cumple la eficiencia energética mínima $15 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$ establecida por la instrucción.

Calificación energética

Se calcula el índice de eficiencia energética:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = 4,8 \quad (2)$$

Siendo:

- ε_R: eficiencia energética de referencia obtenida en la tabla 3 ($23 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$)

Se calcula el índice de consumo energético como:

$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}} = 0,21 \quad (3)$$

Con ambos parámetros y siguiendo la tabla 4 de esta instrucción se clasifica la eficiencia energética de esta instalación como A.

2.1.3. Niveles de iluminación

Se sigue la ITC-EA-02.

Se empieza por analizar la calle en cuestión, esta se encuentra en la parte sur del polígono, y es una de las calles limítrofes del mismo.

El vial mide 20 metros de ancho y 250 metros de largo. Se divide el ancho de la calle para obtener las siguientes zonas:

1. **Acera 1:** la acera limítrofe del polígono.
2. **Aparcamiento en batería:** entre la acera 1 y la calzada.
3. **Calzada:** carretera de un carril para cada sentido.
4. **Aparcamiento en cordón:** situado entre la calzada y la acera 2.
5. **Acera 2:** acera cercana a las parcelas.

TABLA 2. MEDIDAS VIAL

Ancho total	Acera 1	Aparcamiento batería	Calzada	Aparcamiento cordón	Acera 2
20 m	2.5 m	4.5 m	7 m	2.5 m	3.5 m

Como se puede apreciar, tenemos 3 tipos de vías, la calzada, las aceras y los aparcamientos, cada uno de ellos se clasifica de manera independiente.

Empezando por la calzada, al ser la velocidad dentro del polígono menos de 30 km/h, se elige la clasificación D siguiendo a la tabla 1 y posteriormente se clasifica como situación de proyecto D3-D4 y se elige una clase de alumbrado S1 en la tabla 4. Se elige esa clase para aumentar la seguridad de los conductores al existir un solo carril por sentido de circulación, y al existir zonas de aparcamientos a ambos lados de la calzada.

En lo que concierne a las aceras, este caso se va directamente a la tabla 5, y se clasifica como situación de proyecto E1 al ser aceras a lo largo de la calzada y se elige una clase de alumbrado S2, considerando un flujo de peatones normal.

Finalmente, para los aparcamientos se escoge como situación de proyecto la D1-D2 para aparcamientos en general, como se indica en la tabla 4 y se escoge la clase CE3, considerando el mismo flujo de peatones

La siguiente tabla muestra el resumen de los requisitos luminotécnicos individuales de cada vía.

TABLA 3. REQUISITOS LUMINOTÉCNICOS PARA CADA VÍA

Vía	Clasificación	Clase alumbrado	Emin (lux)	Emed (lux)	Um
Acera 1 y 2	E1	S2	3	10	-
Aparcamiento 1 y 2	D1 – D2	CE3	-	15	0,4
Calzada	D3 – D4	S1	5	15	-

Mediante esos requisitos se ha hecho un estudio del vial mediante DIALux y los resultados obtenidos han sido:

TABLA 4. RESULTADOS DIALUX

Vía	Emin (lux)	Emed (lux)	Um
Acera 1	5,45	11,52	-
Acera 2	5,17	10,34	-
Aparcamiento 1	-	16,46	0,4
Aparcamiento 2		15,73	0,41
Calzada	7,78	15,9	-

Se comprueba que todos cumplen con sus requisitos mínimos y además no superan en más del 20% de la iluminancia media.

Deslumbramientos

La instalación se clasifica como alumbrado vial funcional, pero al ser el caso una clase de alumbrado tipo D, no se puede hacer uso de la tabla 6 de la ITC-EA-02, debido a que no se ha clasificado el alumbrado como tal y en el estudio hecho por DIALux no se han obtenido datos sobre el incremento umbral máximo TI en %.

Sin embargo, se puede hacer uso de la tabla 10.

El software clasifica la luminaria como G6 y los valores de intensidad luminosa máxima los cumple:

TABLA 5. INTENSIDAD LUMINOSA MÁXIMA PARA CLASE G6

Intensidad luminosa máxima (cd/klm)		
$70^\circ \leq y < 80^\circ$	$80^\circ \leq y < 90^\circ$	$y \geq 90^\circ$
160 < 350	17,9 < 100	0

Por otro lado, el programa proporciona D6 como la clase de deslumbramiento, sin embargo, si se calculara el índice de deslumbramiento sería 0, es el valor de la intensidad luminosa en las direcciones que formen un ángulo de 85° con la vertical, según especifica la misma ITC.

2.1.4. Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta

Se sigue la ITC-EA-03.

Resplandor luminoso nocturno

Mediante la tabla 1 de esta instrucción, se clasifica el vial como zona E3, al estar situado en el polígono industrial. Y mediante la tabla 2, se establece el valor límite del flujo hemisférico superior instalado a 15%, sin embargo, para la luminaria seleccionada este consta de 0% ya que el fabricante ha dotado la luminaria como “Dark sky-friendly”, y por tanto se cumple esta condición.

Limitación de la luz intrusa o molesta

La tabla 3 de la ITC-EA-03 establece los valores máximos de diferentes parámetros, en la tabla siguiente se muestra uno de ellos.

TABLA 6. ESTUDIO INTENSIDAD LUMINOSA

Parámetro luminotécnico	Valor máximo	Valor instalación
Intensidad luminosa (I)	10.000 cd	9220,4 cd

Para calcular la intensidad luminosa en la dirección potencial de la molestia, considerando aquella que no se dirija al vial a iluminar, la máxima intensidad luminosa sería:

$$I = 1.75 \frac{\text{cd}}{\text{lm}} \cdot 6586 \text{ lm} \cdot f_m = 9220,4 \text{ cd} \quad (4)$$

El resto de los valores no procede calcularlos al no tener datos sobre las fachadas de los futuros emplazamientos de naves y edificios del polígono, al ser este nuevo. Sin embargo, por el diagrama polar de intensidad luminosa se puede apreciar que las luminarias enfocan únicamente a la calzada.

2.1.5. Componentes de las instalaciones

Se sigue la ITC-EA-04.

Lámparas

Las lámparas seleccionadas tienen una eficacia luminosa de 143,2 lm/W, superior a la indicada por esta instrucción (65 lum/W).

Luminarias

La tabla 1 de esta instrucción indica los valores mínimos de rendimiento y factor de utilización de la luminaria, los cuales son 65% para el rendimiento, al considerar el vial funcional y el factor de utilización será el mínimo para cumplir con los requisitos de eficiencia energética.

Se considera que se cumplen ambos valores al cumplirse con dichos requisitos.

Como sistema de accionamiento, y debido a que las luminarias consumen una potencia inferior a 5 kW, se ha incorporado un interruptor horario programable, además de un

interruptor crepuscular mediante célula fotoeléctrica, tal como establece el capítulo 5 de esta instrucción.

Por otro lado, no se instalará ningún sistema de regulación del nivel luminoso por la misma razón, siguiendo el capítulo 9 de la ITC-EA-02.

2.1.6. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones

Se sigue la ITC-EA-06.

Factor de mantenimiento

Se establece una periodicidad de 100.000 horas para la reposición de las luminarias y de 8.000 horas para su limpieza.

De esta manera, el factor de mantenimiento resulta:

$$f_m = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU = 0,8 \quad (5)$$

Donde:

- FDFL: Factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara (0,9)
- FSL: factor de supervivencia de la lámpara (1)
- FDLU: factor de depreciación de la luminaria (0,89)

Para obtener el dato de FDFL no se utiliza la tabla 1 de esta instrucción, debido a los avances tecnológicos actuales y por la naturaleza de los LED. Por ello, se hace uso de las especificaciones del fabricante, donde se indica L90. Este dato indica una depreciación del flujo luminoso del 10% a las 100.000 horas de funcionamiento. Además, en las especificaciones indica que se ha calculado mediante el método IES TM-21, método aprobado por la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA).

Para obtener el factor de supervivencia de la lámpara se estima un FSL de 1 ya que siguiendo la GUÍA-EA-06 se garantiza la reparación de averías si el tiempo de actuación es inferior a 72 horas.

Para calcular el FDLU se hace uso de la tabla 3 de esta instrucción, siendo IP66 y el grado de contaminación se considerará medio, pues se estima que por el polígono reciba vehículos ligeros y pesados. Se establece un intervalo de limpieza de 2 años, al tener la luminaria el método easy clean.

2.2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.2.1. Tensión nominal

La instalación se alimentará desde el CT en corriente alterna a una tensión de 400V entre fases, y a 230 V entre fase y neutro, siendo la frecuencia de red de 50 Hz.

2.2.2. Cálculo de la intensidad de diseño

Para calcular la intensidad de diseño que va a consumir la instalación, la cual tendrá que soportar cada línea, es necesario saber el dato de la potencia de las luminarias, y del factor de potencia de los puntos de luz.

Cada luminaria dispone de un driver el cual actúa como rectificador, transformando la corriente alterna en corriente continua para alimentar los leds adecuadamente. De esta manera, se consigue el máximo aprovechamiento de la corriente eléctrica.

En las especificaciones del fabricante no indica el factor de potencia de los puntos de luz, sin embargo, se da por sentado que es muy cercano a la unidad gracias al ajuste de corriente por parte del driver. Por ello se estimará su valor a 0,9 el cual es el mínimo valor permitido por la ITC-BT-09, capítulo 3.

TABLA 7. POTENCIA INDIVIDUAL PUNTO DE LUZ

Potencia luminaria	46 W
Factor de potencia	0,9

Cabe destacar, que al ser lámparas led, no es necesario mayorar la potencia 1,8 veces, a diferencia de las lámparas de descarga, tal como indica el mismo capítulo de la ITC.

Para obtener la intensidad demanda por la instalación se calculará la intensidad por la línea 1, mediante la siguiente expresión para receptores monofásicos:

$$I_b = \frac{Pot}{U_n \cdot \cos \varphi} = 2 \text{ A} \quad (6)$$

Donde:

- Pot : Potencia total de la línea 1 (368 W)
- U_n : Tensión fase-neutro (230 V)

Mediante la misma expresión se obtiene la intensidad consumida por una luminaria, 0,22 A.

2.2.3. Dimensionado de la sección de conductores por criterio térmico

Una vez obtenida la intensidad de consumo de la instalación, es necesario adecuar las dimensiones de los cables necesarios para soportar el paso de esta.

En este apartado se dimensionan la derivación individual, las líneas de alimentación junto con la línea de control y el cable del interior de los soportes.

Se considera que la acometida es de sección 4x50 mm² de aluminio, según lo establecido por la compañía suministradora.

2.2.3.1. Derivación individual

Se utilizará un cable tetrapolar, para las 3 fases y el neutro, de tensión asignada 0,6/1 kV el cual circulará en el interior de un tubo enterrado, y la sección mínima de conductores será de 6 mm² según establece la ITC-BT-15.

En primer lugar, se escoge la sección mínima admisible por la ITC-BT-015 y se obtiene el valor de intensidad admisible de la tabla A5 de la ITC-BT-07 para aislamiento XLPE (66 A).

Sin embargo, esta intensidad se refiere para las condiciones indicadas en la parte inferior de la tabla. Por ello será necesario el uso de factores de corrección para obtener la intensidad máxima admisible para las condiciones del terreno.

Estos factores se obtienen a partir de las de la tablas 6, 7, 8 y 9 de la ITC-BT-07.

De la tabla 6 se escoge un factor de corrección de 0,96 para el XLPE, al considerar la temperatura del terreno 30°C.

De la tabla 7 se escoge 1.09 al ser la resistividad térmica del terreno de 0,8 Km/W, al tratarse de suelo natural húmedo, por su proximidad con el mar.

De la tabla 8 no es necesario escoger ningún factor de corrección, al no haber agrupación de cables.

La profundidad de la instalación será de 0,5 m y por ello se escoge un factor de corrección de 1,02.

Una vez seleccionados los diferentes factores de protección se obtiene la máxima intensidad admisible de la siguiente forma:

$$I_z = k_t \cdot k_r \cdot k_a \cdot k_p \cdot I_a \quad (7)$$

Donde:

- k_t : factor de corrección para la temperatura
- k_r : factor de corrección para la resistividad del terreno
- k_a : factor de corrección para la agrupación de cables
- k_p : factor de corrección para la profundidad
- I_a : máxima intensidad admisible

TABLA 8. CÁLCULO INTENSIDAD ADMISIBLE

Aislamiento	Máxima Intensidad admisible	Factores de corrección				Intensidad admisible (condiciones instalación)
		k_t	k_r	k_a	k_p	
XLPE	66 A	0,96	1,09	1	1,02	70,44 A

Con ambos se puede usar perfectamente la sección mínima de 6 mm², ya que la intensidad máxima admisible es muy superior a la intensidad demandada.

Al ser la sección de los conductores 6 mm², se escoge un diámetro exterior del tubo de 50 mm, tal como establece la tabla 9 de la ITC-BT-21.


2.2.3.2. Redes de alumbrado

Al ser las líneas 1 y 2 de similares características, se calculará únicamente la sección de la línea más desfavorable (línea 1) y se elegirá dicha sección para ambas. Por otro lado, el circuito de control se dimensionará con el diámetro mínimo permitido.

La ITC-BT-09 indica que los cables deben ir entubados y enterrados a una profundidad mínima de 0,4 m, con un diámetro interior mínimo de 60 mm. Se escoge una profundidad de 0,5 m.

Se hace uso de la tabla A de la GUÍA-BT-09, mostrada en la siguiente figura, al ser instalación entubada y de las tablas 6, 7, 8 y 9 anteriormente usadas.

Tabla A. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada entubada (servicio permanente).

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)		1 cable tripolar o tetrapolar (3)	
				
	TIPO DE AISLAMIENTO			
	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	58	50	53	45
10	77	68	70	60
16	100	88	92	78
25	128	112	120	100
35	152	136	144	120

temperatura ambiente del terreno: 25 °C,
 conductividad térmica del terreno 1K·m/W.
 un sólo circuito de cables unipolares en contacto, bajo tubo

- (1) incluye el conductor neutro.
- (2) para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y aislamiento, multiplicada por 1,225
- (3) para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y aislamiento, multiplicada por 1,225

Fig. 3

Al ser 2 cables unipolares, se multiplica la intensidad máxima admisible por 1,225 y dadas las buenas propiedades del aislamiento XLPE se vuelve a hacer uso de este.

Manteniendo los factores de corrección que la derivación individual, se obtiene una intensidad admisible de 76 A.

Se comprueba que, para las condiciones de instalación dadas, se puede utilizar la mínima sección permitida.

2.2.3.3. Cable interior soportes

Según el apartado 6.4 de la ITC-BT-09, los conductores han de ser de sección mínima de 2,5 mm² y de cobre.

Para comprobar que esa sección sea suficiente se hace uso de la tabla 1 de la ITC-BT-19.

Se considera que la instalación es de tipo B y se usa aislamiento XLPE, con estas condiciones la intensidad máxima admisible es de 29 A a 40°C (temperatura que se elige en el caso más desfavorable) mucho mayor que la intensidad consumida por una única luminaria, por ello se comprueba que la sección de 2,5 mm² cumple el criterio térmico.

2.2.4. Dimensionado de la sección de conductores por criterio de caída de tensión

Mediante el criterio térmico se ha obtenido una primera solución de las secciones necesarias para los diferentes cables, en este apartado se comprueba si esas secciones cumplen también con el criterio de caída de tensión.

2.2.4.1. Derivación individual

Según la ITC-BT-15, la caída de tensión admisible para un único usuario es del 1,5%.

Para calcular la caída de tensión se emplea:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_b (R_{di} \cos \varphi + X_{di} \sin \varphi) = 0,2 V \quad (8)$$

Siendo:

- R_{di} : Resistencia de la derivación individual (6 mΩ).
- X_{di} : Reactancia de la derivación individual (0,16 mΩ).
- I_b : Intensidad de diseño (2 A).
- $\cos \varphi$: 0,9.
- $\sin \varphi$: 0,44.

Para calcular la resistencia del cable se hace uso de:

$$R = \frac{\rho L}{S} = 0,006 \Omega \quad (9)$$

Donde:

- ρ : resistividad del cobre a la temperatura de trabajo $\left(0,01793 \text{ ohm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}\right)$
- L : longitud del tramo (2 m)

- S : Sección del cable (6 mm²)

Para obtener la resistividad del cobre se utiliza la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha \cdot \Delta T) \left(\text{ohm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right) = 0,01793 \text{ ohm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \quad (10)$$

Siendo:

- ρ_{20} : Resistividad del cobre a 20°C (0,01724 ohm · $\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$)
- α : Coeficiente de temperatura del cobre (0,00393 °C⁻¹)
- ΔT : Variación de temperatura de trabajo y 20°C

Para obtener la temperatura del cobre en condiciones de trabajo para el aislamiento XLPE se utiliza la expresión:

$$T_{cond} = T_{amb} + (90^\circ\text{C} - T_{amb}) \cdot \left(\frac{I_b}{I_z} \right)^2 = 30^\circ\text{C} \quad (11)$$

Siendo:

- T_{amb} : temperatura ambiente (30°C)
- I_z : intensidad admisible de la instalación (70,44 A)

Para calcular la reactancia del cable se hace uso de:

$$X = xL = 0,16 \text{ m}\Omega \quad (12)$$

Donde

- x : reactancia por unidad de longitud para cables tripolares (80 mΩ/km)

Finalmente se comprueba que la sección obtenida por el criterio térmico cumple además con el de caída de tensión pues:

$$\frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% = 0,005\% < 1,5\% \quad (13)$$

- U_n : tensión fase-fase (400V)

Dimensionado final: sección 3x6 mm² Cu + N (6 mm²) Cu

2.2.4.2. Redes de alumbrado

Se procede a comprobar que la caída de sección de las líneas que alimentan a las luminarias sea inferior a 3%, siguiendo lo establecido por la ITC-BT-09.

Para obtener el valor de la sección de las líneas que alimentan las luminarias se utiliza la siguiente expresión para una línea con múltiples cargas para líneas monofásicas:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{3\% \cdot U_n^2} \left(\sum^n L_{oi} \cdot P_i \right) = 1,42 \text{ mm}^2 \quad (14)$$

Donde:

- P_i : potencia individual de la luminaria i (46 W)
- L_{0i} : distancia entre el cuadro general de protección y control y la luminaria i
- n : número de luminarias (9)

TABLA 9. DISTANCIA ENTRE ORIGEN Y LUMINARIA I

L_{01}	L_{02}	L_{03}	L_{04}	L_{05}	L_{06}	L_{07}	L_{08}	L_{09}
2 m	32 m	62 m	92 m	122 m	152 m	182 m	212 m	242 m

Se comprueba que la sección mínima para cumplir este criterio es inferior a la usada en el criterio térmico.

Dimensionado final: 6 mm² Cu + N (6 mm²) Cu

2.2.4.3. Cable interior soportes

La expresión de la caída de tensión para este caso es la misma que (8) pero al ser línea monofásica, se sustituye $\sqrt{3}$ por 2.

Donde:

- $R = 59,52 \text{ m}\Omega$
- $X = 1,04 \text{ m}\Omega$
- $I_b = 0,22 \text{ A}$

Calculados mediante (9) y (12) con los siguientes datos:

- ρ : resistividad del cobre a 40°C $\left(0,0186 \text{ ohm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}\right)$
- $L = 8 \text{ m}$
- $S = 2,5 \text{ mm}^2$

Se obtiene una caída de tensión de 0,08%, menos del 3%, por lo que la sección cumple rigurosamente el criterio de caída de tensión.

Dimensionado final: 2,5 mm² Cu + N (2,5 mm²) Cu

2.2.5. Cálculo de protección contra sobrecargas

Para que haya una protección efectiva se tienen que cumplir dos condiciones dictaminadas por la norma UNE-HD 60364, apartado 433.

1. $I_b \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1,45 I_z$

Donde:

I_b : corriente de diseño de la instalación

I_n : corriente de trabajo del dispositivo de protección

I_z : corriente permanente admisible del cable

Siendo $I_2 = \{1,3; 1,45; 1,6\} \cdot I_n$ para interruptores automáticos (IA), pequeños interruptores automáticos (PIA) y fusibles, respectivamente.

2.2.5.1. Líneas de alumbrado

Para proteger las líneas de alumbrado, se analizará la línea 1, la cual es la que tiene más cargas, para dimensionar las protecciones.

La primera condición adquiere la forma:

$$2 \text{ A} \leq I_n \leq 76 \text{ A}$$

Por las condiciones del proyecto, para garantizar la continuidad del servicio de las luminarias en caso de sobrecarga, y al ser la intensidad necesaria del dispositivo no muy elevada se escogerá un pequeño interruptor automático.

Con dicho dispositivo, la condición 2 establecida por la norma se cumplirá siempre y cuando se cumpla la 1 pues:

$$I_2 = 1,45 I_n$$

Para seleccionar su intensidad nominal, se comprobará si se puede proteger la línea contra cortocircuitos.

2.2.5.2. Cable interior soportes

Como se ha mencionado, en las cajas de conexión y derivación situadas en el interior de los soportes, se colocarán fusibles de protección de 6 A, se comprueba que estos protegen contra sobrecargas:

La condición 1 se cumple:

$$0,22 \text{ A} < 6 \text{ A} < 29 \text{ A}$$

La condición 2 se cumple:

$$\begin{aligned} 1,6 I_n &\leq 1,45 I_z \\ 9,6 \text{ A} &\leq 42,05 \text{ A} \end{aligned}$$

2.2.6. Cálculo de protección contra cortocircuitos

Para proteger adecuadamente la instalación frente a cortocircuitos será necesarios calcular los siguientes parámetros:

1. $I_{cc,m\acute{a}x}$: Corriente máxima de cortocircuito.
2. $I_{cc,m\acute{a}x}$: Corriente mínima de cortocircuito.

Para los cálculos de corriente de cortocircuito se considerarán para el tipo de cortocircuito tripolar.

Y una vez calculados dichos parámetros se aplicarán los siguientes criterios establecidos por la norma UNE-HD 60364:

1. Criterio de poder de corte
2. Criterio de tiempo de corte

2.2.6.1. Líneas de alumbrado

La corriente máxima de cortocircuito a la altura del cuadro general de protección y control se calcula:

$$I_{cc,m\acute{a}x} = \frac{U_{nT}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_k + R_a + R_{di})^2 + (X_k + X_a + X_{di})^2}} = 5,3 \text{ kA} \quad (15)$$

Donde:

- U_{nT} : tensión del secundario del transformador (400 V).
- R_k : resistencia de defecto del circuito (2,58 mΩ).
- X_k : reactancia de defecto del circuito (13,05 mΩ).
- R_a : resistencia de la acometida (31 mΩ).
- X_a : reactancia de la acometida (4 mΩ).
- R_{di} : resistencia de la derivación individual (6 mΩ).
- X_{di} : reactancia de la derivación individual (0,16 mΩ).

La resistencia y reactancia de defecto del circuito se calculan mediante:

$$R_k = R_L + R_{cc} = 2,58 \text{ m}\Omega \quad (16)$$

$$X_k = X_L + X_{cc} = 13,05 \text{ m}\Omega \quad (17)$$

La resistencia y reactancia de cortocircuito del transformador se calculan a partir de:

$$R_{cc} = \frac{\varepsilon_{Rcc}(\%)}{100} \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}} = 2,54 \text{ m}\Omega \quad (18)$$

$$X_{cc} = \frac{\varepsilon_{Xcc}(\%)}{100} \frac{U_{nT}^2}{S_{nT}} = 12,7 \text{ m}\Omega \quad (19)$$

Siendo:

- S_{nT} : potencia nominal del transformador (630 kVA)
- ε_{Rcc} : componente resistiva de la caída de tensión en cortocircuito (1 %)
- ε_{Xcc} : componente reactivas de la caída de tensión en cortocircuito (5 %)

Al tener el dato de la potencia de cortocircuito de la red, se tendrá en cuenta en los cálculos de la corriente de cortocircuito, y por ende se calcula la impedancia de la línea de distribución mediante:

$$Z_L = 1,1 \frac{U_{nT}^2}{1000 S_k''} = 0,35 \text{ m}\Omega \quad (20)$$

$$X_L = 0,995 Z_L = 0,35 \text{ m}\Omega \quad (21)$$

$$R_L = 0,1 X_L = 0,04 \text{ m}\Omega \quad (22)$$

Donde:

- S_k'' : potencia de cortocircuito de la red, dato proporcionado por compañía suministradora (500 MVA)

R_α y X_α se han obtenido mediante (9) y (12) donde:

- $L = 50 \text{ m}$
- $S = 50 \text{ mm}^2$

Una vez calculada la corriente de cortocircuito máxima, se procede a calcular la mínima, para ello se considerará el punto más alejado del cuadro general de protección, este coincide con el final de la línea 1.

Para obtener $I_{cc,min}$ se utiliza (15), añadiendo a la suma de impedancias las de la línea 1:

- $R_{L_1} = 747 \text{ m}\Omega$
- $R_{L_1} = 32,5 \text{ m}\Omega$

Posteriormente se debe de multiplicar esta por un coeficiente de 0,5 al contar el circuito con neutro y siendo este de la misma sección de la base, pues el cortocircuito mínimo se produce por falta fase-neutro, quedando de esta manera:

$$I_{cc,min} = 0,5 \cdot I_{cc} = 150 \text{ A} \quad (23)$$

Una vez calculada la corriente de cortocircuito, se procede a seleccionar el dispositivo de protección adecuado.

Criterio de poder de corte

Para cumplir la primera condición el poder de corte debe ser mayor que la $I_{cc,máx}$:

$$PC > 5,3 \text{ kA}$$

Criterio de tiempo de corte

Esta segunda condición establece que la intensidad de actuación sea menor que la $I_{cc,min}$:

$$I_a < 150 \text{ A}$$

Con esta información, se decide seleccionar un interruptor magnetotérmico de intensidad nominal 16 A, curva B y poder de corte 6 kA, el cual está diseñado para proteger líneas de gran longitud.

De manera que su corriente de actuación se calcula considerando un margen superior de 5 y se obtiene 80 A.

Con este dispositivo se protegerá la línea 1 frente a sobrecargas y cortocircuitos, y se usará el mismo para proteger la línea 2 y la línea de control.

2.2.6.2. Cable interior soportes

Se comprueba que estos protegen contra cortocircuitos:

Criterio de poder de corte

Para cumplir la primera condición el poder de corte debe ser mayor que la $I_{cc,máx}$, que se considera la misma que para las líneas, siendo el caso más desfavorable la luminaria más próxima al cuadro general de protección.

$$PC > 5,3 \text{ kA}$$

Se cumple sin problema alguno la condición del poder de corte por que el fusible tiene 100kA de poder de corte.

Criterio de tiempo de corte

Se calcula $I_{cc,mín}$ de manera análoga a (15) y a (23) y se obtiene 0,12 kA añadiendo:

- $R = 59,52 \text{ m}\Omega$
- $X = 1,04 \text{ m}\Omega$

Esta corriente de cortocircuito es la que recibiría la última luminaria, por ello si el criterio de tiempo de corte se cumple en esta situación, se cumplirá en todas.

El tiempo admisible del conductor es:

$$t_{ad} = \left(\frac{K \cdot S}{I_{cc,mín}} \right)^2 = 9 \text{ s} \quad (24)$$

Para comprobar el tiempo de funcionamiento del fusible a la intensidad mínima de cortocircuito se ha elegido la siguiente gráfica de un fabricante alemán de fusibles de características similares.

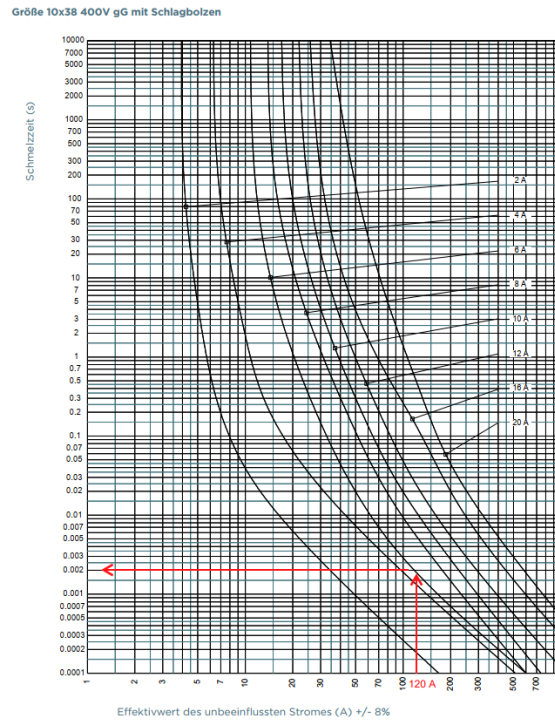


Fig. 4

Se obtiene un tiempo de funcionamiento de 0,002 segundos, por lo que el fusible protegerá al cable.

2.2.7. Cálculo de protecciones contra corrientes de defecto

Para proteger la instalación frente a corrientes de defecto se calcula la corriente de fugas en condiciones normales de funcionamiento de la línea de mayor longitud mediante:

$$I_{fugas} = \frac{U_n \cdot L}{w \cdot C_p} = 9 \text{ mA} \quad (25)$$

Siendo:

- U_n : 230 V
- w : velocidad angular ($2\pi 50$ Hz)
- C_p : capacidad parásita fase-tierra ($0,5 \frac{\mu F}{km} \cdot fase$)

La corriente diferencial nominal del dispositivo debe ser mucho mayor que el doble de la corriente de fugas:

$$I_{\Delta N} \geq 2 \cdot 9 \text{ mA}$$

Por lo tanto, se escoge un interruptor diferencial de corriente nominal $I_{\Delta N} = 300 \text{ mA}$ (máximo permitido por la ITC-BT-09), ya que, debido a la corriente de fugas de la instalación, el mínimo defecto de aislamiento podría ocasionar el disparo de un interruptor diferencial más sensible.

2.2.8. Cálculo de puesta a tierra

Según el apartado 10 de la ITC-BT-09, es necesario colocar un electrodo cada 5 soportes, colocando 1 en el primero y otro en el último. Por ello se colocan puestas a tierra formadas por 3 picas de 2 metros en cada línea, de manera que la resistencia de puesta a tierra es:

$$R_{pat} = \frac{\rho}{n \cdot L} = 8,33 \Omega \quad (26)$$

Siendo:

- ρ : resistividad del terreno ($50 \Omega \cdot m$)
- L : longitud del electrodo (2 m)
- n : Número de picas (3)

Una vez obtenida la resistencia de puesta a tierra y la corriente diferencial nominal del interruptor se calcula la tensión de contacto y esta deberá ser inferior a 24 V según indica la instrucción.

$$U_L = R_{pat} \cdot I_{\Delta n} = 2,5 V < 24 V \quad (27)$$

Como se puede apreciar, el dimensionamiento de las picas, junto con la sensibilidad del interruptor diferencial seleccionado hace que se cumpla de manera estricta la protección contra corrientes de defecto.

3. CONCLUSIONES

Durante el transcurso de este trabajo se han tenido que consultar multitud de reglamentos e instrucciones, especialmente el REBT actualizado a fecha del 22 de marzo de 2022 y sus instrucciones complementarias.

Como curiosidad, si se sigue la ITC-BT-22 de dicho reglamento, se comprobará que existe una errata, ya que la instrucción remite a la norma UNE 20460, la cual está anulada. Y para ello se ha tenido que ir a la ITC-BT-02, en concreto en el listado de normas.

En un primer momento no se sabía el grado de protección de la trampilla del soporte, de manera que se confió en la caja de protección dotada como accesorio facilitara dicho grado de protección, sin embargo, ese grado de protección era inferior al colocarse en la columna. Por ello se comprueba la norma EN 40-5:2002 para ver si existe algún dato del grado de protección del soporte. Pero no se encontró información. Finalmente se optó por usar una caja de otro fabricante que sí asegura una IP44 y una IK08, que, aunque no sea IK10 como pone en la ITC-BT-09, en la norma EN 40-2 capítulo 4.4.5 sí que los permite.

Finalmente, se ha conseguido cubrir el objetivo previsto de este proyecto, se ha dimensionado el vial correctamente, y esta servirá de modelo para el resto de los viales del polígono.

4. REGLAMENTOS Y NORMAS

- Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC edición actualizada a 16 de marzo de 2022
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Normas UNE-EN 40-2 y 40-5
- Norma UNE-EN 60598-2-3
- UNE-HD 60364-1

5. ANEXOS.

5. 1. FUENTES DE INFORMACIÓN

Tecnología eléctrica, 4ª Edición, Roger Folch, José / Riera Guasp, Martín / Roldán Porta, Carlos / Editorial Síntesis

Guía-BT-09 jul 2020 de instalaciones de alumbrado exterior:

https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/ITC-BT-09_guia_E_jul_20_R2.pdf

GUÍA-EA-06 2013:

https://www.ceisp.com/fileadmin/pdf/Reglamento/ITC_EA_06_Mantenimiento_eficiencia_energetica_instalaciones_mayo_2013.pdf

Gráfica obtenida de fabricante alemán de fusibles:

<https://www.eibabo.es/mersen/inserto-de-fusible-fusible-cilindrico-10x38-mm-6a-fr10gg50v6-eb15801152>

Artículo acerca de drivers:

<https://blog.ledbox.es/la-importancia-del-los-controladors-en-la-iluminacion-led/>

Artículo sobre factor de mantenimiento:

https://www.fagerhult.com/globalassets/global/downloads/technical_info/life_time_leds_download.pdf

Cimentación columnas

<https://hager.com/es/catalogo/catalog/product/download/id/EEN100/>

5. 2. FICHAS TÉCNICAS

Luminaria CU-Phosco:

<https://www.cuphosco.com/media/downloads/Brochures/P863.pdf>

Soporte modelo Ce-8076/3:

https://ledpoles.com/Imagenes/Series/1_12534.pdf

Caja de protección, derivación y conexión:

https://www.claved.es/files/1469_1_MC_AC41061.pdf

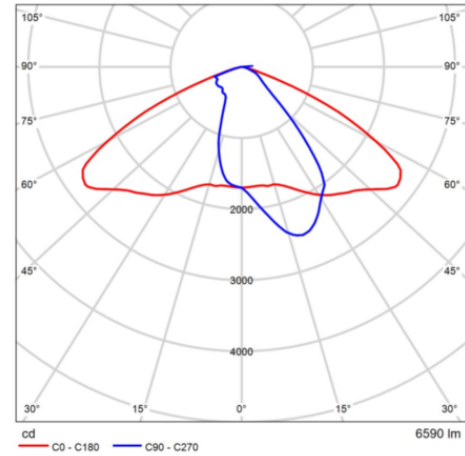
5. 3. CÁLCULOS DIALUX

Ficha de producto

No hay ningún miembro DIALux - P863-128-C2-730-W3-350-46W



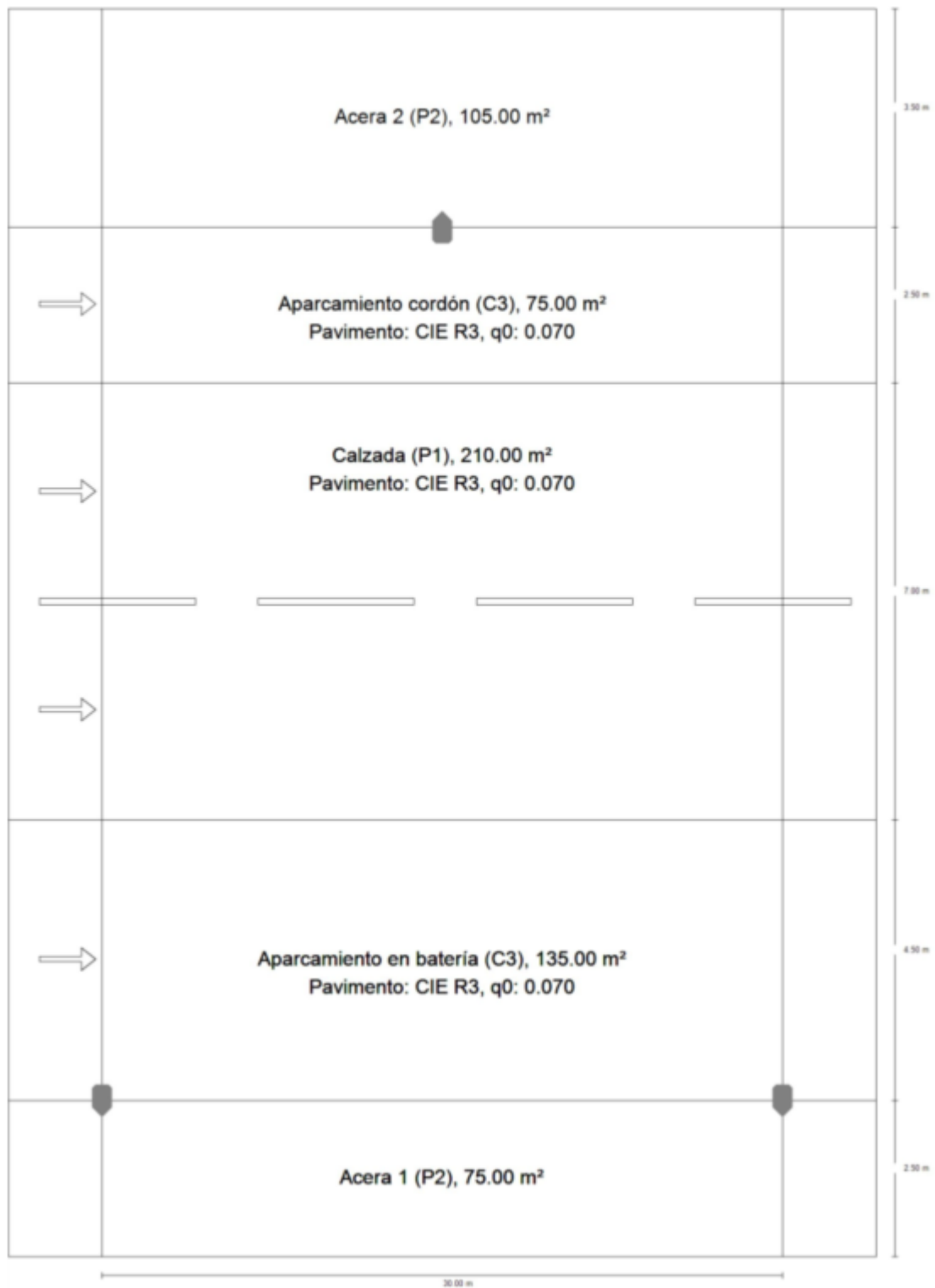
Nº de artículo	P863-128 LED C2 optic 350mA
P	46.0 W
Φ Luminaria	6586 lm
Rendimiento lumínico	143.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



CDL polar

Calle A

Resumen (hacia EN 13201:2015)

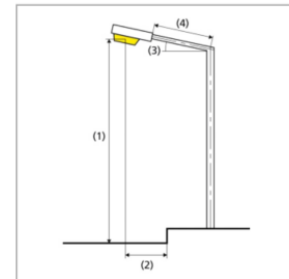


Calle A

Resumen (hacia EN 13201:2015)

P863-128-C2-730-W3-350-46W (bilateral en alternancia)

Distancia entre mástiles	30.000 m
(1) Altura de punto de luz	8.000 m
(2) Saliente del punto de luz	0.000 m
(3) Inclinación del brazo	0.0°
(4) Longitud del brazo	0.000 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 46.0 W
Consumo	3036.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensidad lumínica máx Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 70°: 160 cd/klm ≥ 80°: 17.9 cd/klm ≥ 90°: 0.00 cd/klm
Clase de potencia lumínica Los valores de intensidad lumínica en [cd/klm] para el cálculo de la clase de potencia lumínica se refieren al flujo luminoso de luminaria conforme a EN 13201:2015.	G*6
Clase de índice de deslumbramiento	D.6



Calle A

Resumen (hacia EN 13201:2015)

Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Acera 2 (P2)	E_m	10.34 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	5.17 lx	≥ 3.00 lx	✓
Aparcamiento cordón (C3)	E_m	15.73 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o	0.41	≥ 0.40	✓
Calzada (P1)	E_m	15.90 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	7.78 lx	≥ 5.00 lx	✓
Aparcamiento en batería (C3)	E_m	16.46 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o	0.40	≥ 0.40	✓
Acera 1 (P2)	E_m	11.52 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	5.45 lx	≥ 3.00 lx	✓

(2) Valor nominal modificado por el proyectista, difiere de la norma

Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.80.

Resultados para indicadores de eficiencia energética

	Tamaño	Calculado	Consumo
Calle A	D_p	0.011 W/lx*m ²	-
P863-128-C2-730-W3-350-46W (bilateral en alternancia)	D_e	0.6 kWh/m ² año,	368.0 kWh/año

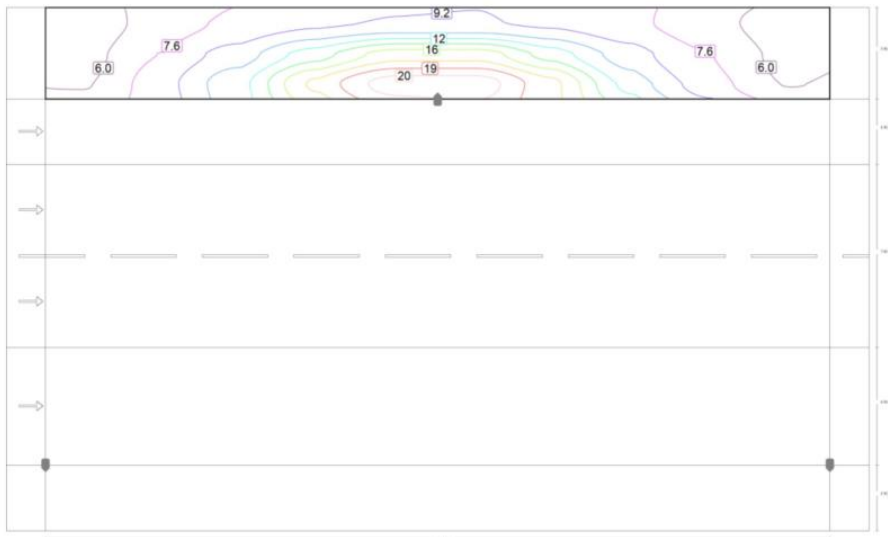
Calle A

Acera 2 (P2)

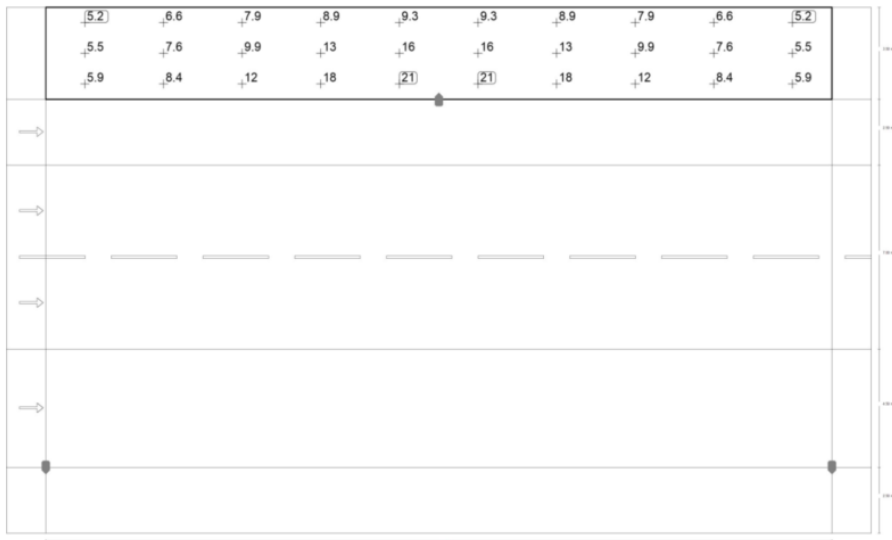
Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Acera 2 (P2)	E_m	10.34 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	5.17 lx	≥ 3.00 lx	✓

(2) Valor nominal modificado por el proyectista, difiere de la norma



Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
19.417	5.17	6.58	7.94	8.88	9.27	9.27	8.88	7.94	6.58	5.17
18.250	5.54	7.59	9.90	13.21	16.35	16.35	13.21	9.90	7.59	5.54
17.083	5.89	8.44	11.80	17.51	21.11	21.11	17.51	11.80	8.44	5.89

Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Tabla de valores)

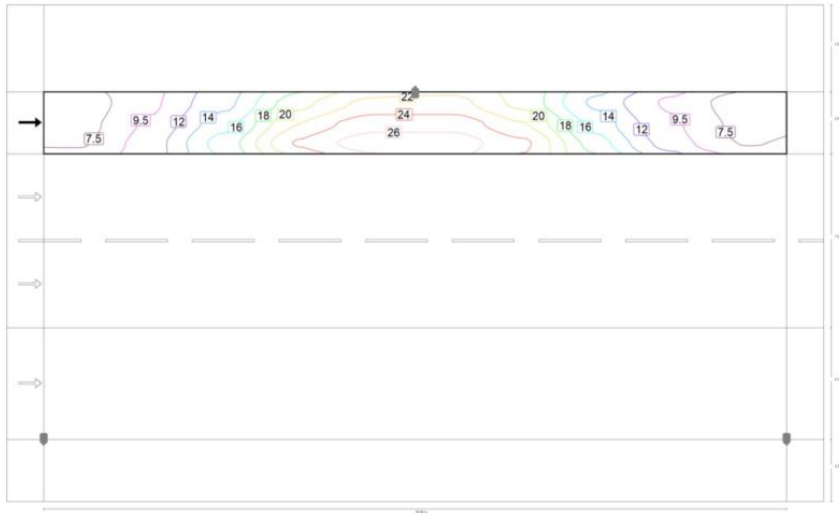
	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminación horizontal	10.3 lx	5.17 lx	21.1 lx	0.50	0.25

Calle A

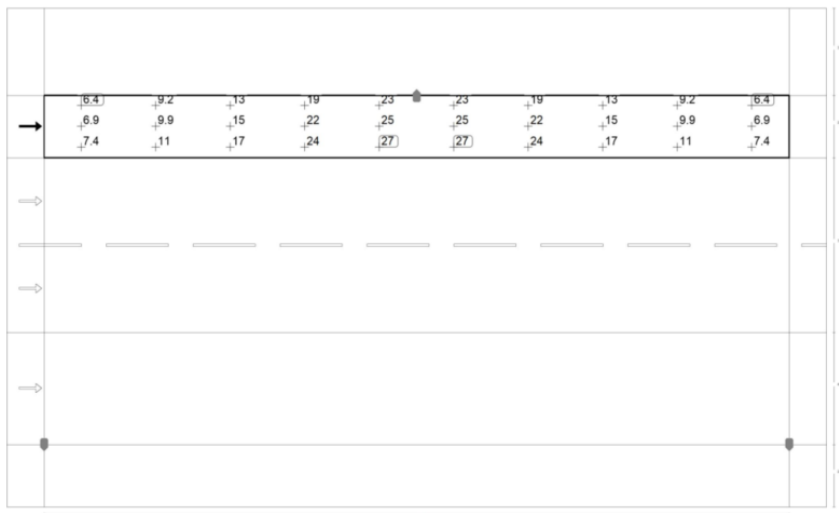
Aparcamiento cordón (C3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Aparcamiento cordón (C3)	E_m	15.73 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o	0.41	≥ 0.40	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
16.083	6.44	9.21	13.22	19.21	22.57	22.57	19.21	13.22	9.21	6.44
15.250	6.88	9.94	14.94	22.00	25.27	25.27	22.00	14.94	9.94	6.88
14.417	7.35	10.73	16.73	24.34	27.12	27.12	24.34	16.73	10.73	7.35

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	15.7 lx	6.44 lx	27.1 lx	0.41	0.24

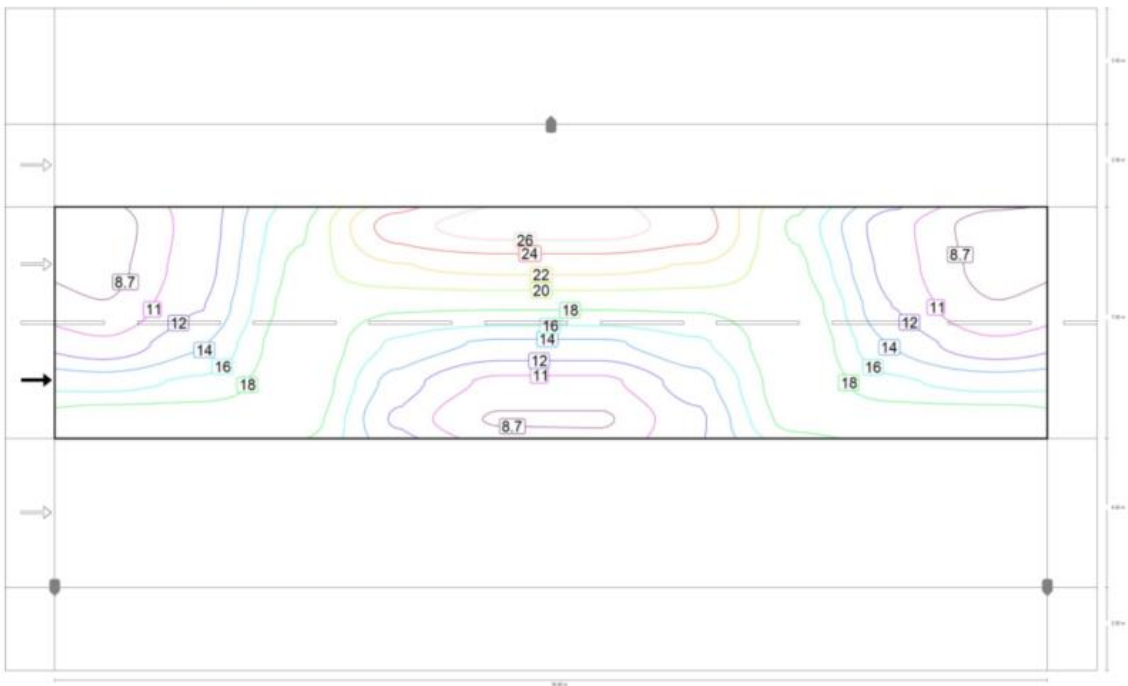
Calle A

Calzada (P1)

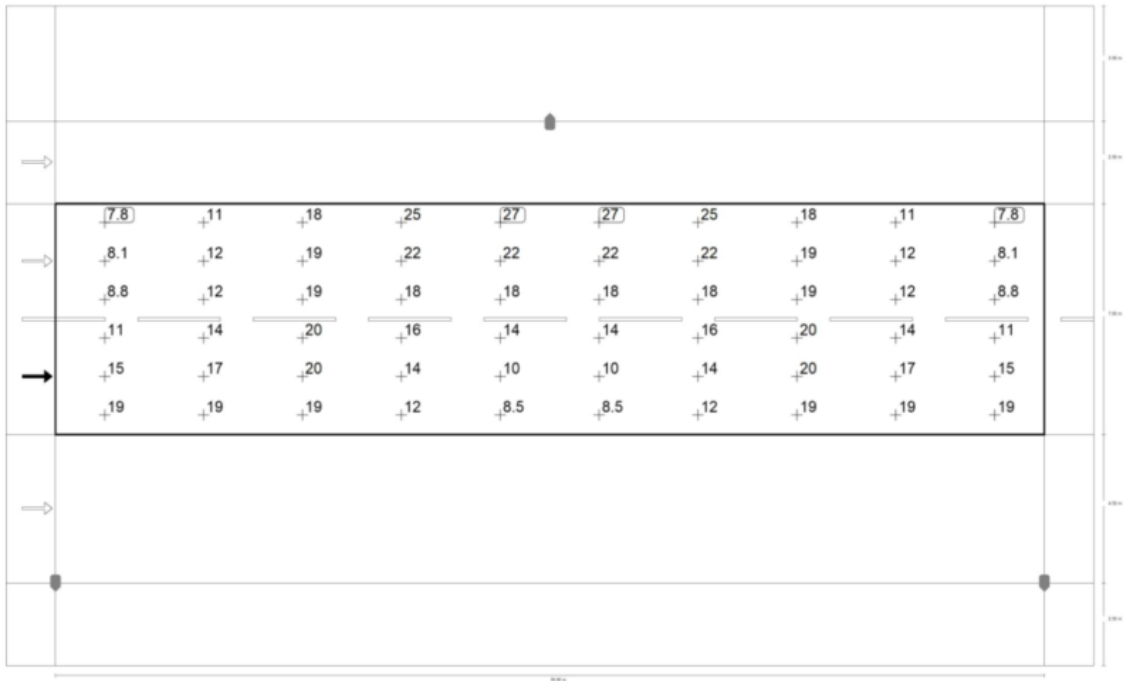
Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada (P1)	E_m	15.90 lx	[15.00 - 22.50] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	7.78 lx	≥ 5.00 lx	✓

(2) Valor nominal modificado por el proyectista, difiere de la norma



Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
13.417	7.78	11.40	17.83	24.76	26.63	26.63	24.76	17.83	11.40	7.78
12.250	8.12	11.67	18.63	21.80	22.38	22.38	21.80	18.63	11.67	8.12
11.083	8.82	12.39	19.17	18.42	18.40	18.40	18.42	19.17	12.39	8.82
9.917	11.06	14.14	19.72	15.92	14.07	14.07	15.92	19.72	14.14	11.06
8.750	15.45	16.64	19.64	13.55	10.20	10.20	13.55	19.64	16.64	15.45
7.583	19.37	19.27	19.03	12.13	8.52	8.52	12.13	19.03	19.27	19.37

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

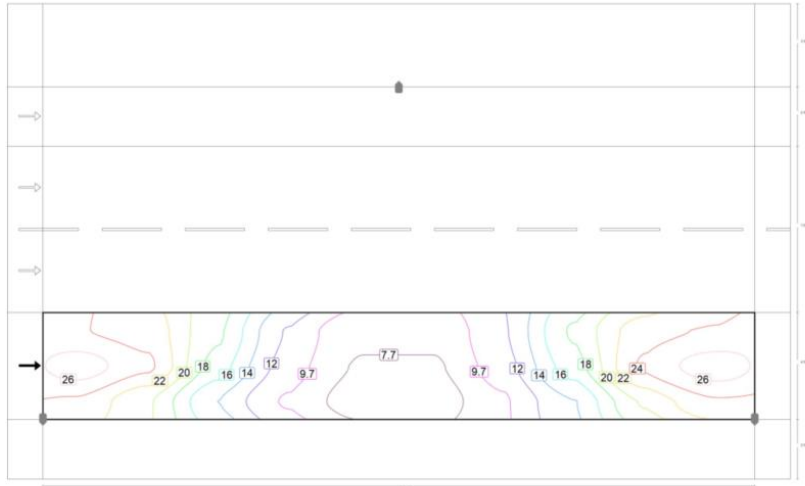
	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	15.9 lx	7.78 lx	26.6 lx	0.49	0.29

Calle A

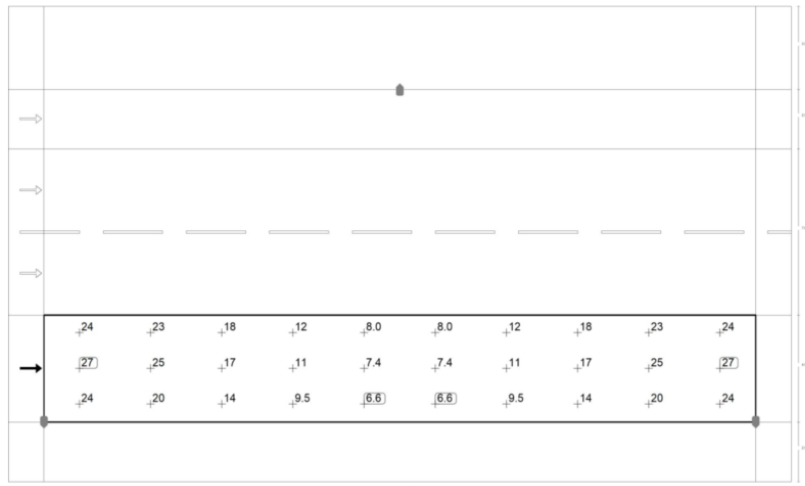
Aparcamiento en batería (C3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Aparcamiento en batería (C3)	E_m	16.46 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o	0.40	≥ 0.40	✓



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
6.250	24.42	23.33	18.29	11.58	7.99	7.99	11.58	18.29	23.33	24.42
4.750	27.31	24.59	16.97	10.87	7.44	7.44	10.87	16.97	24.59	27.31
3.250	23.82	20.35	13.83	9.47	6.62	6.62	9.47	13.83	20.35	23.82

Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	16.5 lx	6.62 lx	27.3 lx	0.40	0.24

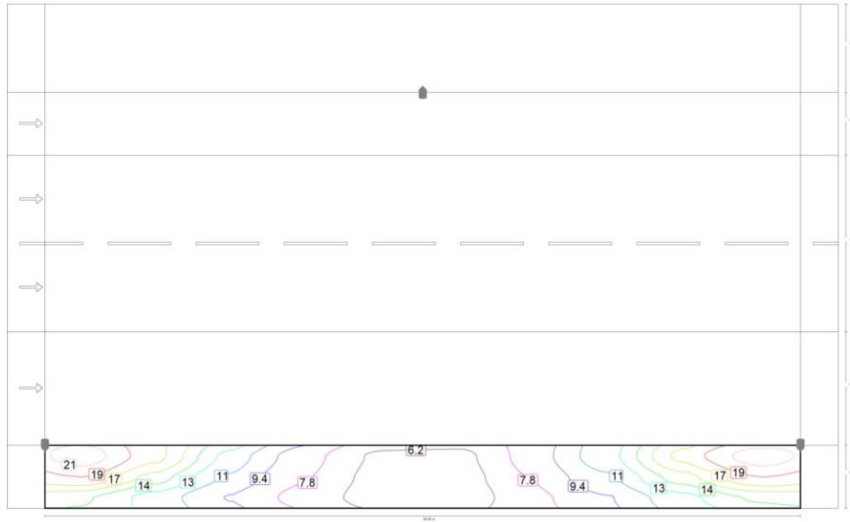
Calle A

Acera 1 (P2)

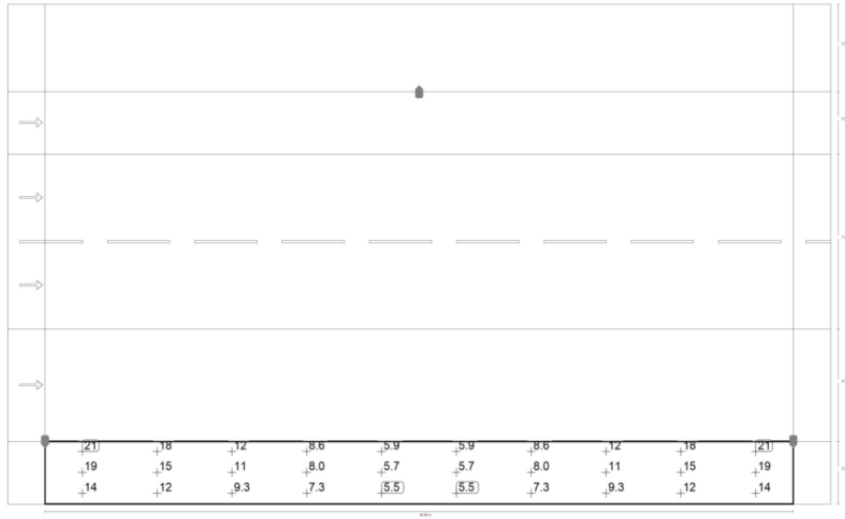
Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Acera 1 (P2)	E_m	11.52 lx	[10.00 - 15.00] lx	✓
	$E_{min}^{(2)}$	5.45 lx	≥ 3.00 lx	✓

(2) Valor nominal modificado por el proyectista, difiere de la norma



Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Líneas Isolux)



Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Sistema de valores)

m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500
2.083	21.35	17.92	12.04	8.55	5.94	5.94	8.55	12.04	17.92	21.35
1.250	18.99	15.08	10.74	7.96	5.67	5.67	7.96	10.74	15.08	18.99
0.417	14.48	12.03	9.34	7.31	5.45	5.45	7.31	9.34	12.03	14.48

Valor de mantenimiento iluminación horizontal [lx] (Tabla de valores)

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminación horizontal	11.5 lx	5.45 lx	21.4 lx	0.47	0.26

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

1. PRECIOS UNITARIOS

Código	Mano de Obra	Precio
mo003	Oficial primera	16,08
mo041	Ayudante	15,61
mo020	Peón ordinario	15,15
mo087	Oficial 1ª Encofradores	18,45
mo102	Ayudante Encofradores	17,65
mo113	Oficial 1ª electricista.	20,48
O01BE010	Oficial 1ª construcción.	19,93
O01BE020	Oficial 1ª construcción de obra civil.	19,93
O01A030	Ayudante construcción de obra civil.	18,92
O01A050	Ayudante electricista.	18,88
O01A070	Peón ordinario construcción.	18,69

Código	Maquinaria	Precio
mq01pan010a	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	45,95
mq04cab010c	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	45,88
mq02cia020j	Camión cisterna, de 8 m ³ de capacidad.	44,89
mq01ret020b	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	41,71
M05PN010	Pala cargadora neumáticos 85 CV/1,2m ³	40,33
M05RN020	Retrocargadora neum. 75 CV	39,47
M08CA110	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	28,8
mq07cce010a	Camión con cesta elevadora.	21,68
mq04dua020b	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	10,38
M08RL010	Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	5,64
mq02rop020	Pisón vibrante de guiado manual de 80 kg, con placa de 30x30 cm.	3,92
M10HV080	Vibrador hormigón gasolina 75 mm	2,43

Código	Materiales	Precio
LUM	Luminaria CU-Phosco 46 W	1.048,00
mt35cgm100l	Caja de superficie con puerta opaca, fabricada en poliéster, IP66.	567,25
SOP	Soporte de columna troncocónica de acero galvanizado 8 m	480,9
mt35amc307aa	Interruptor general automático (IGA), tetrapolar (4P), con 10 kA, 40A	316,91
mt35cgm080a	Interruptor crepuscular con célula fotoeléctrica	178,69
mt35cgm090a	Interruptor horario programable.	150,64
mt35tta010	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm.	75,6
mt10hmf011xb	Hormigón en masa HM-15/B/20/X0, fabricado en central.	67,43
mt35cgm070a	Contactador de maniobra, de 40 A de intensidad nominal, (4P)	64,24
mt35amc100db	ID (2P), intensidad nominal 25 A, de 300 mA, poder de corte 6 kA.	56,99
P01HCM002	Hormigón HM-20/B/32/l central	56,73

mt35tta030	Puente para comprobación de puesta a tierra.	47
P27SA050	Perno anclaje D=2,2cm., L=70cm	22,68
mt35arg105b	Marco de arqueta de 49,5x48,5 cm	21,6
mt35tte010b	Electrodo, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	18,39
mt35amc010cc	PIA, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, 6 kA, curva B.	17,94
CAJA_CONX	Caja de conexión, derivación y protección modelo 1469/1 MC.	13,53
mt01ara010	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	12,02
mt35arg100c	Arqueta de conexión eléctrica, registrable, de 40x40x50 cm.	9,74
mt01arr010a	Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.	7,23
P27SA020	Codo PVC 90° D=100 mm.	6,3
mt35cun030G	Cable multipolar RV-K, de 0,6/1 kV, de cobre de 4x6 mm ² XLPE.	5,31
mt35cun020f	Cable unipolar H07Z1-K (AS), de 450/750 V, de cobre de 16 mm ² .	4,34
mt35tta060	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad.	3,58
mt35ttc010b	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	2,87
mt35cun010e1	Cable unipolar RZ1-K (AS), de 0,6/1 kV, clase 5 (-K) de 6 mm ² , XLPE	1,6
mt35www010	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,51
mt35aia070ac	Tubo curvable de 63 mm de diámetro de 450 N de resistencia.	1,28
mt35www020	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,17
mt35aia070ab	Tubo curvable de 50 mm de diámetro nominal de 450 N	1,17
mt35tta040	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,02
mt35amc800bci	Fusible cilíndrico, curva gG, 6 A, poder de corte 100 kA.	0,73
mt35cun030a	Cable unipolar RV-K, de 0,6/1 kV, de cobre de 2,5 mm ² , XLPE	0,63
mt35www030	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura.	0,26

2. PRECIOS DESCOMPUESTOS

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
1 MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1.1	E02ZM021	m3	Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.		
	O01A070	0,250 h.	Peón ordinario	15,150	3,79
	M05RN020	0,155 h.	Retrocargadora neum. 75 CV	39,470	6,12
		3,000 %	Costes indirectos	9,910	0,30
			Precio total por m3 .		10,21
Son diez Euros con veintiun céntimos					
1.2	U02ZR010	m3	Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.		
	O01A070	0,120 h.	Peón ordinario	15,150	1,82
	M08CA110	0,015 h.	Cisterna agua s/camión 10.000 l.	28,800	0,43
	M05PN010	0,015 h	Pala cargadora neumáticos 85 CV/1,2m3	40,330	0,60
	M08RL010	0,120 h.	Rodillo v.dúplex 55cm 800 kg.man	5,640	0,68
		3,000 %	Costes indirectos	3,530	0,11
			Precio total por m3 .		3,64
Son tres Euros con sesenta y cuatro céntimos					
1.3	ADR010b	m³	Relleno envolvente de las instalaciones en zanjas, con hormigón en masa HM-15/B/20/X0, fabricado en central y vertido desde camión. Incluye: Puesta en obra del hormigón.		
	mt10hmf011xb	1,000 m³	Hormigón en masa HM-15/B/20/X0, fabricado en central.	67,430	67,43
	mo020	0,075 h	Oficial 1ª construcción.	19,930	1,49
	mo113	0,146 h	Peón ordinario construcción.	18,690	2,73
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	71,650	1,43
		3,000 %	Costes indirectos	73,080	2,19
			Precio total por m³ .		75,27
Son setenta y cinco Euros con veintisiete céntimos					

2 CANALIZACIONES

2.1 IEO010

m Canalización de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 50 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N, colocado sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Instalación enterrada. Incluso cinta de señalización.
Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.
Incluye: Replanteo. Ejecución del lecho de arena para asiento del tubo. Colocación del tubo. Colocación de la cinta de señalización. Ejecución del relleno envolvente de arena.

mt01ara010	0,058 m ³	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	12,020	0,70
mt35aia070ab	1,000 m	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 50 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 15 Julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	1,170	1,17
mt35www030	1,000 m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	0,260	0,26
mq04dua020b	0,006 h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	10,380	0,06
mq02rop020	0,044 h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	3,920	0,17
mq02cia020j	0,001 h	Camión cisterna, de 8 m ³ de capacidad.	44,890	0,04
mo020	0,043 h	Oficial 1ª construcción.	19,930	0,86
mo113	0,043 h	Peón ordinario construcción.	18,690	0,80
mo003	0,025 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	0,51
mo102	0,020 h	Ayudante electricista.	18,880	0,38
%	2,000 %	Costes directos complementarios	4,950	0,10
	3,000 %	Costes indirectos	5,050	0,15
Precio total por m .				5,20

Son cinco Euros con veinte céntimos

2.2 IEH012b	m	Cable multipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4x6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexionado. Comprobación de su correcto funcionamiento.			
	mt35cun030G	1,000 m	Cable multipolar RV-K, de 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4x6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V)	5,310	5,31
	mo003	0,040 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	0,82
	mo102	0,040 h	Ayudante electricista.	18,880	0,76
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	6,890	0,14
		3,000 %	Costes indirectos	7,030	0,21
			Precio total por m .		7,24

Son siete Euros con veinticuatro céntimos

2.3 IUP050	m	Canalización subterránea de protección del cableado de alumbrado público, formada por tubo protector de polietileno de doble pared, de 63 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 450 N, suministrado en rollo. Incluso hilo guía. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo. Colocación del tubo.			
	mt35aia070ac	1,000 m	Tubo curvable, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 63 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 20 julios, con hilo guía incorporado.	1,280	1,28
	mt35www030	1,000 m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	0,260	0,26
	mt35www010	0,100 Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,510	0,15
	mo003	0,028 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	0,57
	mo102	0,022 h	Ayudante electricista.	18,880	0,42
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	2,680	0,05
		3,000 %	Costes indirectos	2,730	0,08
			Precio total por m .		2,81

Son dos Euros con ochenta y un céntimos

%	2,000 %	Costes directos complementarios	57,060	1,14
	3,000 %	Costes indirectos	58,200	1,75
		Precio total por Ud .		59,95

Son cincuenta y nueve Euros con noventa y cinco céntimos

3 LUMINARIAS

3.1 U08EEB010	ud	Soporte completo de 8 m. de altura con luminaria, equipo y lámpara LED de 46 W., caja de conexión y protección, cable interior, i/cimentación y anclaje, totalmente montado y conexionado. Incluye instalación de la célula fotoeléctrica.		
O01A090	0,500 h.	Cuadrilla A	39,270	19,64
SOP	1,000 ud	Soporte columna troncocónica 8 m	480,900	480,90
LUM	1,000 ud	Luminaria CU-Phosco 46 W	1.048,000	1.048,00
IEX300	1,000 Ud	Fusible cilíndrico.	4,930	4,93
CAJA_CONX	1,000 ud	Caja de conexión	13,530	13,53
mo003	0,565 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	11,57
IEH012	144,000 m	Cable eléctrico de 0,6/1 kV de tensión nominal para soporte (incluye línea de control para la fotocélula)	1,240	178,56
mq07cce010a	0,220 h	Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura máxima de trabajo y 260 kg de carga máxima.	21,680	4,77
U05SAM040	1,000 ud	CIMENTACIÓN SOPORTE 8 a 12m.	189,660	189,66
	3,000 %	Costes indirectos	1.951,560	58,55
		Precio total por ud .		2.010,11

Son dos mil diez Euros con once céntimos

4 PUESTAS A TIERRA

4.1 IUP010

Ud Toma de tierra de alumbrado público, compuesta por electrodo de 2 m de longitud hincado en el terreno, conectado a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso replanteo, excavación para la arqueta de registro, hincado del electrodo en el terreno, colocación de la arqueta de registro, conexión del electrodo con la línea de enlace mediante grapa abarcón, relleno con tierras de la propia excavación y aditivos para disminuir la resistividad del terreno y conexionado a la red de tierra mediante puente de comprobación. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo. Excavación. Hincado del electrodo. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno de la zona excavada. Conexión a la red de tierra. Realización de pruebas de servicio.

mt35tte010b	1,000 Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	18,390	18,39
mt35ttc010b	0,250 m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm².	2,870	0,72
mt35tta040	1,000 Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,020	1,02
mt35tta010	1,000 Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	75,600	75,60
mt35tta030	1,000 Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	47,000	47,00
mt35tta060	0,333 Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	3,580	1,19
mt35www020	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,170	1,17
mq01ret020b	0,003 h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	41,710	0,13
mo003	0,275 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	5,63
mo102	0,275 h	Ayudante electricista.	18,880	5,19
mo113	0,001 h	Peón ordinario construcción.	18,690	0,02
%	2,000 %	Costes directos complementarios	156,060	3,12
	3,000 %	Costes indirectos	159,180	4,78
Precio total por Ud .				163,96

Son ciento sesenta y tres Euros con noventa y seis céntimos

4.2 IUP040

m	Conductor aislado de tierra de alumbrado público formado por cable unipolar H07Z1-K (AS), reacción al fuego clase B2ca-s1a,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 16 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso uniones realizadas con grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.			
	Incluye: Replanteo. Tendido del conductor aislado de tierra. Conexionado del conductor aislado de tierra.			
mt35cun020f	1,000 m	Cable unipolar H07Z1-K (AS), de 450/750 V, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	4,340	4,34
mt35www020	0,100 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,170	0,12
mo003	0,017 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	0,35
mo102	0,017 h	Ayudante electricista.	18,880	0,32
%	2,000 %	Costes directos complementarios	5,130	0,10
	3,000 %	Costes indirectos	5,230	0,16
		Precio total por m .		5,39

Son cinco Euros con treinta y nueve céntimos

5 TRANSPORTE DE TIERRAS Y GESTIÓN DE RESIDUOS

5.1 GTA020	m ³	<p>Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p>			
	mq04cab010c	0,105 h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	45,880	4,82
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	4,820	0,10
		3,000 %	Costes indirectos	4,920	0,15
			Precio total por m³ .		5,07

Son cinco Euros con siete céntimos

5.2 ACT020	m ³	<p>Carga de tierras procedentes de excavaciones, con medios mecánicos, sobre camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, pero no incluye el transporte.</p> <p>Incluye: Carga de tierras.</p>			
	mq01pan010a	0,022 h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	45,950	1,01
	mq04cab010c	0,022 h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	45,880	1,01
	%	2,000 %	Costes directos complementarios	2,020	0,04
		3,000 %	Costes indirectos	2,060	0,06
			Precio total por m³ .		2,12

Son dos Euros con doce céntimos

6 CUADRO DE PROTECCIÓN Y CONTROL

6.1 IUP110

Ud Cuadro de protección y control de alumbrado público, formado por caja de superficie de poliéster, de 800x250x1000 mm, con grado de protección IP66, color gris RAL 7035; 1 interruptor general automático (IGA), de 40 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P); 1 contactor; 2 interruptores automáticos magnetotérmicos, uno por cada circuito; 2 interruptores diferenciales, uno por cada circuito; y 1 interruptor automático magnetotérmico, 1 interruptor diferencial, 1 célula fotoeléctrica y 1 interruptor horario programable para el circuito de control. Incluso elementos de fijación, regletas de conexión y cuantos accesorios sean necesarios para su correcta instalación. Totalmente montado, conexionado y probado.

mt35cgm100l	1,000 Ud	Caja de superficie con puerta opaca, de 800x250x1000 mm, fabricada en poliéster, con grado de protección IP66.	567,250	567,25
mt35amc307aa	1,000 Ud	Interruptor general automático (IGA), de 4 módulos, tetrapolar (4P), con 10 kA de poder de corte, de 40 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje.	316,910	316,91
mt35amc010cc	3,000 Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva B, de 36x85x78.5 mm, grado de protección IP20.	17,940	53,82
mt35amc100db	3,000 Ud	Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 6 kA, clase AC, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20.	56,990	170,97
mt35cgm080a	1,000 Ud	Interruptor crepuscular con célula fotoeléctrica, incluso accesorios de montaje.	178,690	178,69
mt35cgm090a	1,000 Ud	Interruptor horario programable.	150,640	150,64
mt35cgm070a	1,000 Ud	Contactor de maniobra, de 40 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P), incluso accesorios de montaje.	64,240	64,24
mt35www010	2,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,510	3,02
mo003	1,540 h	Oficial 1ª electricista.	20,480	31,54
mo102	1,188 h	Ayudante electricista.	18,880	22,43
%	2,000 %	Costes directos complementarios	1.559,510	31,19
	3,000 %	Costes indirectos	1.590,700	47,72
Precio total por Ud .				1.638,42

Son mil seiscientos treinta y ocho Euros con cuarenta y dos céntimos

3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1.1	M3. Excavación en zanjas, en terrenos flojos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.							
	Líneas 1 y 2 [A*B*C*D]	2	250,000	0,400	0,500	100,000		
	Derivación individual [A*B*C*D]	1	2,000	0,400	0,500	0,400		
						100,400	10,21	1.025,08
1.2	M3. Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.							
	Zanjas de alumbrado sin envolvente de hormigón	467,000	0,400	0,400	74,720			
	Zanja de línea 2 con envolvente de hormigón	15,000	0,400	0,200	1,200			
	Zanja derivación individual	2,000	0,400	0,150	0,120			
					77,240	3,64	281,15	
1.3	M3. Relleno envolvente de las instalaciones en zanjas, con hormigón en masa HM-15/B/20/X0, fabricado en central y vertido desde camión. Incluye: Puesta en obra del hormigón.							
	Línea 2	15,000	0,400	0,200	1,200			
					1,200	75,27	90,32	
2.1	M. Canalización de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 50 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 450 N, colocado sobre lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Instalación enterrada. Incluso cinta de señalización. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal. Incluye: Replanteo. Ejecución del lecho de arena para asiento del tubo. Colocación del tubo. Colocación de la cinta de señalización. Ejecución del relleno envolvente de arena.							
					2,000	5,20	10,40	
2.2	M. Cable multipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4x6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Incluye: Tendido del cable. Conexión. Comprobación de su correcto funcionamiento.							
					2,000	7,24	14,48	
2.3	M. Canalización subterránea de protección del cableado de alumbrado público, formada por tubo protector de polietileno de doble pared, de 63 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 450 N, suministrado en rollo. Incluso hilo guía. Totalmente montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo. Colocación del tubo.							
					500,000	2,81	1.405,00	
2.4	M. Cableado para red subterránea de alumbrado público, formado por 4 cables unipolares RZ1-K (AS) reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre de 6 mm² de sección, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Totalmente montado, conexionado y probado. Incluye: Replanteo. Tendido del cableado. Conexión de cables.							

		500,000	8,70	4.350,00
2.5	<p>Ud. Arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 40x40x50 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN, con marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 49,5x48,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN; previa excavación con medios mecánicos y posterior relleno del trasdós con material granular.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Colocación de la arqueta prefabricada. Ejecución de taladros para conexionado de tubos. Conexionado de los tubos a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós.</p>	19,000	59,95	1.139,05
3.1	<p>Ud. Soporte completo de 8 m. de altura con luminaria, equipo y lámpara LED de 46 W., caja de conexión y protección, cable interior, i/cimentación y anclaje, totalmente montado y conexionado. Incluye instalación de la célula fotoeléctrica.</p>	17,000	2.010,11	34.171,87
4.1	<p>Ud. Toma de tierra de alumbrado público, compuesta por electrodo de 2 m de longitud hincado en el terreno, conectado a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso replanteo, excavación para la arqueta de registro, hincado del electrodo en el terreno, colocación de la arqueta de registro, conexión del electrodo con la línea de enlace mediante grapa abarcón, relleno con tierras de la propia excavación y aditivos para disminuir la resistividad del terreno y conexionado a la red de tierra mediante puente de comprobación. Totalmente montada, conexionada y probada.</p> <p>Incluye: Replanteo. Excavación. Hincado del electrodo. Colocación de la arqueta de registro. Conexión del electrodo con la línea de enlace. Relleno de la zona excavada. Conexión a la red de tierra. Realización de pruebas de servicio.</p>	6,000	163,96	983,76
4.2	<p>M. Conductor aislado de tierra de alumbrado público formado por cable unipolar H07Z1-K (AS), reacción al fuego clase B2ca-s1a,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 16 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso uniones realizadas con grapas y bornes de unión. Totalmente montado, conexionado y probado.</p>	500,000	5,39	2.695,00
5.1	<p>M³. Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos.</p>	122,000	5,07	618,54
5.2	<p>M³. Carga de tierras procedentes de excavaciones, con medios mecánicos, sobre camión.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, pero no incluye el transporte.</p> <p>Incluye: Carga de tierras.</p>	122,000	2,12	258,64

RESUMEN POR CAPÍTULO

Capítulo 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	1.396,55
Capítulo 2 CANALIZACIONES	6.918,93
Capítulo 3 LUMINARIAS	34.171,87
Capítulo 4 PUESTAS A TIERRA	3.678,76
Capítulo 5 TRANSPORTE DE TIERRAS Y GESTIÓN DE RESIDUOS	877,18
Capítulo 6 CUADRO DE PROTECCIÓN Y CONTROL	1.638,42
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	48.681,71
13% de gastos generales	6.328,62
6% de beneficio industrial	2.920,90
Suma	<hr/> 57.931,23
21% IVA	12.165,56
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	70.096,79

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SETENTA MIL NOVENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

PLANOS

PLANOS

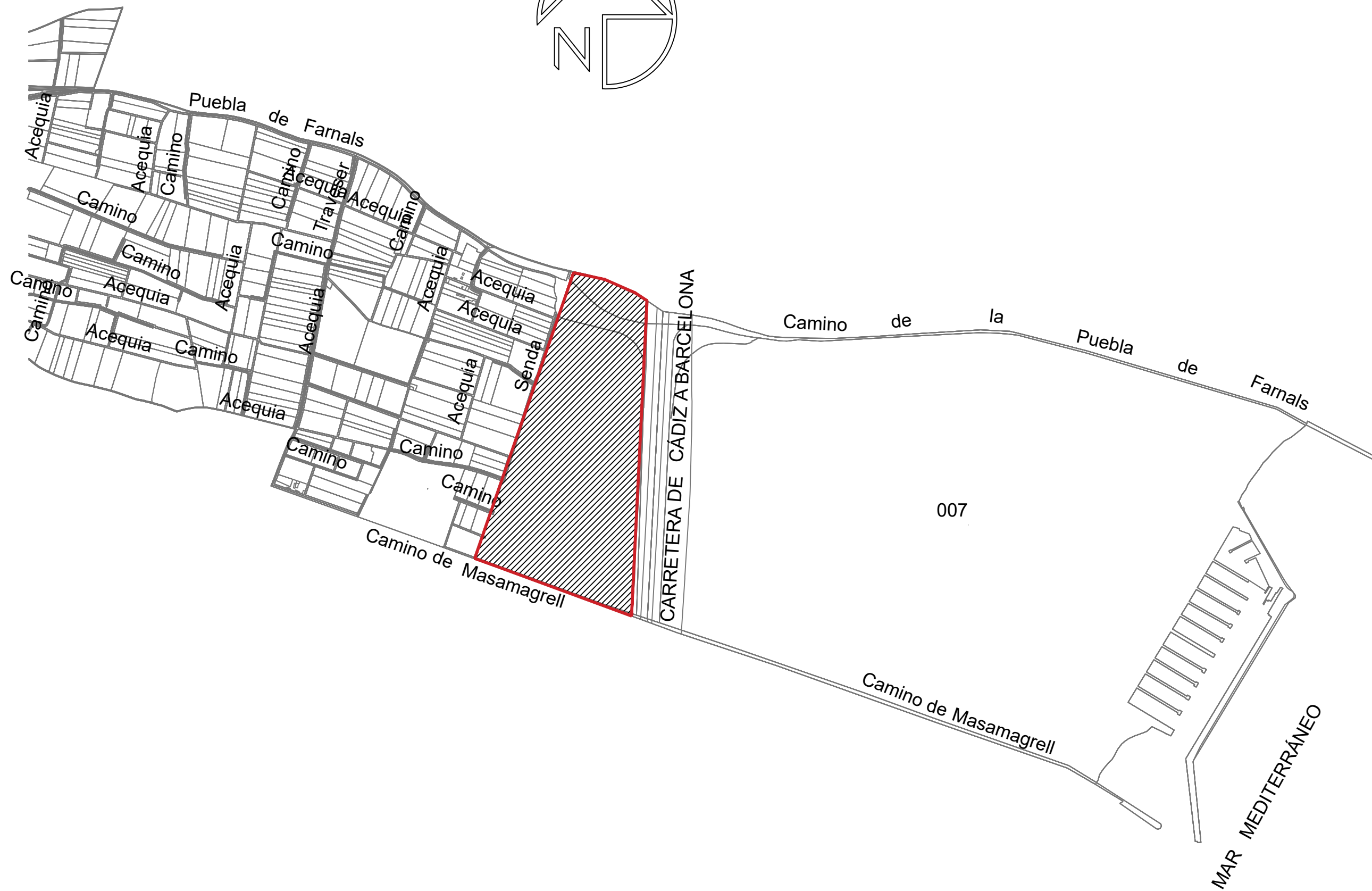
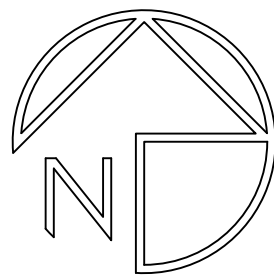
1. EMPLAZAMIENTO

2. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

3. CANALIZACIONES

4. DETALLES CONSTRUCTIVOS

5. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE PROTECCIÓN Y CONTROL



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERIA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: PROYECTO DE ALUMBRADO VIAL EN NUEVO POLÍGONO INDUSTRIAL SITUADO EN LA POBLA DE FARNALS, VALENCIA

Plano: Emplazamiento

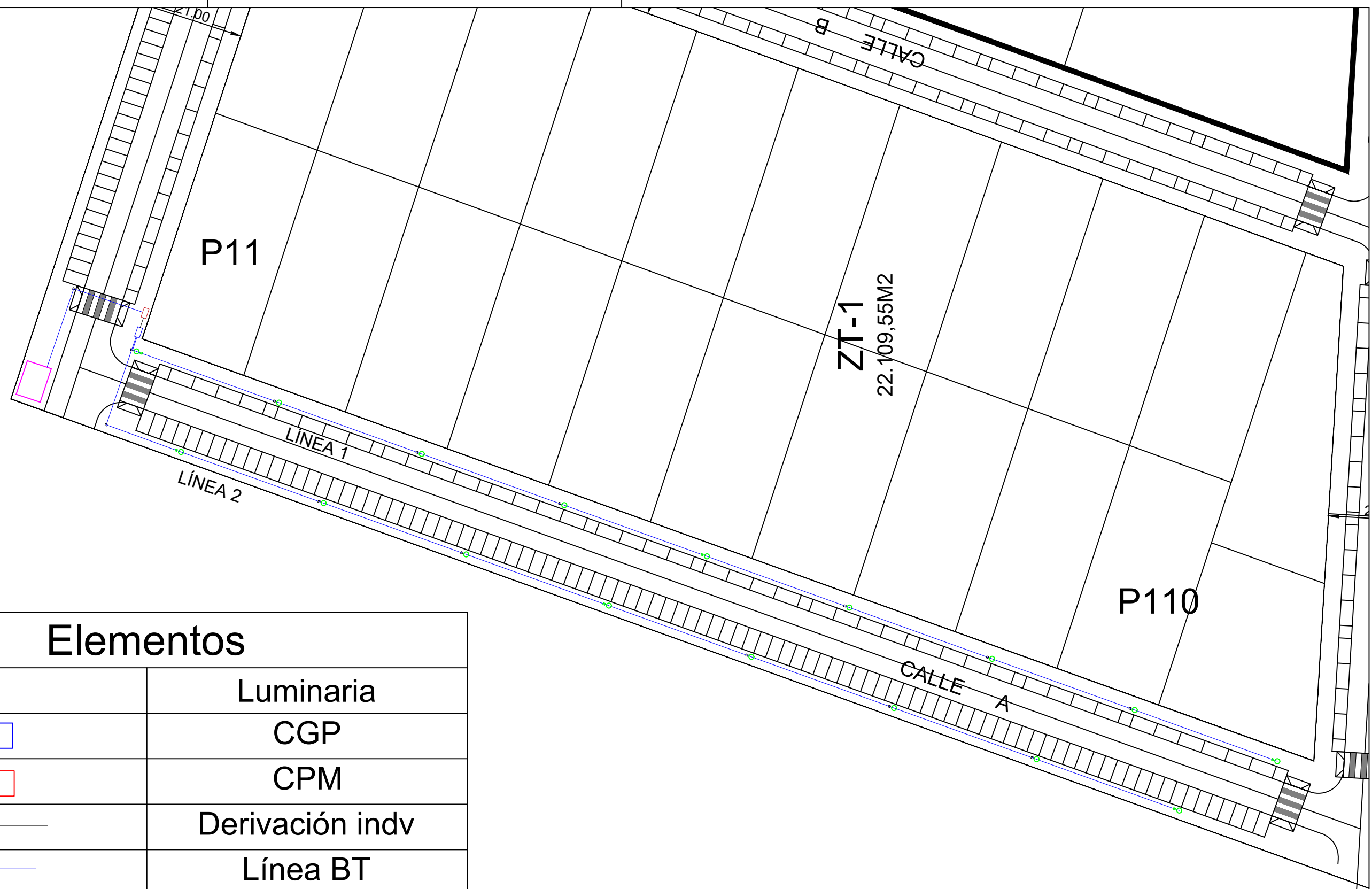
Autor: Daniel Gamón Marco

Fecha: Junio 2022

Escala: 1:1200

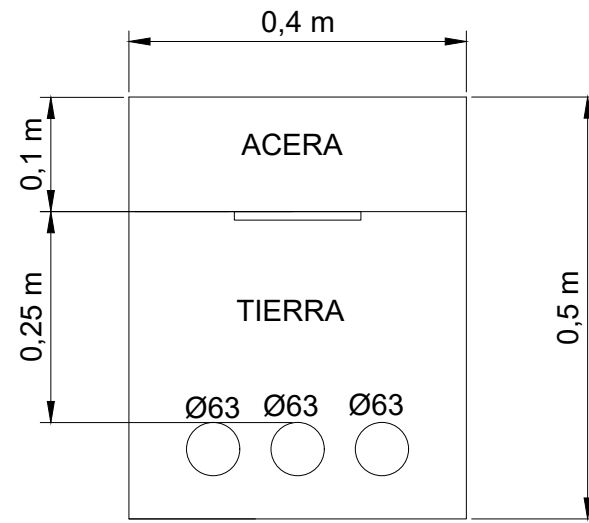
Nº Plano:

1

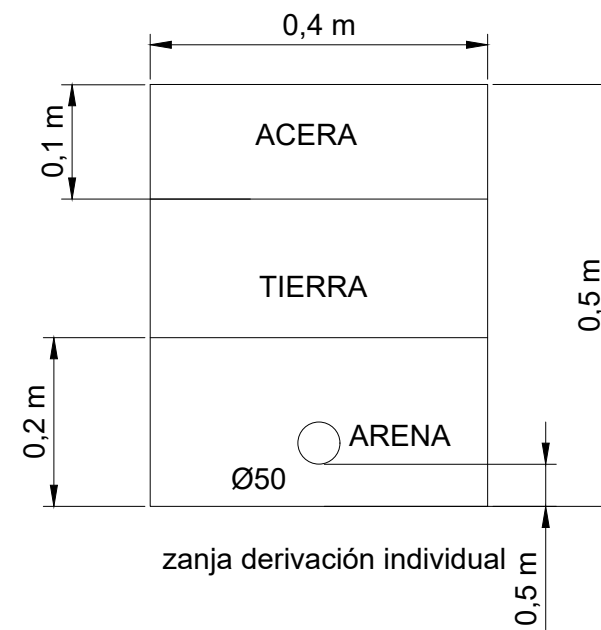


Elementos

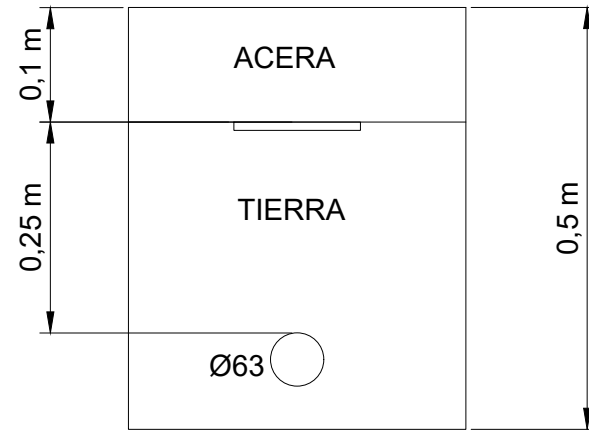
	Luminaria
	CGP
	CPM
	Derivación indiv
	Línea BT
	CT
	Arqueta
	Puesta a tierra



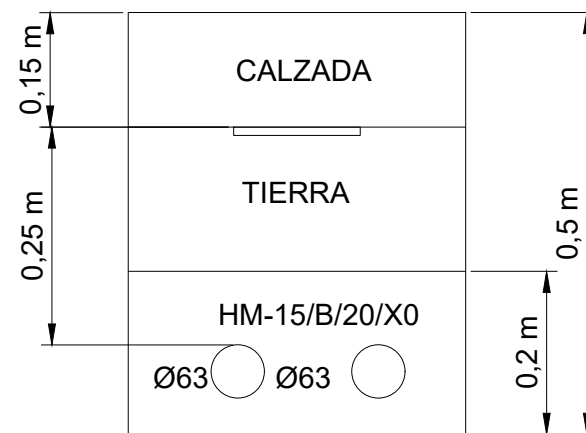
zanja L1, L2 y circuito control
(salida CGP)



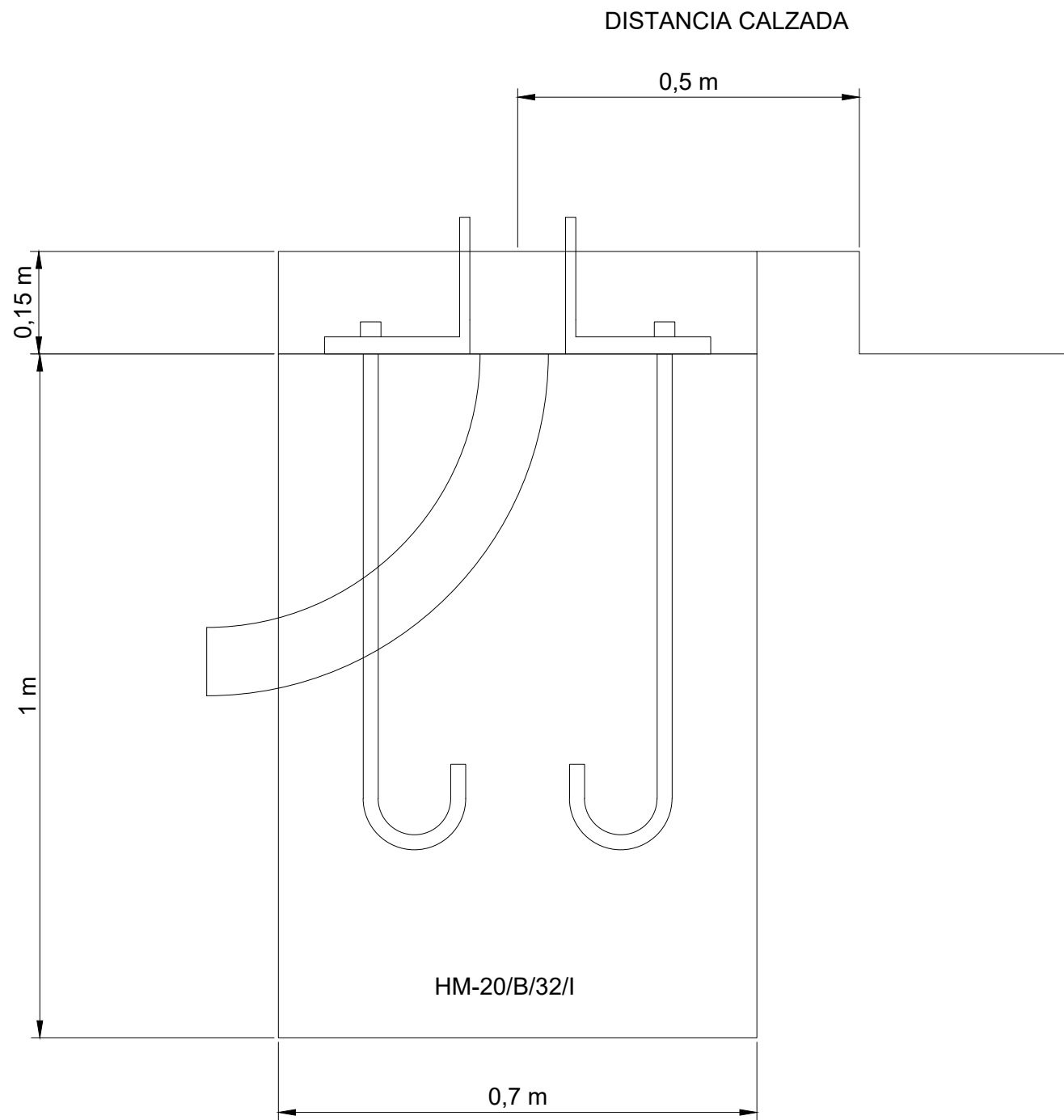
zanja derivación individual



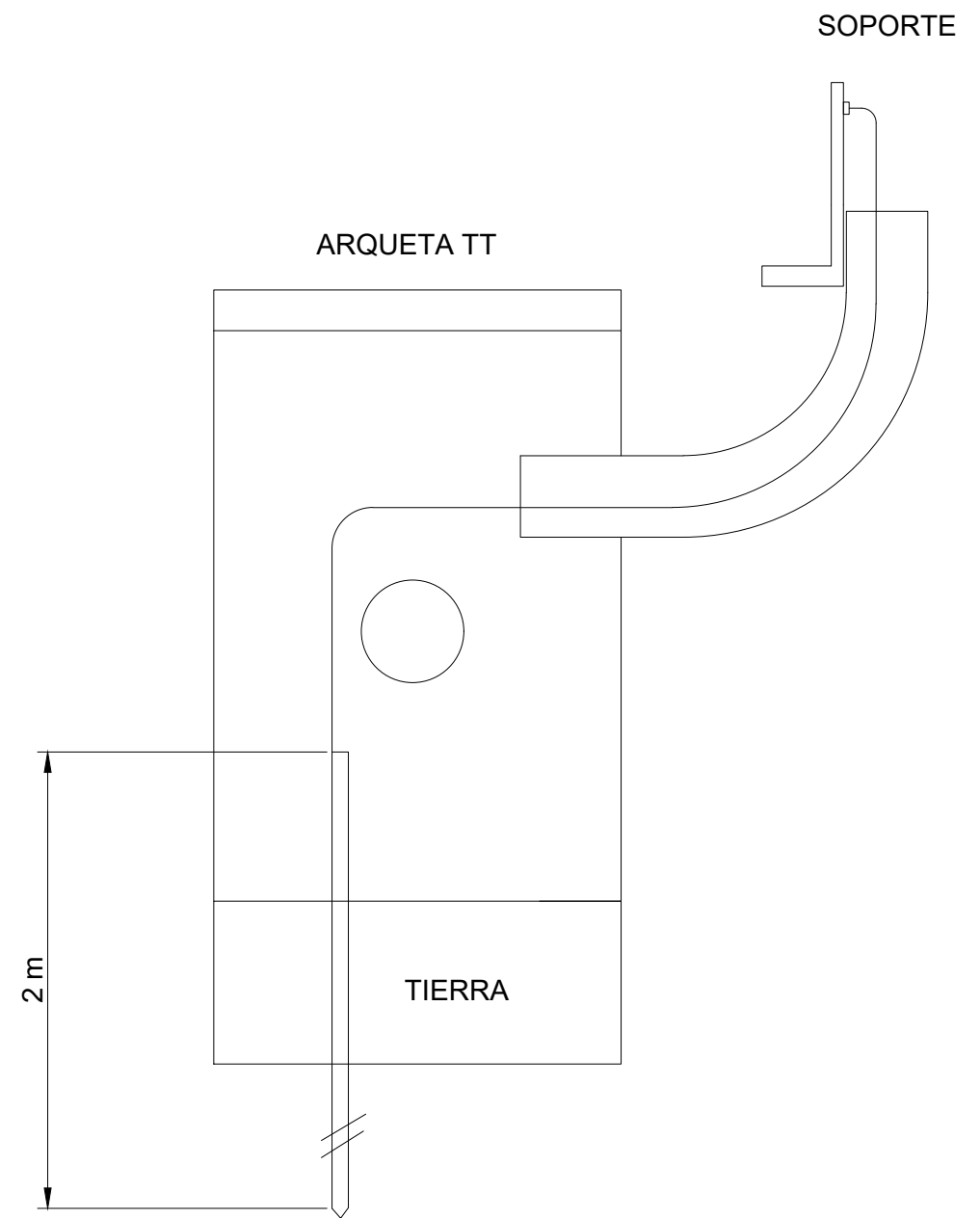
zanja L1 y L2 (individual)



zanja L2 cruce (con tubo de repuesto)



CIMENTACIÓN SOPORTE



TOMA DE TIERRA

CUADRO DE PROTECCIÓN Y CONTROL

