



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA RED DE MT
Y BT DE UN POLÍGONO INDUSTRIAL

AUTOR:

Iglesias Martín, Sergio

TUTOR:

Muñoz Cano, Manuel

DPTO. INGENIERÍA ELÉCTRICA

Valladolid, Junio de 2019

AGRADECIMIENTOS

Realizar y terminar este Trabajo de Fin de Grado supone cerrar una etapa importante. Un camino lleno de subidas y bajadas, con piedras en el camino y con personas que me han ayudado a superarlas, aprendiendo una nueva lección con cada una de ellas.

Me gustaría agradecer en primer lugar a mis profesores de la Universidad de Valladolid y al departamento de Ingeniería Eléctrica por ayudarme a adquirir los conocimientos que ofrece el grado. A mi tutor, Manuel Muñoz, por darme la oportunidad, asesorarme y guiarme a lo largo de este Trabajo de Fin de Grado.

A mis compañeros de universidad, algunos de los cuales se han convertido en amigos, que han hecho de esta etapa algo más sencilla y entretenida. Espero que, a pesar de cerrar esta etapa, nuestros caminos no se separen.

Y por supuesto, a nuestro 14, a mis amigos que ya son familia y a mi familia, que siempre han confiado en mi y me han apoyado, en todos los sentidos, con gran paciencia en todas las dificultades que me he ido encontrando. Sin ellos nada de esto hubiera sido lo mismo, no hubiera terminado de tan buena manera.

Por último a mis abuelos... gracias por todo, por todos los buenos recuerdos.

RESUMEN

En el nuevo polígono industrial de 40 000 m^2 , que se ubicará en la localidad de Zaratán (Valladolid), se adecuarán y electrificarán 56 parcelas. Se diseñarán las diferentes instalaciones eléctricas que permitan el correcto desarrollo de las actividades que se vayan a realizar, estando definidas dichas instalaciones de acuerdo a la reglamentación y normativa vigente.

La alimentación partirá desde un Centro de Transformación prefabricado de compañía con dos transformadores de 1 250 kVA cada uno. El reparto de energía se realizará a través de una red secundaria en baja tensión, tendida subterránea y bajo tubo, con esquema de distribución TT. Dicha red contará con tres niveles de distribución con la adecuada selectividad y coordinación de las protecciones.

Las vías de acceso a las parcelas se iluminarán con una instalación de alumbrado público en zigzag, dimensionada con una calificación energética A. Estará basada en la tecnología LED y tendrá capacidad de regulación y control gracias al protocolo ZigBee.

Tanto el Centro de Transformación como de alumbrado público dispondrán de sus preceptivas instalaciones de puesta a tierra independientes, además de disponer de las medidas necesarias para la protección frente a sobrecargas, sobretensiones y contactos directos e indirectos.

PALABRAS CLAVE

Polígono industrial, Energía eléctrica, Centro de transformación, Iluminación exterior, Baja tensión

ABSTRACT

In the new 40,000 m^2 industrial zone, which will be located in Zaratán (Valladolid), 56 plots will be adapted and electrified. The different electrical installations will be designed to allow the correct development of the activities to be carried out. These installations will be defined in accordance with current regulations and standards.

The power supply will start from a prefabricated company distribution transformer with two transformers of 1,250 kVA each. The distribution of energy will be carried out through a low voltage secondary network, underground and under a tube, with a TT distribution scheme. This network will have three levels of distribution with adequate selectivity and coordination of protections.

The access roads to the plots will be illuminated with a zigzag public lighting installation, sized with an energy rating of A. It will be based on LED technology and will have regulation and control capacity thanks to the ZigBee protocol.

Both the distribution transformer and the public lighting will have their mandatory independent grounding facilities, as well as the necessary measures for protection against overloads, overvoltages and direct and indirect contacts.

KEYWORDS

Industrial zone, Electric energy, Distribution transformer, Public lighting, Low voltage

ÍNDICE GENERAL

<i>1. Introducción y objetivos</i>	<i>1</i>
<i>2. Memoria descriptiva</i>	<i>5</i>
<i>3. Cálculos justificativos</i>	<i>39</i>
<i>4. Mediciones y presupuesto</i>	<i>73</i>
<i>5. Pliego de condiciones</i>	<i>89</i>
<i>6. Estudio básico de seguridad y salud</i>	<i>135</i>
<i>7. Conclusiones</i>	<i>165</i>
<i>Bibliografía</i>	<i>167</i>
<i>A. Planos</i>	<i>171</i>
<i>B. Documento DIALux</i>	<i>191</i>

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En el presente documento se va a desarrollar el proyecto de diseño y cálculo del suministro de energía eléctrica en media y baja tensión a un polígono industrial. Se abordará el diseño del centro de transformación del que parte el suministro, el diseño de la red en baja tensión hasta el punto de alimentación de cada parcela y el diseño de la instalación de alumbrado exterior del recinto industrial. Para cada una de estas instalaciones se realizarán las siguientes etapas: Definición, justificación, cálculos y documentación de los resultados alcanzados.

El suministro en baja tensión parte de las bornas de los transformadores de un centro de transformación prefabricado MT/BT de la compañía, que alimenta al embarrado del Cuadro General de Baja Tensión (*CGBT*).

Desde el CGBT partirán las diferentes líneas que alimentarán a cada una de las parcelas y zonas de alumbrado, mediante cuadros secundarios de distribución. Además, las instalaciones se subdividirán en diferentes niveles utilizando dispositivos de protección para limitar la propagación de un posible fallo y que solo afecte a una mínima parte del polígono. Para garantizar el mayor equilibrado posible de las cargas, en el caso de cargas monofásicas, éstas se repartirán uniformemente entre las tres fases o conductores polares a lo largo de la instalación.

Se abordará también el estudio de la instalación de puesta a tierra para la protección de las instalaciones receptoras y las personas.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo es definir el diseño más adecuado de las instalaciones de suministro y alumbrado para el correcto funcionamiento de la actividad existente en el polígono industrial, atendiendo al compromiso de calidad, eficiencia y coste.

1.1.1 FASES Y MÉTODOS

Para alcanzar el objetivo deseado, se han dividido las labores del desarrollo en dos etapas principales:

- I. **Etapa de formación**, comprende la adquisición y comprensión de conceptos básicos en las diferentes áreas que se abordará para la elaboración de este trabajo. Se pueden distinguir las siguientes fases:
 - a) Estudio de la normativa vigente de los diferentes organismos competentes que son de aplicación en el sector de energía eléctrica.
 - b) Estudio de los conceptos necesarios para el desarrollo de la instalación de alumbrado público y de suministro eléctrico.
 - c) Aprendizaje del manejo de los programas utilizados en el desarrollo de este proyecto.
- II. **Etapa de diseño, implementación y validación**, compuesta por las siguientes fases:
 - a) Desarrollo de los diferentes esquemas eléctricos que compondrán la instalación.
 - b) Estudio y simulación del alumbrado exterior que se proyectará en el recinto.
 - c) Diseño del centro de transformación prefabricado de compañía.

1.1.2 MEDIOS

Será necesario, para la realización de este proyecto, el acceso a las herramientas *software* que se detallan a continuación:

- CIEBT [1]: Módulo de cálculo de instalaciones eléctricas en baja tensión para edificios singulares, locales e industrias.
- CT [1]: Módulo de cálculo de centros de transformación de interior (prefabricados y obra) y tipo intemperie.
- DIALux EVO 8.1 [2]: Diseño de instalaciones de iluminación, tanto interior como exterior.

- AutoCAD [3]: Diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.
- L^AT_EX[4]: sistema de composición de textos, orientado a la creación de documentos escritos.

1.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se encuentra estructurado en 7 capítulos, entre los que se incluye el presente capítulo. Su contenido se describe brevemente a continuación:

Capítulo 1 - Introducción y objetivos. Se expone el tema del proyecto, así como los objetivos perseguidos, las fases y medios necesarios para alcanzarlos y la estructura del presente documento.

Capítulo 2 - Memoria descriptiva. Se plantea el problema que nos ocupa, detallando los antecedentes, objetivos y características de las diferentes instalaciones que tendrá el polígono, así como el desarrollo de la solución que se ha elegido.

Capítulo 3 - Cálculos justificativos. Desarrollo de todos los cálculos justificativos necesarios para el diseño de la instalación y su correcto funcionamiento.

Capítulo 4 - Mediciones y presupuesto. Desarrollo de los costes de ejecución material que va a suponer la realización de este proyecto, detallando los costes unitarios de cada descompuesto.

Capítulo 5 - Pliego de condiciones. Presenta las exigencias técnicas que los distintos agentes involucrados en el proyecto (promotor, constructor, proyectista, director de obra, etc.) deben cumplir en todo momento a lo largo del proyecto.

Capítulo 6 - Estudio básico de seguridad y salud. Este capítulo recoge los principales riesgos contra la seguridad de los trabajadores que llevan a la realidad el proyecto planteado y de los encargados del mantenimiento, así como de los usuarios que lo van a utilizar.

Capítulo 7 - Conclusiones. Este capítulo final recoge las principales conclusiones extraídas tras la realización de este Trabajo Fin de Grado.

Además de un capítulo en el que se recogen las fuentes bibliográficas y referencias consultadas para la redacción del presente documento, se añaden unos apéndices cuyo contenido se expone en las líneas siguientes:

Apéndice A - Planos. Este anexo muestra los planos y esquemas necesarios para complementar la información recogida en el presente documento.

Apéndice B - Documento DIALux. Muestra la documentación generada por la simulación de la iluminación con los parámetros y luminarias elegidas.

Capítulo 2

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

2.1. Antecedentes	7
2.2. Objeto del proyecto	7
2.3. Características del polígono industrial	7
2.4. Reglamentación y normativa vigente	8
2.5. Consideraciones técnicas	11
2.6. Centro de transformación	11
2.6.1. Edificio de transformación	12
2.6.2. Instalación eléctrica	13
2.6.3. Instalación de alumbrado	13
2.6.4. Puesta a tierra del centro de transformación	14
2.7. Instalación de Baja Tensión	14
2.7.1. Esquema de distribución	15
2.7.2. Canalizaciones	16
2.7.3. Conductores	17
2.7.4. Conexiones	18
2.8. Alumbrado exterior	19
2.8.1. Dimensionado de la instalación de alumbrado exterior	19
2.8.2. Luminarias	21
2.8.3. Ahorro y eficiencia energética	26
2.8.4. Contaminación lumínica	28
2.9. Elementos de protección	29
2.9.1. Puesta a tierra	29

2.9.2. Protección contra sobreintensidades	34
2.9.3. Protección contra sobretensiones	34
2.9.4. Protección contra contactos directos e indirectos	35

2.1 ANTECEDENTES

La redacción del presente proyecto de '*Diseño y cálculo de la red de MT y BT de un polígono industrial*' ha sido solicitada por el ayuntamiento de Zaratán con domicilio social en *Plaza de las Herrerías, 1 - C.P. 47610 - Zaratán (Valladolid)*.

Promovido por el ayuntamiento de Zaratán se pretende abastecer de energía eléctrica a las parcelas del plan parcial del polígono industrial San Benito, las cuales no tienen definidas actividad ninguna.

2.2 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto será el de establecer y justificar todos los elementos que permitan la correcta ejecución de la instalación eléctrica, tanto del suministro eléctrico a las parcelas como de la red de distribución de alimentación a la instalación de alumbrado de las calles.

Además, también se trata de obtener de los Organismos Oficiales Competentes la autorización administrativa de aprobación del proyecto y de ejecución de la instalación.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL POLÍGONO INDUSTRIAL

El emplazamiento del polígono industrial se encuentra al noreste de la localidad de Zaratán (provincia de Valladolid) con una superficie rectangular de $39\,975\text{ m}^2$, con 205 metros de largo y 195 metros de ancho. Se encontrará a 755 metros sobre el nivel del mar y estará orientado como se muestra en el anexo A. El terreno actualmente se encuentra sin edificar, por lo que no será necesario ningún tipo de demolición, y es lo suficientemente extenso para ubicar posibles ampliaciones.

Dicha superficie se ocupará principalmente con 56 parcelas de tres tamaños diferentes:

- 32 parcelas de 10 x 20 metros (superficie de 200 m^2 /parcela).
- 16 parcelas de 20 x 20 metros (superficie de 400 m^2 /parcela).
- 8 parcelas de 40 x 20 metros (superficie de 800 m^2 /parcela).

La actividad en cada una de las parcelas es, a priori, desconocida. Por tanto, se dimensionará la instalación según la *ITC-BT-10*, que define una potencia prevista para concentración de industria de 125 W por m^2 y planta, lo que resulta una potencia por parcela de 25, 50 y 100 kW respectivamente, dando una potencia total de 2400 kW.

Se completa la ocupación de la superficie del polígono con los accesos a las parcelas. Estos accesos serán cinco calles longitudinales (CL1 a CL5) y tres calles transversales (CT1 a CT3). Las calzadas serán de 9 metros de ancho con dos carriles de circulación en diferente sentido. Se dispondrán también dos aceras a cada lado de la calzada y serán de 3 metros cada una con la elevación suficiente para diferenciarla de la calzada. La distribución de las parcelas, de los cuadros eléctricos y la alimentación a los mismos se muestra en la figura 2.1.

También se muestra que el centro de transformación prefabricado estará ubicado en el exterior del recinto del polígono, en su límite norte. Este centro, definido en el apartado 2.6 del presente capítulo y en el anexo A, alimentará a los cinco subcuadros de nivel 1 (en verde oscuro en la figura 2.1) que se ubicarán preferentemente en el inicio de cada una de las calles longitudinales en la fachada exterior de la parcela correspondiente, de tal manera que no obstaculice el paso de los peatones, y con la distancia mínima posible al Cuadro General de Baja Tensión *CGBT*.

Los subcuadros de nivel 1 alimentarán a los subcuadros de nivel 2 (en verde claro en la figura 2.1) dispuestos a lo largo de cada calle longitudinal y se ubicarán preferentemente entre las fachadas exteriores de las parcelas, en lugares de libre y permanente acceso. Se instalarán los siguientes subcuadros de nivel 2:

- Ocho subcuadros en las calles longitudinales 1 y 5, que alimentarán cada uno dos parcelas de $200 m^2$.
- Cuatro subcuadros en las calles longitudinales 2 y 4, que alimentarán cada uno dos parcelas de $400 m^2$.
- Dos subcuadros en la calle longitudinal 3, que alimentarán cada uno cuatro parcelas de $800 m^2$.

2.4 REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA VIGENTE

El Proyecto está obligado a cumplir los límites impuestos por la reglamentación y normativa vigente. Las de mayor importancia son las que regulan la instalación y funcionamiento de las instalaciones eléctricas, como las que se citan a continuación:

- *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias 01 a 52 (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 y actualizaciones 2010-2014-2015).*
- *Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.*

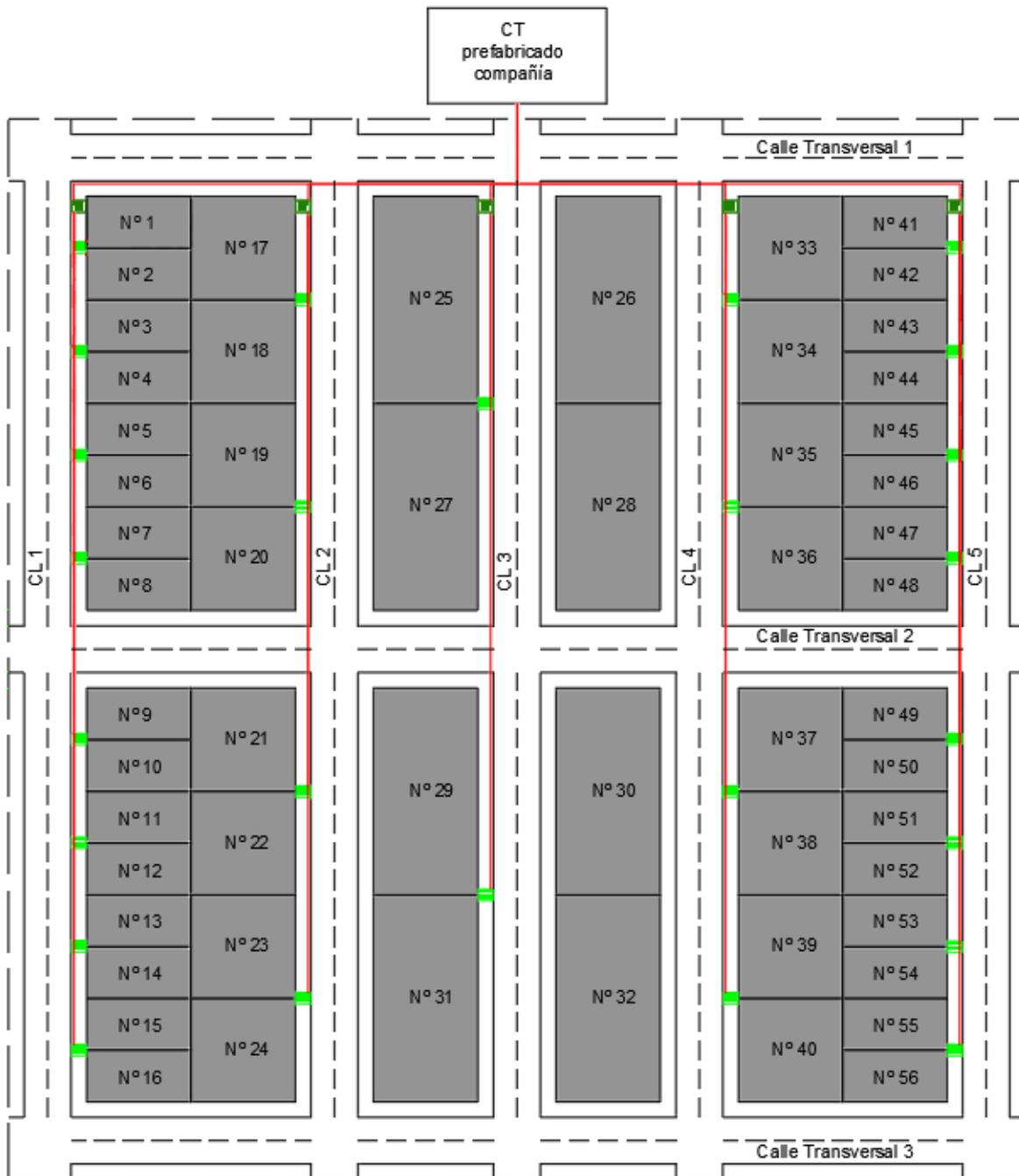


Figura 2.1: Distribución de las parcelas y los accesos del polígono industrial

- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio. Diciembre 2016.

- *Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía. Marzo 2016.*
- *Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización. Diciembre 2016.*
- *Código Técnico de la Edificación, DB-HR sobre Protección frente al ruido. Diciembre 2016.*

En relación con el diseño y construcción del centro de transformación, se deben cumplir, además, las siguientes normas:

- *Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.*
- Normas particulares y de normalización de Iberdrola Distribución.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, *UNESA*.

En relación con la elaboración del estudio básico de seguridad y salud se ha tenido en cuenta la siguiente legislación:

- *Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.*
- *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.*
- *Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.*
- *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*
- *Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores.*
- *Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.*
- *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- *Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*

- *Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.*
- *Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.*

2.5 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El estudio del dimensionado del conjunto de la instalación eléctrica, desde la acometida hasta la alimentación a las parcelas y pasando por la instalación de alumbrado, se ha llevado a cabo teniendo en cuenta lo siguiente:

- La energía se suministrará en forma de corriente alterna trifásica a la tensión de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro, con la frecuencia industrial de 50 Hz.
- La caída de tensión máxima admisible en el dimensionado de conductores será del 3 % para los circuitos de alumbrado y del 5 % para los de otros usos.
- En la instalación existirá el máximo equilibrio entre las cargas que alimenta, y esta se subdividirá con el objetivo de que las perturbaciones debidas a averías que se pudieran producir afecten al mínimo número de partes de la instalación.
- La intensidad máxima admisible en los conductores será la prevista en la *ITC-BT-07* del vigente reglamento electrotécnico.

2.6 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El Centro de Transformación se halla ubicado en la delimitación norte del polígono, en el exterior del recinto. Se accederá directamente desde una vía pública o, excepcionalmente, desde una vía privada, con la correspondiente servidumbre de paso. se regirá por el Reglamento de Alta Tensión (*RAT*) [5].

Este será prefabricado de tipo interior (*PFU-7*) de la compañía *Ormazabal*. Este tipo de centro presenta la ventaja de que el montaje y equipamiento se puede realizar enteramente en fábrica, lo que supone una mayor calidad y una reducción de los trabajos de obra civil. Se emplea para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica de la misma compañía. La acometida al mismo será subterránea y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la compañía eléctrica suministradora de electricidad *Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.*

Se requerirá que transforme la tensión de servicio en media tensión 13.2 kV a la tensión

normalizada de 400/230 V, con una potencia demandada de 2404.84 kW. Para atender dichas necesidades, la potencia total instalada es de 1250 kVA.

2.6.1 EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación elegido es el *PFU-7* de *Ormazabal*. Consta de una envolvente de hormigón monobloque, con grado de protección mecánica IP23 y dimensiones 8.08 metros de largo por 2.38 metros de profundidad por 2.79 metros de altura. Su armadura metálica se une entre sí mediante latiguillos de cobre y a un colector de tierras, formando una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas también están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10.000 ohmios respecto de la tierra de la envolvente. Por tanto, ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior. Las piezas metálicas que si estén expuestas al exterior estarán tratadas adecuadamente contra la corrosión.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de tierras exteriores, de Alta y Baja Tensión, tal y como se muestra en la figura 2.2. El terreno donde se ubique el centro deberá ser capaz de soportar una presión de 1 kg/cm^2 , de tal manera que los edificios o instalaciones anexas no modifiquen las condiciones de funcionamiento del edificio prefabricado. En la pared



Figura 2.2: Centro de transformación *PFU-7* de *Ormazabal*. Vistas frontal y posterior.

frontal se dispondrán tres puertas de acceso, una para las personas y otra para cada transformador, con la anchura suficiente para permitir el paso del transformador. En la parte inferior de las puertas de los transformadores se colocarán rejillas de ventilación, formadas por lamas en forma de “V” invertida y rejillas mosquiteras, para evitar el paso de agua e insectos. Estas rejillas tendrán un grado de protección mecánica IP33. En la pared posterior se colocarán otras dos rejillas en la parte superior, permitiendo la circulación natural de aire atravesando el transformador correspondiente.

El centro tendrá un aislamiento acústico, de tal forma que no transmita niveles sono-

ros superiores a los permitidos en las Ordenanzas Municipales y/o legislaciones de las Comunidades Autónomas.

2.6.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

Se emplearán una celda de protección con fusibles para cada transformador, una celda de medida, una celda de entrada y otra de salida. Estas serán modulares de aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre (SF_6), cuyos embarrados se conectan de forma totalmente apantallada e insensible a las condiciones externas.

El embarrado de las celdas se dimensionará para soportar, sin deformaciones permanentes, los esfuerzos dinámicos que pueden aparecer en un cortocircuito. La conexión entre las celdas de media tensión y el transformador se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco y terminales enchufables.

Los transformadores son trifásicos reductores de tensión, con neutro accesible en el secundario, de llenado integral en aceite. Se dispone de una rejilla metálica por transformador para defensa del mismo.

En cuanto a la aparamenta de baja tensión, se instalarán cuatro cuadros tipo *UNESA*. Estos poseen un compartimento para la acometida y otro que aloja el embarrado y los elementos de protección para cada uno de los cuatro circuitos de salida. Esta protección se basa en fusibles dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga. Cuando son necesarias más de 4 salidas en baja tensión se permite ampliar el cuadro reseñado mediante módulos de las mismas características, pero sin compartimento superior de acometida.

La conexión entre el transformador y el cuadro de baja tensión se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco 0,6/1 kV sin armadura. Las secciones mínimas necesarias de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corriente máximas permanentes soportadas por los cables. El circuito se realizará con cables de 240 mm^2 .

2.6.3 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

En el interior se instalará un mínimo de dos puntos de luz, que propocione un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos. Dicho nivel de iluminación será como mínimo de 150 lux. Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al edificio. El interruptor se

situará al lado de la puerta de entrada, de manera que su accionamiento no represente peligro alguno por su proximidad a la alta tensión.

2.6.4 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación dispondrá de dos sistemas de puesta a tierra independientes, que están definidas en el plano 03 del anexo A, y que son:

- **Puesta a tierra de protección.** Las partes metálicas que no estén en tensión normalmente estarán conectadas a tierra. Las celdas se interconectarán por una pletina de tierra formando el colector de tierras de protección. La tierra interior se realizará con cable de 50 mm^2 de cobre desnudo formando un anillo conectando a tierra todos los elementos mencionados.
- **Puesta a tierra de servicio.** El neutro del secundario en baja tensión se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, impidiendo la influencia de la red general de tierra. La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm^2 de cobre aislado 0,6/1 kV y picas en hilera de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.

2.7 INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

La red de baja tensión será subterránea con una topología radial, por lo que estará regulada por la *ITC-BT-07*. Las líneas que se distribuyan tendrán una tensión de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro. Como muestra la figura 2.3, esta empezará en los bornes secundarios de los transformadores, pasando a continuación por los cuadros de distribución de baja tensión. De estos cuadros partirán 5 salidas para el suministro de energía a las parcelas, 12 salidas para la iluminación de las calles del polígono y 1 salida para la compensación del factor de potencia, haciendo un total de 18 salidas. En la tabla 2.1 se recogen las principales características de cada salida. Los conductores estarán protegidos debidamente contra sobrecargas y cortocircuitos. Para facilitar el tendido de los conductores y el mantenimiento de la red de Baja Tensión, se instalarán en los tramos rectos arquetas intermedias cada 40 metros como máximo, pudiendo variar esta distancia según existan derivaciones, cruces u otras consideraciones.

Cada una de las salidas de suministro a las parcelas llegan previamente a los subcuadros de nivel 1 colocados en el inicio de cada una de las cinco calles longitudinales. Estos subcuadros se conectarán en nichos con las dimensiones necesarias para albergar los dispositivos de protección térmica y diferencial que se prevean para mantener segura la instalación aguas abajo, más un espacio de reserva para posibles ampliaciones. De cada uno de estos subcuadros de nivel 1 parten ocho, cuatro o dos salidas, según se hable de las calles longitudinales 1-5, 2-4 o 3, respectivamente.

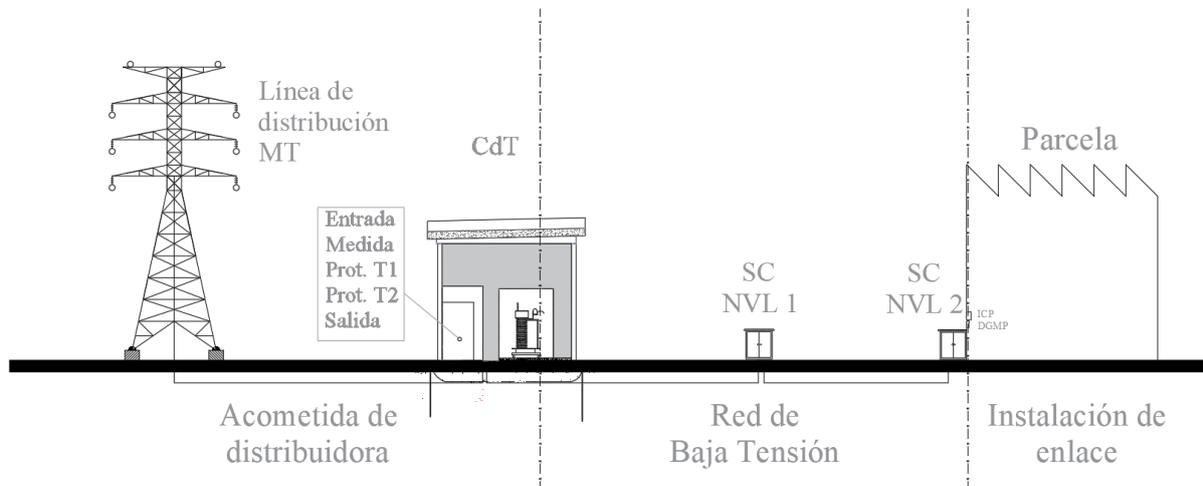


Figura 2.3: Esquema de la red de Baja Tensión del polígono industrial.

Cada una de esas nuevas salidas terminan en otro subcuadro de nivel 2 de las mismas características que los subcuadros de nivel 1, incorporados para mayor seguridad del suministro, antes de terminar en el Cuadro General de Mando y Protección (*CGMP*) de cada parcela. De cada subcuadro de nivel 2 parten dos derivaciones, una para cada parcela, excepto en la calle longitudinal 3, que poseen 4 salidas.

2.7.1 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

Según la *ITC-BT-08*, los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. Es necesario tener en cuenta el tipo de esquema que se va a instalar para definir las protecciones contra sobreintensidades y choques eléctricos.

Para identificar el tipo de esquema se utiliza una combinación de dos letras:

- La primera letra puede ser:
 - **T** = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
 - **I** = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra puede ser:
 - **T** = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

Salida	Destino	Potencia (W)	Longitud (m)
1	Parcelas CL1	$400 \cdot 10^3$	98.0
2	Parcelas CL2	$400 \cdot 10^3$	55.3
3	Parcelas CL3	$800 \cdot 10^3$	20.3
4	Parcelas CL4	$400 \cdot 10^3$	55.3
5	Parcelas CL5	$400 \cdot 10^3$	98.0
6	Iluminación Z1	330	181.6
7	Iluminación Z1	385	269.8
8	Iluminación Z2	385	371.9
9	Iluminación Z2	385	372.5
10	Iluminación Z3	440	301.0
11	Iluminación Z3	495	332.0
12	Iluminación Z4	495	316.3
13	Iluminación Z4	440	285.3
14	Iluminación Z5	385	250.3
15	Iluminación Z5	330	207.8
16	Iluminación Z6	385	361.8
17	Iluminación Z6	385	356.3
18	Compensación	0	4

Tabla 2.1: Características principales de las salidas del centro de transformación.

- **N** = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).

Al tratarse de una red de distribución pública en baja tensión, se debe instalar el esquema TT, retratado en la figura 2.4.

2.7.2 CANALIZACIONES

De acuerdo con la *ITC-BT-07*, las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras, a una profundidad mínima de 0.8 metros. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie *UNE 211435:2011*), a respetar en los cambios de dirección.

En caso de cruzamientos con carreteras, los conductores se tenderán lo más perpendicular

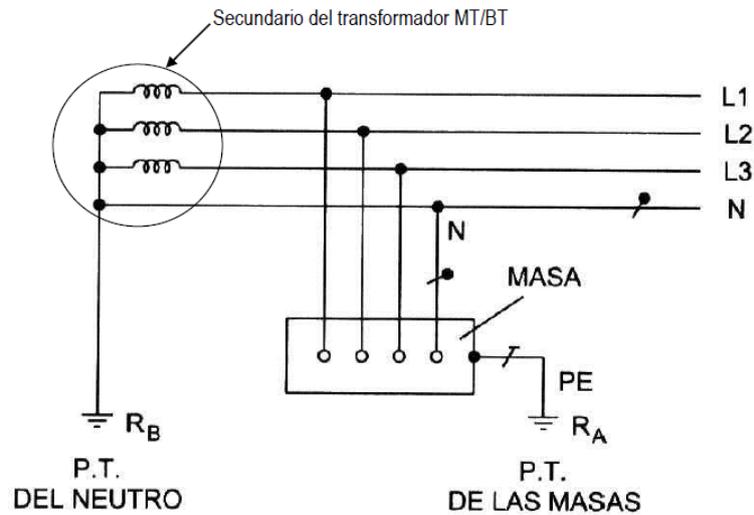


Figura 2.4: Esquema distribución tipo TT.

posible al eje de la vía. En caso de cruzamientos con otros cables de energía eléctrica, los conductores de baja tensión discurrirán por encima de los de alta tensión; con canalizaciones de agua, gas o alcantarillado, los cables estarán por encima de estos, con el fin de evitar condensaciones.

A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces descritos por la *ITC-BT-21*:

- Pantallas de protección calorífuga.
- Poner una distancia suficiente con las fuentes de calor.
- Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
- Modificación del material aislante a emplear.

2.7.3 CONDUCTORES

Los conductores serán de cobre, salvo en algunos casos que se instalarán de aluminio. Tendrán aislamiento en polietileno reticulado (*XLPE*) o en policloruro de vinilo (*PVC*).

Los conductores deben ser fácilmente identificables, especialmente los de neutro y de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. En la tabla 2.2 se recogen los colores que identifican cada conductor.

Conductor	Color		
Fase	Negro	Marrón	Gris
Neutro	Azul		
Tierra	Verde - amarillo		

Tabla 2.2: Identificación de los conductores de la instalación.

En el caso del conductor de protección, se tendrá en cuenta:

- Discurrirá por la misma canalización común que sus conductores activos, presentando el mismo aislamiento
- En una canalización móvil todos los conductores, incluyendo el conductor de protección, irán por la misma canalización.
- Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
- Las conexiones se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para la verificación y ensayo.
- La sección será dependiente de la sección de los conductores activos S , según muestra la tabla 2.3.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm^2)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm^2)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Tabla 2.3: Sección mínima del conductor de protección.

2.7.4 CONEXIONES

De acuerdo a la *ITC-BT-19*, estará prohibido realizar las conexiones por medio de simple arrollamiento o retorcimiento entre los conductores.

La unión de conductores deberá realizarse mediante bornes de conexión o bridas de conexión, uniéndolos individualmente o formando conjuntos en regletas de conexión. Todo ello deberá estar ubicado en el interior de cajas de empalme o derivación, para dar la protección adecuada a dichas conexiones.

En caso de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de manera que la corriente se reparta por todos los alambres. Si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm^2 deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

2.8 ALUMBRADO EXTERIOR

De acuerdo con el artículo 9 del *REBT RD 842/2002*, una instalación de alumbrado exterior tiene por finalidad la iluminación de las vías de circulación o comunicación y las de los espacios comprendidos entre edificaciones que, por sus características o seguridad general, deben permanecer iluminados, en forma permanente o circunstancial, sean o no de dominio público.

En esta instalación se iluminarán las ocho calles existentes en el polígono, compuestas cada una de ellas por una calzada de dos carriles y dos aceras. Para conseguir, ante una avería, la mínima zona de no iluminación, las calles se dividirán en seis zonas definidas en la figura 2.5 y cada una de estas tendrá dos circuitos de alumbrado.

El nivel de iluminación de estas vías estará de acuerdo con la norma europea *EN 13201:2015* y el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior*. Las condiciones que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior serán las correspondientes a su peculiar situación de intemperie y, por el riesgo que supone, el que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles.

2.8.1 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR

Las líneas de alimentación de los puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, a la potencia aparente mínima en VA se aplicará un factor de corrección de 1.8 a la potencia en W de los puntos de luz. Como en este proyecto se dimensionará con tecnología LED, no aplicaremos este factor de corrección.

Los puntos de luz estarán colocados sobre columnas, partiendo de la premisa de que las aceras tienen la anchura suficiente para no obstaculizar el movimiento de los peatones.

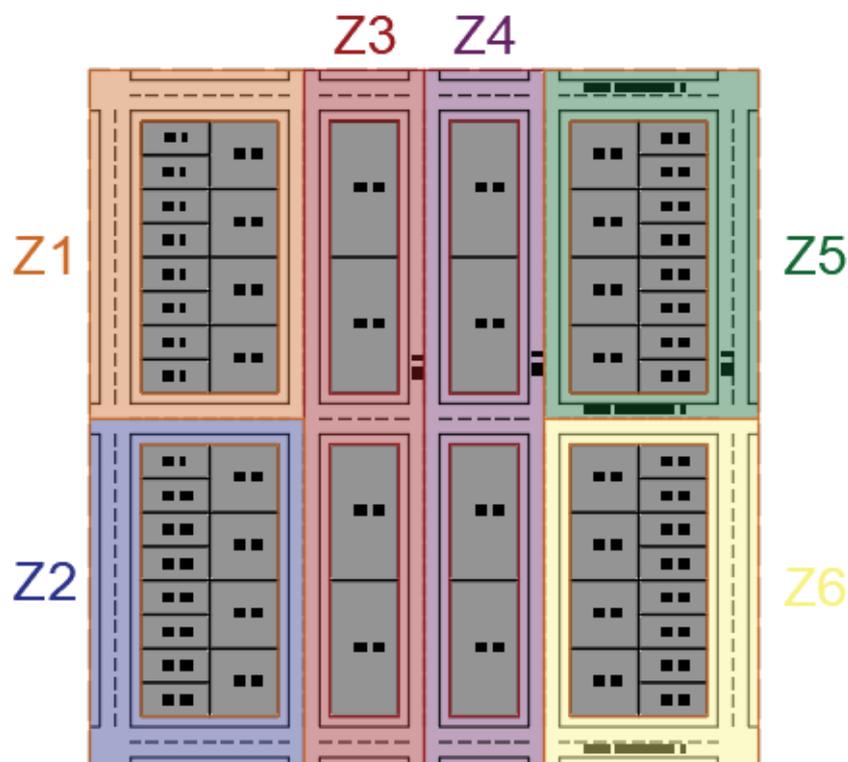


Figura 2.5: División del polígono en zonas de iluminación.

Este soporte de las luminarias supone que la red de alimentación sea subterránea, por lo que dicha red estará regulada por la *ITC-BT-07*. Los cables, que estarán entubados, serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada de 0,6/1 kV. El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito. Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0.4 metros del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60 mm.

Las vías de circulación se clasificarán, de acuerdo con la *ITC-EA-02* teniendo en cuenta la velocidad de circulación, el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario (*IMD*) principalmente. Otros factores a tener en cuenta son la intensidad de intersecciones, el tráfico de ciclistas, la existencia de vehículos aparcados, etc. Por tanto:

- Las calzadas del presente proyecto se plantea de moderada velocidad (vía tipo B según *ITC-EA-02*), vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante y con una intensidad de tráfico menor de 7, por lo que las calzadas tendrán un nivel de iluminación **ME4b**, correspondiente al nivel **M4** de la norma europea *EN 13201:2015*.
- Las aceras son vías peatonales a lo largo de la calzada (vía tipo E según *ITC-EA-*

Clase de alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia Media L_m (cd/m^2) (min.)	Uniformidad global U_0 (min.)	Uniformidad Longitudinal U_L (min.)	Incremento Umbral TI (%) (max.)	Relación Entorno SR (min.)
M1	2,00	0,40	0,70	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	20	0,30

Tabla 2.4: Series M de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B.

02), y el flujo de tráfico de peatones se considera normal, por lo que las aceras tendrán un nivel de iluminación **S2**, correspondiente al nivel **P4** de de la norma europea *EN 13201:2015*.

Clase de alumbrado	Iluminancia en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux)	Iluminancia Mínima E_{min} (lux)
P1	15	3
P2	10	2
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,60
P6	2	0,40

Tabla 2.5: Series P de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E.

Los requisitos fotométricos que deberán cumplir ambos tipos de vías se muestran en las tablas 2.4 y 2.5, de acuerdo con *EN 13201:2015*.

Con el fin de conseguir ahorros energéticos, la instalación de alumbrado público se proyectará con distintos niveles de iluminación, aplicando regulación ZigBee, de forma que ésta decrezca durante las horas de menor necesidad de iluminación [6].

2.8.2 LUMINARIAS

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior cumplirán las normas *UNE-EN 60.598-2-3:2003* y *UNE-EN 60598-2-5:2003* [6]. Estas se definen como el aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares

en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación [7].

En los últimos años la tecnología LED se ha visto en constante evolución, lo que la hace competir con la tecnología imperante en iluminación exterior. Debido a esto y por la creciente preocupación por el ahorro y la eficiencia energética, se ha considerado instalar tecnología LED. Con esta tecnología en la actualidad, se consigue un mayor ahorro energético, una mejor calidad de la luz emitida, mayor vida útil y mayor facilidad de regulación.

En la elección de la luminaria, ante la gran oferta que ofrece el mercado, se han escogido siete modelos de luminaria diferente que, con su configuración correspondiente, cumplen con los criterios fotométricos mencionados. Estos modelos son:

- *AVANT 12LED @350mA 13W 4000K T3* (BENITO-LIGHT)
- *ELIUM MINI 12LED @700mA 27W 4000K T4* (BENITO-LIGHT)
- *AVANT 40LED @500mA 62W 4000K T3* (BENITO-LIGHT)
- *STREET O3 1X16LED 4000K 350mA Cycle Potenza Ridotta* (GEWISS).
- *RACER Smart Mini 826.LED 740 5400Lm 55W* (ES-SYSTEM)
- *DLIGHT 2ML Pole Top Kinematic 3000K* (HEPER)
- *RACER Smart Mini 826.LED 740 9300Lm 100W* (ES-SYSTEM)

Con estos modelos se realizará una comparación para concluir cual de ellas es la más adecuada para este proyecto. Esta comparación, recogida en la tabla 2.6 se ha llevado a cabo con los siguientes criterios técnicos [8], considerados de mayor importancia en la elección de un modelo de luminaria:

- **Nº de luminarias** necesarias para iluminar adecuadamente las vías de circulación, de vehículos y de peatones, del polígono.
- **Potencia consumida** por la lámpara y los equipos auxiliares instalados en cada luminaria.
- **Flujo luminoso**, definida como la cantidad de luz emitida o radiada en un segundo en todas las direcciones.
- **Eficacia luminosa**, definida como el flujo luminoso que emite la luminaria entre la potencia consumida.
- **Capacidad de regulación** de la luminaria.
- **Índice de reproducción cromática (IRC)**, definida como la capacidad de la fuente de la luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia.

- **Temperatura de color** (TC), que indica el color de una fuente de luz por la comparación de ésta con el color del cuerpo negro a una determinada temperatura. Cuanta más temperatura tenga una lámpara, más blanca será la luz que produzca. Esta luz blanca supone una atmósfera más segura y más natural al conseguir mayor visibilidad. También se consigue un menor consumo energético.

Luminaria	Nº luminarias	Potencia (W)	Flujo luminoso (Lm)	Eficacia luminosa (Lm/W)	Regulación	IRC (%)	Temperatura color (K)
Avant 12LED	104	13	1729	133.0	NO	70	4000
Elium	80	27	3159	115.6	NO	70	4000
Avant 40LED	302	62	8060	130.0	NO	70	4000
Street O3	302	12	959	79.9	DALI	70	4000
Racer	88	55	5400	98.2	ZigBee	70	5700
Dlight	58	70	7000	100.0	DALI	80	3000
Racer	58	100	9300	93.0	ZigBee	70	4000

Tabla 2.6: Comparativa de las luminarias seleccionadas.

Para diseñar una instalación eficiente que obtenga ahorros energéticos significativos, se descartan los modelos que no sean compatibles con ningún sistema de regulación. Entre los criterios contemplados, se atribuye más importancia a la eficacia luminosa, destacando la luminaria “*Dlight*” de *Heper* con 100 lm/W y la luminaria “*Racer (55W)*” de *ES-System* con 98.2 lm/W. Esta pequeña diferencia motiva a tener en cuenta seguidamente el sistema de regulación y la temperatura de color. Con estos criterios destaca el modelo “*Racer (55 W)*” ya que proyecta una iluminación más blanca, debido a los 2700 K de diferencia con el modelo “*Dlight*”, y el sistema *ZigBee*, siendo este un sistema más moderno que no requiere cableado extra.

Por tanto, se decide que el modelo **Racer (55W)** es el más adecuado para este proyecto. La disposición de los puntos de luz, mostrada visualmente en la figura 2.6, será a tresbolillo o en zig-zag separados 31 metros respecto de la misma acera, colocados a una altura de 8 metros y 0.4 metros de saliente del punto de luz respecto de la acera. Además, la luminaria tendrá una inclinación de 25º respecto a la horizontal. En el anexo B se recoge el informe generado por *DIALux* con la información necesaria de la instalación de alumbrado exterior, incluida la posición de cada punto de luz y datos de la luminaria, así como la distribución de intensidad y densidad lumínica.

El sistema *ZigBee* se basa en el estándar de la *IEEE 802.15.4*, que pretende dar una solución más económica y con menor consumo energético a aplicaciones de seguridad y automatización [9].

En alumbrado público, este sistema trabaja con una estación de observación en cada punto de luz y otra estación base situada en algún edificio cercano. Estas estaciones de observación se componen de sensores de presencia, de luz, de falla y un interruptor de emergencia que recogen información de las condiciones de la calle. Estos datos se envían al microcontrolador de la misma estación, que los procesa para gestionar la iluminación de la lámpara correspondiente. Dichos datos procesados también se envían a la estación base (coordinador), a través de una red inalámbrica con topología en estrella, árbol o mallada. Este coordinador registra los datos recibidos, informando detalladamente del correcto funcionamiento de las lámparas y/o de los fallos que pudieran existir en la instalación. Esta información llega al personal correspondiente mediante una interfaz gráfica, que permite también aplicar medidas correctoras en caso necesario [10], ya que se trata de una comunicación bidireccional.

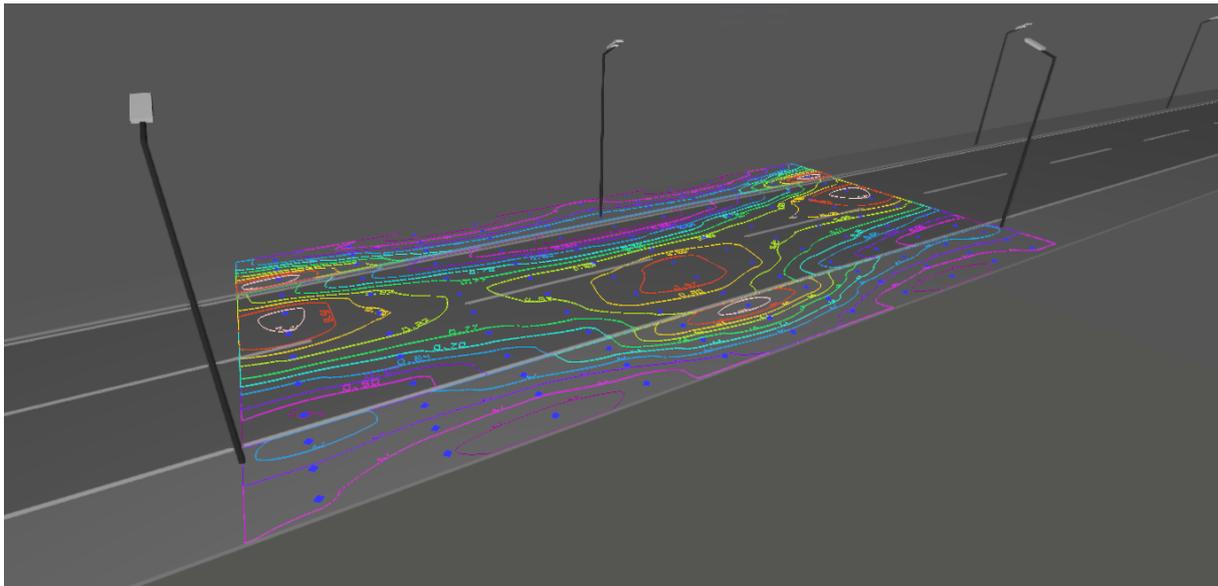


Figura 2.6: Disposición de las columnas y luminarias y curvas isolumínicas.

En la figura 2.7 se muestra la iluminación recreada con el modelo de luminaria escogido. En ella se observa una iluminación homogénea.

Las luminarias irán sujetas sobre columnas tronco-cónicas, que se ajustarán a la normativa vigente. Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie o estarán debidamente protegidas contra éstas, no debiendo permitir la entrada de agua de lluvia ni la acumulación del agua de condensación. Los soportes, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, con un coeficiente de

seguridad mínimo de 2.5 [6].

Las columnas irán provistas de puertas de registro de acceso para la manipulación de sus elementos de protección y maniobra, por lo menos a 0.30 metros del suelo, dotada de una puerta con grado de protección mínimo IP 44 e IK 10, que sólo se pueda abrir mediante el empleo de útiles especiales. En su interior se ubicará una tabla de conexiones de material aislante, provista de alojamiento para los fusibles y de fichas para la conexión de los cables [6].

Con el objetivo de facilitar el acceso a las canalizaciones con los conductores se contará con arquetas registrables instaladas al pie de cada punto de luz.

Cumpliendo con el reglamento, las luminarias tienen una protección mecánica IP 66 e IK 08, cuya interpretación [6] se recoge en la tabla 2.7.

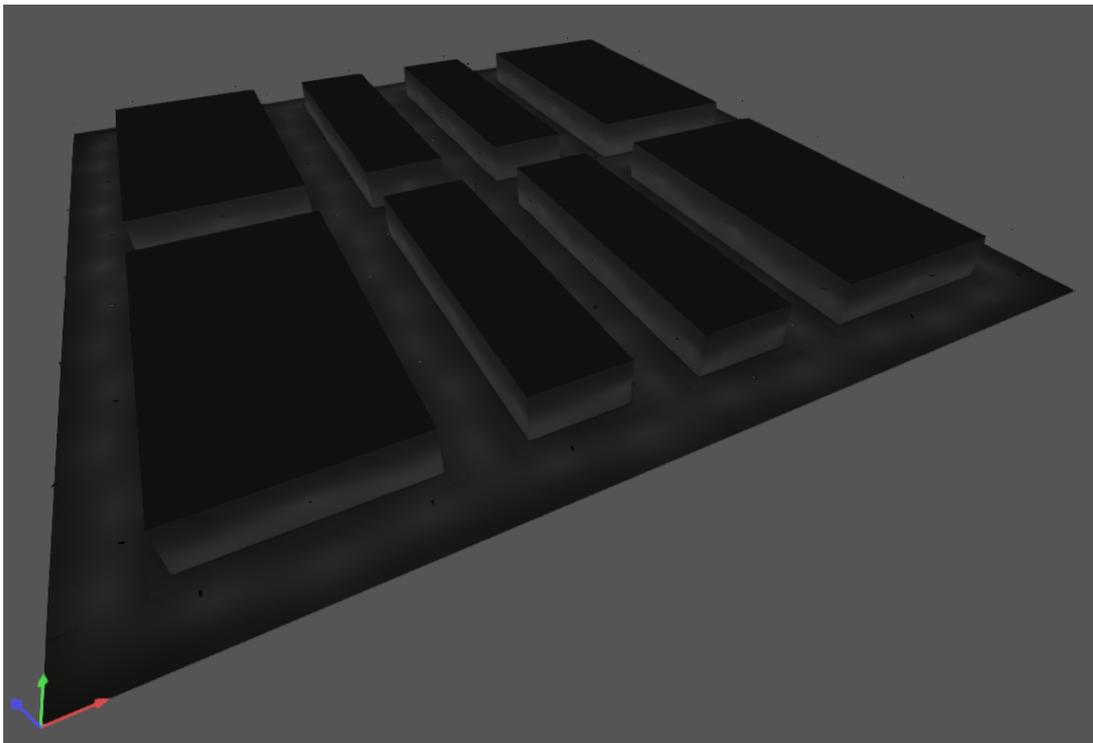


Figura 2.7: Iluminación de las vías de circulación del recinto.

Grado de protección IP (UNE-EN 60529:2018)	Primera cifra	6	Totalmente estanco al polvo
	Segunda cifra	6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa
Grado de protección IK (UNE-EN 50102)	08	Energía (J)	5
		Masa y altura de la pieza de golpeo	1,7 kg y 295 mm

Tabla 2.7: Interpretación de los códigos de protección mecánica IP e IK.

La luminaria estará compuesta por los siguientes elementos:

- **Carcasa:** Armadura que protege el resto de elementos de los agentes exteriores.
- **Lámpara:** Dispositivo que transforma la energía eléctrica que recibe el LED a energía lumínica.
- **Equipo eléctrico:** Formado por el portalámparas y los elementos de arranque y funcionamiento de la lámpara, entre los que se encuentran el *driver* para regulación y control.
- **Reflector:** Superficie colocada detrás de la lámpara y con la geometría adecuada para reflejar la luz en la dirección deseada.
- **Refractor:** Superficie colocada delante de la lámpara y que modifica la distribución del flujo luminoso.
- **Difusor:** Superficie colocada a continuación del refractor que difunde el flujo luminoso para evitar deslumbramientos.
- **Filtro:** Superficie que modifica las características ópticas de la luz emitida, como la alteración de los colores.

2.8.3 AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Este aspecto será tenido en cuenta a lo largo de las etapas de diseño y de funcionamiento de la instalación, debido a que el peso económico y energético que supone una instalación de alumbrado vial es importante. Por ello, y para reducir dicho peso, se establecerán condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento. Estas medidas se llevarán a cabo siempre que no suponga un deterioro en la finalidad de la instalación de alumbrado, que es el de dar visibilidad a peatones y conductores, reduciendo el riesgo de accidentes [11]. Algunas de las medidas que podemos adoptar se exponen a continuación:

1. No superar los niveles de iluminación de la instalación lo establecido en las tablas 2.4 y 2.5.

2. Cumplir los requisitos mínimos establecidos en la tabla 2.8 y 2.9, extraídas de la *ITC-EA-01*. Según los resultados extraídos de la simulación en DIALux, la iluminancia media en las carreteras es de 16.2 lux y en las aceras es 6.55 y 6.56 lux. La instalación de alumbrado vial del presente proyecto, según los cálculos realizados en el capítulo 3, tiene una calificación energética A (la más eficiente), según la tabla 2.10.

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	Eficiencia energética mínima (m^2lux/W)
≥ 30	22
25	20
16.2	15.6
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Tabla 2.8: Requisitos mínimos de eficiencia energética en alumbrado vial funcional.

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	Eficiencia energética mínima (m^2lux/W)
≥ 20	9
15	7.5
10	6
7.5	5
6.55	4.45
≤ 5	3.5

Tabla 2.9: Requisitos mínimos de eficiencia energética en alumbrado vial ambiental.

3. Disponer de un sistema de accionamiento y regulación del nivel luminoso, que permita gestionar adecuadamente los puntos de luz. Existen diferentes sistemas, como el basado en balastos electrónicos de potencia regulable y el basado en telegestión. Dentro de este último, también existen numerosos sistemas, que permiten gestionar el alumbrado punto a punto o de cuadro de alumbrado [11].

En este proyecto se plantean dos protocolos de regulación, el protocolo DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) y el protocolo ZigBee (*IEEE 802.15.4*). Ambos utilizan la comunicación bidireccional lo que permite controlar y monitorizar en todo momento la instalación de alumbrado. La diferencia principal reside en que el protocolo DALI requiere la instalación de dos cables de bus por cada punto de luz y el protocolo ZigBee es totalmente inalámbrico [12].

Calificación energética	Índice de Consumo Energético
A	ICE <0.91
B	$0.91 \leq \text{ICE} < 1.09$
C	$1.09 \leq \text{ICE} < 1.35$
D	$1.35 \leq \text{ICE} < 1.79$
E	$1.79 \leq \text{ICE} < 2.63$
F	$2.63 \leq \text{ICE} < 5.00$
G	ICE ≥ 5.00

Tabla 2.10: Calificación energética de una instalación de alumbrado.

4. Elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado para garantizar que las propiedades luminotécnicas y el valor de eficiencia energética de la instalación se mantengan en unos valores adecuados a lo largo de su vida útil. Este plan de mantenimiento contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas y la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. En dicho plan también se deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control presentes en las diferentes zonas en que se divida la instalación [13].

2.8.4 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

También llamado resplandor luminoso nocturno, es el brillo producido en el cielo por las instalaciones de alumbrado exterior, edificios de viviendas, etc. ya sea por emisión directa o reflejada, dificultando las observaciones astronómicas de los objetos celestes.

Este resplandor depende, además del diseño de la instalación, de las condiciones atmosféricas como la humedad o la niebla. Para reducirlo se introduce el concepto de flujo hemisférico superior (FHS_{inst}), que es la proporción del flujo de una luminaria que se emite por encima del plano horizontal que pasa por el centro óptico del punto de luz respecto al flujo total [11].

Para poder limitar el FHS_{inst} , primero definimos la zona de protección contra la contaminación. Una zona industrial se tomará como una zona urbana donde la calzada debe estar iluminada por lo que, fijándonos en la tabla 2.11, definimos el polígono como zona **E3**. Esta zona tiene un límite de contaminación lumínica del **15 %** como valor máximo, tal y como viene reflejado en la tabla 2.12 de la *ITC-EA-03*.

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

Tabla 2.11: Clasificación de zonas de protección contra la contaminación lumínica.

Clasificación de zonas	FHS _{inst}
E1	$\leq 1\%$
E2	$\leq 5\%$
E3	$\leq 15\%$
E4	$\leq 25\%$

Tabla 2.12: Valores límite del límite del flujo hemisférico superior instalado.

2.9 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Para evitar accidentes al interactuar con una instalación eléctrica se contará con diferentes elementos de protección que eviten dichos accidentes según la naturaleza del mismo, como son la instalación de puesta a tierra y las protecciones contra sobrecargas, sobrecargas y contactos directos e indirectos.

2.9.1 PUESTA A TIERRA

De acuerdo con la *ITC-BT-18*, una instalación de puesta a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito eléctrico o una parte conductora que no pertenezca a este a tierra, mediante electrodos enterrados en el suelo. Tiene la finalidad de reducir la tensión que pudiera aparecer en las masas metálicas, así como complementar la actuación

de las protecciones, reduciendo al máximo posible el riesgo eléctrico.

Los materiales que compongan la puesta a tierra deberán cumplir los siguientes requisitos:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra estará conforme con las normas de protección y funcionamiento de la instalación y se mantenga constante, según los requisitos generales indicados en la *ITC-BT-24* y las correspondientes a cada instalación.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga deben circular sin peligro, especialmente teniendo en cuenta sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La protección mecánica estará asegurada, independientemente de las condiciones externas que se estimen.
- Se deberá tener en cuenta los posibles riesgos producidos por electrolisis que pudieran afectar a las partes metálicas de la instalación.

Un esquema básico se representa en la figura 2.8, que muestra los elementos que forman parte y como están conectados entre ellos.

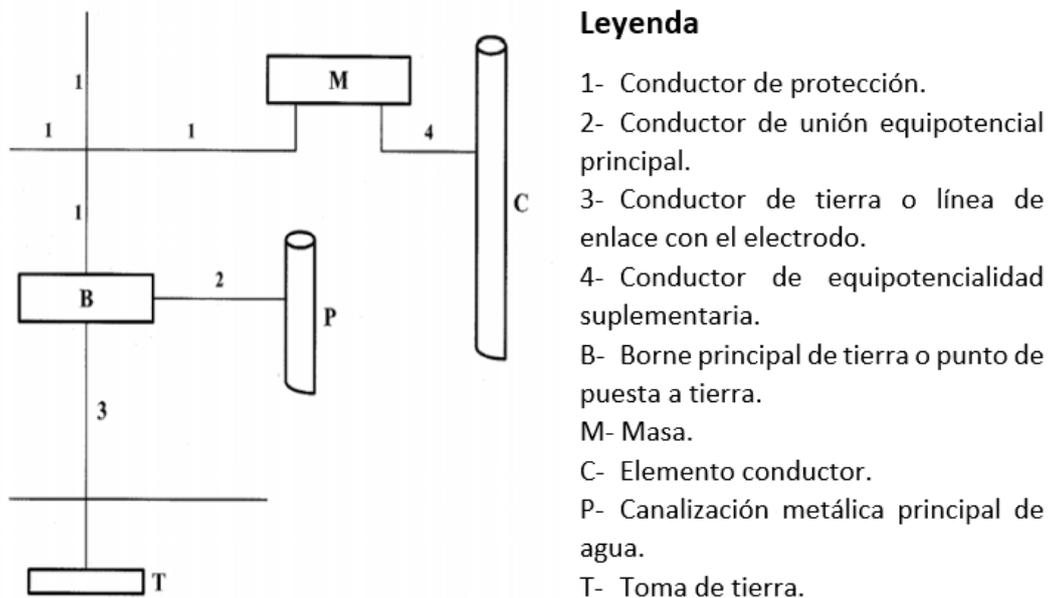


Figura 2.8: Representación esquemática de una instalación de puesta a tierra.

2.9.1.1 CONDUCTOR DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección unirán eléctricamente todas las masas de la instalación al conductor de tierra, pasando por el borne principal, para asegurar la protección contra

contactos indirectos. La sección de los conductores de protección, en caso de que el material de estos sea el mismo que el de los conductores activos, se obtendrá de la tabla 2.14. Cuando el conductor de protección se una a varios circuitos, la sección de dicho conductor estará en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección mínima de $2,5 \text{ mm}^2$, disponiendo de una protección mecánica.

Como conductores de protección se puede usar conductores en cables multiconductores, aislados, con envolvente común a los conductores activos o separados desnudos o aislados. Estarán protegidos para evitar deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y reducir los esfuerzos electrodinámicos.

2.9.1.2 CONDUCTOR DE UNIÓN EQUIPOTENCIAL

Este conductor tendrá una sección superior a la mitad de la sección del conductor de protección, con un mínimo de $2,5 \text{ mm}^2$ si es de cobre o 6 mm^2 en caso contrario.

La sección del conductor de equipotencialidad suplementaria será superior a la mitad de la del conductor de protección unido a la masa correspondiente.

En caso de asegurar este conductor, se puede aislar en bandejas no desmontables, por conductores suplementarios o por combinación de ambos.

2.9.1.3 CONDUCTOR DE TIERRA

La sección de los conductores de tierra estarán de acuerdo con la tabla 5.9, aunque se recomienda que la sección mínima para un cable de cobre enterrado y desnudo sea de 35 mm^2 .

TIPO	Protegido mecánicamente	No prot mecánicamente
Protegido contra la corrosión	Según tabla 2.14	16 mm^2 cobre 16 mm^2 acero galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm^2 cobre 50 mm^2 hierro

Tabla 2.13: Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra.

Sección de los conductores de fase S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p=S$
$16 < S \leq 35$	$S_p=16$
$S > 35$	$S_p=S/2$

Tabla 2.14: Relación entre las secciones de los conductores de fase y de protección.

2.9.1.4 BORNE PRINCIPAL DE TIERRA

En la instalación existirá un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y los de puesta a tierra funcional en caso necesario. Se dispondrá de un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente, como el puente seccionador que se muestra en la figura 2.9. Este debe tener la misma sección que la del conductor de tierra o una sección equivalente en el caso de utilizar otros materiales.

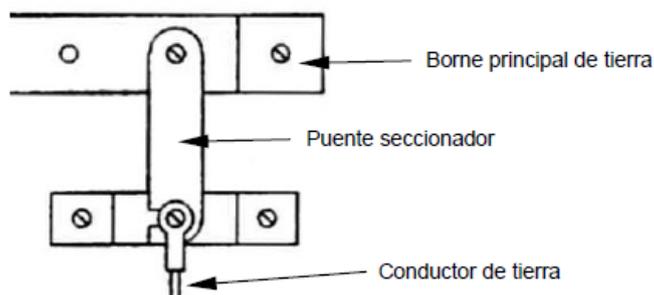


Figura 2.9: Puente seccionador instalado.

2.9.1.5 TOMA DE TIERRA

Los electrodos para la toma de tierra pueden ser barras, tubos, pletinas, conductores desnudos, placas, anillos o mallas metálicas, armaduras de hormigón enterradas u otras estructuras enterradas demostradas apropiadas. Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma *UNE-EN 60228:2005*.

La profundidad del electrodo será superior a 0.5 metros, de modo que las condiciones del suelo que puedan variar no aumenten la resistencia de la toma de tierra prevista.

2.9.1.6 RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno, además de la profundidad a la que se haya enterrado este. Se diseñara este teniendo en cuenta que su resistencia de puesta a tierra no supere en ningún momento el valor previsto. Este valor es aquel que en las masas conectadas no aparezcan tensiones de contacto superiores a 24 o 50 V, según nos encontremos en locales o emplazamientos conductores o en otros casos, respectivamente. En la tabla 2.15 se muestran algunas formulas para estimar la resistencia de puesta a tierra.

Electrodo	Resistencia de puesta a tierra (Ω)
Placa enterrada	$R = 0,8 * \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2\rho/L$
ρ , resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Tabla 2.15: Fórmulas para estimar la resistencia de puesta a tierra.

Si debido a las condiciones de la instalaciones se pudieran superar dichos valores de tensión, se eliminará rápidamente la falta mediante dispositivos de corte.

2.9.1.7 TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Dos tomas de tierra serán independientes cuando una de ellas no alcance una tensión superior a 50 V respecto a un punto de potencial cero en el momento en que por la otra toma circula la máxima corriente de defecto prevista.

Se verificará que las masas puestas a tierra de la instalación de baja tensión, así como los conductores de protección no estén unidas a la toma de tierra de las masas del centro de transformación. Si no se comprueba la independencia, se tendrá en cuenta las siguientes condiciones:

- No existirá ninguna canalización metálica conductora que una ambas zonas de tierra.
- La distancia mínima entre las tomas de tierra será de 15 metros cuando la resistividad del terreno este por debajo de los 100 Ωm . Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia será la que indique la siguiente expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi \cdot U} \quad (2.1)$$

2.9.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

De acuerdo con la *ITC-BT-22*, todos los circuitos de la instalación estarán protegidos contra los efectos de las sobrintensidades que puedan aparecer, interrumpiendo el servicio del circuito en cuestión en un tiempo conveniente o estando dimensionado para las sobrintensidades previstas. La norma *UNE-HD 60364-4-43:2013* recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección.

Según la naturaleza del defecto, se tienen dos tipos de protecciones:

- **Protección contra sobrecargas.** Constituidos por interruptores automáticos de corte omnipolar con curva térmica de corte o por cortacircuitos fusibles calibrados. Garantizará el límite de intensidad de corriente admisible en el conductor.
- **Protección contra cortocircuitos.** Se admiten los fusibles calibrados y los interruptores automáticos de corte omnipolar. Se colocará en el origen de cada circuito. La capacidad de corte de estos dispositivos estarán acordes con la intensidad del cortocircuito que pueda presentarse en el punto donde se coloque.

En caso de circuitos derivados de uno principal, se admite que un solo dispositivo principal proteja contra cortocircuitos todos los circuitos derivados, mientras que dispositivos de protección contra sobrecargas proteja cada circuito derivado desde el inicio de cada uno.

2.9.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

De acuerdo con la *ITC-BT-23*, una sobretensión es aquella que se origina por maniobras o, sobre todo, por efectos de tipo atmosférico como la caída de un rayo sobre una línea de distribución, funcionamiento de un sistema de protección externa contra descargas atmosféricas o la incidencia directa de una descarga atmosférica en el edificio.

Para definir esta protección consideramos una situación natural. Al ser la red subterránea en su totalidad, se prevé un bajo riesgo de sobretensiones, por lo que es suficiente con la resistencia a la sobretensiones de los equipos de la tabla 2. Aunque la situación sea natural, nos encontramos en una provincia con previsión de mas de 25 días de tormenta al año. Es por ello que es muy recomendable la instalación de este tipo de protección.

Los dispositivos deben seleccionarse de manera que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de los equipos y materiales previstos. En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro y la tierra. Dicho dispositivo se podrá colocar tanto aguas arriba como aguas abajo del interruptor diferencial. Si se opta por el segundo caso, el dispositivo será selectivo de tipo S.

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2.5	1.5
400/690 1000	— —	8	6	4	2.5

Tabla 2.16: Selección de los materiales en la instalación.

2.9.4 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Se asegurará la seguridad de las personas y animales domésticos contra los choques eléctricos de acuerdo con la *ITC-BT-24*.

Contra contactos directos.

Se denomina contacto directo a aquel que sucede al tomar contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Las protecciones contra estos contactos se basan en la norma *UNE-HD 60364-4-41:2010* y serán:

- Protección por aislamiento de las partes activas. Se trata de recubrir de un aislamiento que no pueda ser eliminado.
- Protección por medio de barreras o envolventes. Las partes activas estarán ubicadas en el interior de envolventes o barreras que tengan un grado de protección mínimo de IP XXB, según *UNE-EN 60529:2018*. Las superficies superiores de las envolventes o barreras horizontales fácilmente accesibles tendrán un grado de protección mínimo de IP 4X o IP XXD. Deben fijarse de una manera segura y tener una robustez y durabilidad suficientes y con una distancia suficiente con las partes activas.
- Protección por medio de obstáculos. Esto se limita a los locales de servicio eléctrico donde solo acceda personal autorizado, ya que no garantiza una protección completa. Estos obstáculos impiden los contactos fortuitos, pero no los contactos voluntarios. Los obstáculos pueden ser desmontables sin la ayuda de herramienta, pero se fijará de tal manera que impida cualquier desmontaje involuntario.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento. Esto se limita a los locales de servicio eléctrico donde solo acceda personal autorizado, ya que no garantiza una protección completa. De igual manera, estos obstáculos impiden los contactos fortuitos, pero no los contactos voluntarios. Las partes accesibles simultáneamente, que se encuentran a tensiones diferentes no deben encontrarse dentro del volumen

de accesibilidad, entendiéndolo como tal el espacio situado alrededor de los emplazamientos en los que pueden permanecer o circular personas. Este volumen se muestra gráficamente en la figura 2.10.

- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual. Esta medida se aplicará únicamente como complemento a otras medidas. Se emplearán dispositivos de corriente diferencial-residual cuyo valor de corriente diferencial asignada sea inferior o igual a 30 mA. En caso de previsión de corrientes diferenciales no senoidales, los dispositivos serán de clase A que aseguran la desconexión.

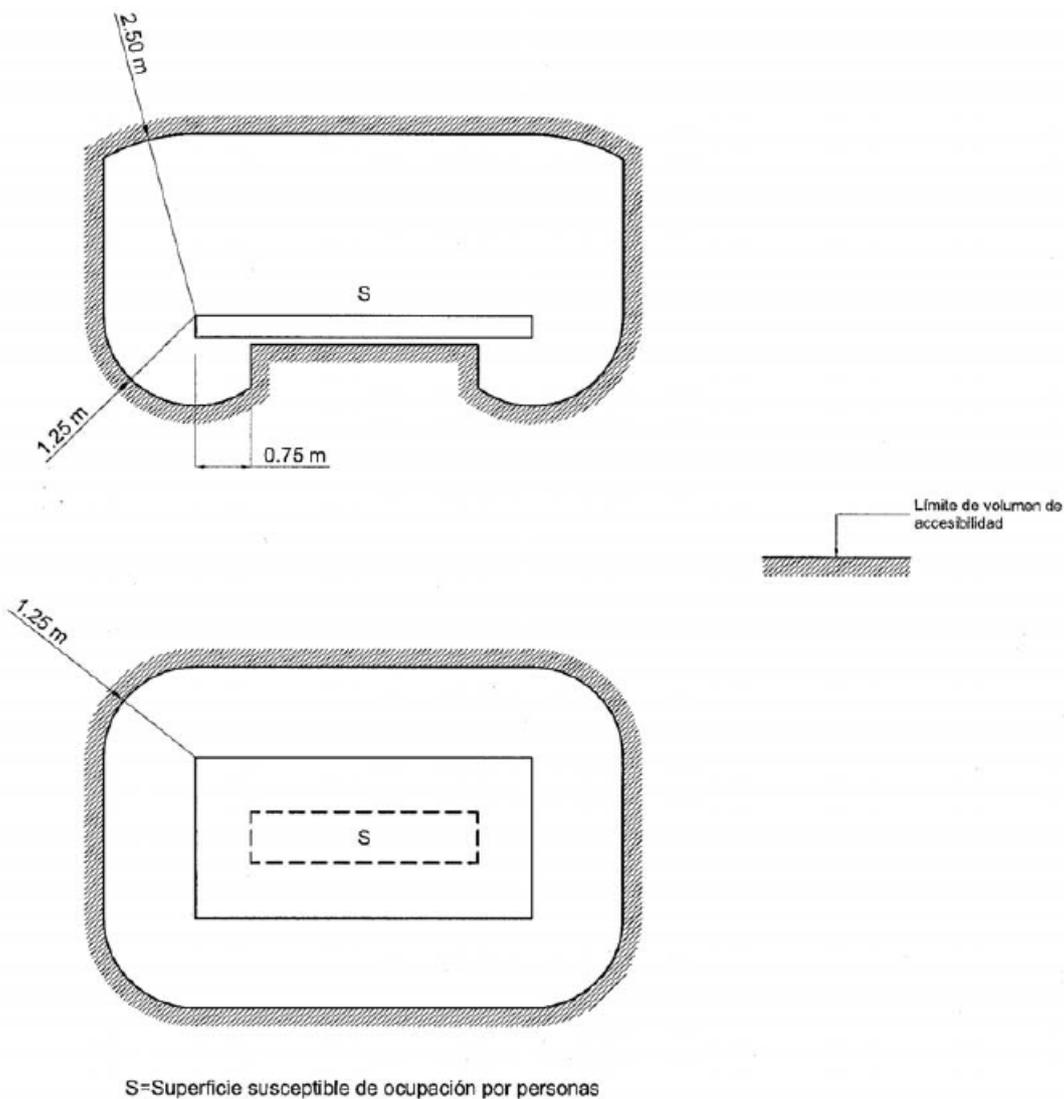


Figura 2.10: Volumen de accesibilidad.

Contra contactos indirectos.

Los contactos indirectos son aquellos que suceden con masas que habitualmente no están en tensión. La protección contra este riesgo eléctrico se puede conseguir con las siguientes medidas:

- Protección por corte automático de la alimentación. Se pretende que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante el tiempo necesario para que signifique riesgo. Esta protección se realizará de acuerdo con la norma *UNE-IEC/TS 60479-1:2007*. La tensión límite convencional es 50 V de valor eficaz en corriente alterna en condiciones normales. Para las instalaciones de alumbrado público se aceptan 24 V de tensión límite.

Al tratarse de un esquema TT, las masas de todos los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo se interconectarán por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El neutro de cada transformador también debe ponerse a tierra. De forma general, se cumplirá:

$$R_a \cdot I_a \leq U \quad (2.2)$$

Se pueden utilizar dispositivos de protección de corriente diferencial-residual o de máxima corriente en caso de que R_a tenga un valor bajo.

- Protección por empleo de equipos de clase II o por aislamiento equivalente. Se utilizará, de acuerdo con la norma *UNE-HD 60364-4-41:2010*:
 - Equipos con aislamiento doble o reforzado.
 - Aparamenta construida en fábrica y con aislamiento equivalente.
 - Aislamientos suplementarios que aislen equipos eléctricos con solo un aislamiento principal.
 - Aislamientos reforzados que aislen las partes activas descubiertas al no poder utilizarse un doble aislamiento.
- Protección en los locales o emplazamientos no conductores. Se regirá por la norma *UNE-UNE-HD 60364-4-41:2010*. Se busca evitar el contacto simultáneo con partes a diferentes tensiones en caso de fallo del aislamiento principal. Se podrán utilizar materiales de clase 0 cuando no es posible el contacto simultáneo de las masas o masas con elementos conductores no exista ningún conductor de protección en estos locales.

Las paredes y suelos aislantes tendrán una resistencia superior a 50 $k\Omega$ si la tensión nominal de la instalación es inferior a 500 V o 100 $k\Omega$ en caso contrario. Se evitará en la medida de lo posible añadir posteriormente de elementos que puedan anular la conformidad con lo expuesto en este punto. Además, se tendrá en cuenta que la humedad no comprometa el aislamiento de las paredes y suelos.

- Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra. Todas las masas y elementos conductores que sean accesibles estarán conectados con conductores de equipotencialidad, no estando estos conectados a tierra.
- Protección por separación eléctrica. El circuito de la instalación se alimentará a través de una fuente de separación como un transformador de aislamiento o una fuente que asegure un grado de seguridad equivalente. Se describen las garantías de esta protección en la norma *UNE UNE-HD 60364-4-41:2010*. Si un circuito separado alimenta a un único aparato, las masas del circuito no se conectarán al conductor de protección. Si alimenta a muchos aparatos, se deben cumplir lo siguiente:
 - Las masas del circuito separado se conectarán entre sí a través de conductores de equipotencialidad aislados no conectados a tierra.
 - Las bases de tomas de corriente estarán provistas de un contacto de tierra conectado al conductor de equipotencialidad.
 - Todos los cables flexibles de los equipos que no sean de clase II utilizarán un conductor de protección como conductor de equipotencialidad.

Capítulo 3

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

3.1. Cálculo del centro de transformación	40
3.1.1. Intensidad en alta tensión	40
3.1.2. Intensidad en baja tensión	40
3.1.3. Cortocircuitos	41
3.1.4. Dimensionado del embarrado de MT	42
3.1.5. Protecciones de alta y baja tensión	44
3.1.6. Dimensionado de la ventilación	44
3.1.7. Cálculo de la instalación de puesta a tierra	45
3.2. Cálculo de la red de baja tensión	51
3.2.1. Fórmulas	51
3.2.2. Demanda de potencias	54
3.2.3. Dimensionado de líneas de fuerza	55
3.2.4. Compensación de potencia reactiva	62
3.3. Cálculo de la instalación de alumbrado exterior	66
3.3.1. Dimensionado de líneas de alumbrado exterior	66
3.3.2. Cálculo de la eficiencia energética	70

En este capítulo se desarrollarán los cálculos necesarios para definir el diseño de los elementos en el suministro de energía eléctrica, basados en las demandas de potencia previstas y en las características de la instalación. Inicialmente se expondrá un breve enfoque teórico y, a continuación, se desarrollarán los cálculos que se han tenido en cuenta para la definición de este proyecto.

3.1 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

3.1.1 INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

En cada transformador trifásico, la intensidad que circula por el circuito primario I_p viene dada por la expresión 3.1, que relaciona esta con la potencia.

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (3.1)$$

siendo:

- $S =$ Potencia del transformador (kVA).
- $U_p =$ Tensión compuesta primaria (kV).
- $I_p =$ Intensidad primaria (A).

Sustituyendo valores en la tabla 3.1:

Transformador	Potencia (kVA)	U_p (kV)	I_p (A)
1	1250	13.2	54.7
2	1250	13.2	54.7

Tabla 3.1: Intensidad del circuito primario en los transformadores.

3.1.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

De la misma manera, la intensidad que circula por el circuito secundario I_s del transformador viene dada por la expresión 3.2.

$$I_s = \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_s} \quad (3.2)$$

siendo:

- $S =$ Potencia del transformador (kVA).

- $U_s =$ Tensión compuesta secundaria (V).
- $I_s =$ Intensidad secundaria (A).

Sustituyendo valores en la tabla 3.2:

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	I_s (A)
1	1250	400	1804.3
2	1250	400	1804.3

Tabla 3.2: Intensidad del circuito secundario en los transformadores.

3.1.3 CORTOCIRCUITOS

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones 3.3 y 3.4. En el cálculo de la intensidad primaria de cortocircuito se tendrá en cuenta una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato que es proporcionado por la Compañía suministradora.

- Intensidad primaria para un cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (3.3)$$

siendo:

- $S_{cc} =$ Potencia de cortocircuito de la red (MVA).
- $U_p =$ Tensión compuesta primaria (kV).
- $I_{ccp} =$ Intensidad de cortocircuito primaria (kA).

S_{cc} (MVA)	U_p (kV)	I_{ccp} (kA)
350	13.2	15.31

Tabla 3.3: Intensidad de cortocircuito primario en Alta Tensión.

- Intensidad secundaria para un cortocircuito en el lado de Baja Tensión:

$$I_{ccs} = \frac{S \cdot 100}{\sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot U_s} \quad (3.4)$$

siendo:

- $S =$ Potencia del transformador (kVA).

- U_{cc} = Tensión de cortocircuito del transformador (%).
- U_s = Tensión compuesta secundaria (V).
- I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria (kA).

Transformador	Potencia (kVA)	U_s (V)	U_{cc} (%)	I_{ccs} (kA)
1	1250	400	4	45.1
2	1250	400	4	45.1

Tabla 3.4: Intensidad de cortocircuito secundario en Baja Tensión.

3.1.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO DE MT

Se dimensionará el embarrado de MT teniendo en cuenta las siguientes características:

- Intensidad asignada: 400 A.
- Límite térmico: 16 kA eficaces (1s).
- Límite electrodinámico: 40 kA de valor cresta.

Comprobación por densidad de corriente

El embarrado debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente, por lo que se hace necesario realizar la comprobación por densidad de corriente. Esta comprobación verifica que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar el límite de densidad de corriente máxima en régimen permanente, con la expresión 3.5.

$$\delta_{m\acute{a}x} \geq \frac{I_{1N}}{S} \quad (3.5)$$

siendo:

- δ_{max} = Densidad de corriente máxima en régimen nominal (A/mm²).
- I_{1N} = Intensidad nominal del embarrado (A).
- S = Sección del conductor del embarrado (mm²).

Como en este caso se parte de celdas bajo envolvente metálica de Orma-SF6 que ya están bajo normativa vigente, no es necesario realizar los cálculos para garantizar lo indicado.

Comprobación por sollicitación electrodinámica y térmica

También debe soportar los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito. La sollicitación electrodinámica se comprueba con la expresión 3.6.

$$\sigma_{m\acute{a}x} \geq \frac{I_{ccp}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W} \quad (3.6)$$

siendo:

- $\sigma_{m\acute{a}x}$ = Tensión mecánica máxima en el conductor (kg/mm^2).
- I_{ccp} = Intensidad permanente de cortocircuito (kA).
- L = Separación entre los apoyos (cm).
- d = Separación entre conductores (cm).
- W = Módulo resistente de los conductores (cm^3).

Como en el caso anterior, se parte de celdas bajo envolvente metálica de Orma-SF6 que ya están bajo normativa vigente, por lo que no es necesario realizar los cálculos para garantizar lo indicado.

La sollicitación térmica se comprueba con la expresión 3.7, que calcula la sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito.

$$I_{cc1} = S \cdot k \cdot \sqrt{\frac{\Delta\theta}{t}} \quad (3.7)$$

siendo:

- I_{cc1} = Intensidad de cortocircuito, valor de cresta (A).
- S = Sección del conductor del embarrado (mm^2).
- k = Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y sus temperaturas.
- t = Tiempo de duración del cortocircuito (s).
- $\Delta\theta$ = Diferencia máxima de temperaturas entre extremos del conductor ($^{\circ}C$).

Con la misma justificación que en los casos anteriores, se garantiza que la intensidad de cortocircuito no es inferior a 16 kA durante un segundo.

3.1.5 PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Ambos transformadores estarán protegidos tanto en Alta como en Baja Tensión. La protección de Alta Tensión se alojará en las celdas asociadas de interruptor con fusibles combinados. Los fusibles adecuados se seleccionan teniendo en cuenta que deben permitir el paso de la corriente de cresta producida en la conexión del transformador en vacío y soportar la intensidad nominal en servicio continuo.

Por tanto se elige el calibre de los fusibles de manera que sea superior a la corriente I_p que ya se ha calculado en la tabla 3.1 para cada transformador. El calibre inmediatamente superior es de 63 A para ambos transformadores:

$$I_n^{fus} = 63A \geq I_p = 54,7A \quad (3.8)$$

La protección contra sobrecargas estará constituido por un relé electrónico con captadores de intensidad por fase.

La protección en Baja Tensión se ubicará en los cuadros de distribución de cuatro salidas con posibilidad de ampliación. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual o superior a la intensidad exigida en dicha salida y un poder de corte superior o igual a la corriente de cortocircuito calculada en la tabla 3.4.

La alimentación del transformador al cuadro de BT se hará con dos conductores (fase y neutro) de aluminio $1 \times 240 \text{ mm}^2$, con aislamiento en XLPE 0.6/1kV e instalados al aire. La intensidad admisible de estos conductores a 40°C es de 390 A.

3.1.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN

Para permitir la suficiente ventilación, de manera natural, del centro de transformación se colocan rejillas de entrada con una superficie marcada por la expresión 3.9 en el inferior de las puertas de acceso al transformador. Las rejillas de salida, de la misma superficie, se colocarán en la parte superior de la pared opuesta.

$$S_{rej} \geq \frac{W_{Cu} + W_{Fe}}{0,24 \cdot k \cdot \sqrt{h} \cdot \Delta T^3} \quad (3.9)$$

siendo:

- S_{rej} = Superficie mínima de la rejilla de entrada de aire (m^2).
- W_{Cu} = Pérdidas en el cobre del transformador (kW).
- W_{Fe} = Pérdidas en el hierro del transformador (kW).
- k = Coeficiente función de la forma de la rejilla.

- $h =$ Distancia vertical entre los centros de las rejillas de entrada y salida (m).
- $\Delta T =$ Diferencia de temperaturas entre el aire de entrada y de salida ($^{\circ}C$).

Como en los casos anteriores, no es necesario realizar los cálculos ya que se trata de un edificio prefabricado que ya ha realizado los ensayos de homologación pertinentes. La superficie de las rejillas colocadas en el modelo *PFU-7* tienen una superficie de $0.76 m^2$.

3.1.7 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Para realizar el diseño de la instalación de puesta a tierra se guiará por el Manual Técnico "método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de 3ª categoría", editado por UNESA.

1º Investigación de las características del suelo.

Tras las mediciones pertinentes realizadas en el terreno de ocupación del centro de transformación, se concluye que la resistividad media superficial es de $150 \Omega/m$.

2º Determinación de la corriente máxima de puesta a tierra y el tiempo de eliminación del defecto.

Para el diseño de la instalación de puesta a tierra, la compañía suministradora nos proporciona los siguientes datos:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_d^{m\acute{a}x} = 300A$.
- Tiempo máximo de eliminación del defecto, $t = 0.7s$.

3º Diseño preliminar de la instalación de tierra.

En las instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría los parámetros de la red que intervienen en los cálculos de faltas a tierras son:

- **Configuración del neutro.** El neutro de la red puede tener tres configuraciones: aislado, rígidamente unido a tierra o a través de una impedancia, que producirá una mayor o menor limitación de las corrientes de falta a tierra.
- **Tipo de protecciones en el origen de la línea.** Al producirse el defecto, este se elimina por la apertura de un dispositivo de corte, mandado por un relé de intensidad. También se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo. Estos reenganches pueden influir en los cálculos si estos se producen en un tiempo inferior a $0.5s$.

Todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero que por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas puedan estarlo, se conectarán a la tierra de protección.

En la tierra de servicio se conecta el neutro del transformador y la tierra de los bornes secundarios de los trafos de la celda de medida. Se compone de picas en hilera de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, unidas mediante conductor desnudo de cobre de 50 mm^2 de sección. La resistencia de puesta a tierra del electrodo no deberá ser superior a 37 Ω . La conexión desde el centro hasta la primera pica se hará con cable de cobre aislado de 0.6/1kV de 50 mm^2 de sección bajo tubo de plástico con grado de protección mínimo al impacto mecánico de 7.

4º Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Las características de la red de alimentación son:

- Tensión de servicio, $U = 13200$ V.
- Puesta a tierra del neutro desconocida.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT, $U_{bt} = 10000$ V.
- Resistividad del hormigón, $\rho_H = 3000$ Ωm

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad (I_d) y tensión de defecto (U_E) se usarán las expresiones 3.10, 3.11 y 3.12, respectivamente.

$$R_t = K_r \cdot \rho \quad (3.10)$$

$$I_d = I_d^{m\acute{a}x} \quad (3.11)$$

$$U_E = R_t \cdot I_d \quad (3.12)$$

Para la tierra de protección se considera una configuración en anillo de 8x4 m, acorde con las dimensiones del centro de transformación, a 0.5 m de profundidad. Para esta configuración se recurre a la figura 3.1.

Por tanto, para la tierra de protección, el electrodo adecuado es 80-40/5/82, compuesto por 8 picas de 2 metros de longitud. Esta configuración da unos parámetros característicos $K_r = 0,065$ $\Omega/\Omega m$, $K_p = 0,0134$ $V/\Omega m$ y $K_c = 0,0284$ $V/\Omega m$. Sustituyendo estos valores en las expresiones 3.10, 3.11 y 3.12, se obtiene:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,065 \cdot 150 = 9,75\Omega \quad (3.13)$$

$$I_d = I_d^{m\acute{a}x} = 300mA \quad (3.14)$$

$$U_E = R_t \cdot I_d = 9,75 \cdot 300 = 2925V \quad (3.15)$$

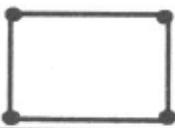
CONFIGURACION	L_p (m)	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_p(\text{acc})$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.088	0.0169	0.0508	80-40/5/00
4 picas 	2	0.072	0.0154	0.0338	80-40/5/42
	4	0.061	0.0127	0.0255	80-40/5/44
	6	0.053	0.0107	0.0204	80-40/5/46
	8	0.047	0.0093	0.0169	80-40/5/48
8 picas 	2	0.065	0.0134	0.0284	80-40/5/82
	4	0.053	0.0103	0.0192	80-40/5/84
	6	0.045	0.0083	0.0141	80-40/5/86
	8	0.039	0.0069	0.0110	80-40/5/88

Figura 3.1: Parámetros característicos de electrodos en anillo de $8 \times 4m$.

Para la tierra de servicio se considera una configuración en hilera o abierta, con picas de 2 metros a 0.5 metros de profundidad separadas una distancia de 3 metros. Para estas configuración se recurre a la figura 3.2.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA K_r	TENSION DE PASO K_p	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Figura 3.2: Parámetros característicos de electrodos en hilera con separación de 3m.

Por tanto, para la tierra de servicio, el electrodo adecuado es $5/32$, compuesto por 3 picas en hilera de 2 metros de longitud. Esta configuración da unos parámetros característicos $K_r = 0,135 \Omega/\Omega m$ y $K_p = 0,0252 V/\Omega m$. Sustituyendo estos valores en la expresión 3.10, se obtiene:

$$R_{tN} = K_r \cdot \rho = 0,135 \cdot 150 = 20,25\Omega \quad (3.16)$$

5º Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Las puertas y rejillas metálicas que son accesibles desde el exterior no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que sean propensas a quedar en tensión, evitando así la aparición de tensiones de contacto en el exterior de la instalación.

La tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión 3.17.

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 0,0134 \cdot 150 = 300 = 603V \quad (3.17)$$

5º Cálculo de las tensiones de paso en el acceso de la instalación.

Al existir una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra, la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de contacto exterior, y se calcula con la expresión 3.18.

$$U'_{pacc} = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 0,0284 \cdot 150 = 300 = 1278V \quad (3.18)$$

6º Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.

Se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro inferior a 4mm, formando una retícula no superior a 0.3x0.3 m. Estará conectado como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro y será cubierto por una capa de hormigón de 10 cm como mínimo. Esto supone unas tensiones de contacto y de paso prácticamente nulas, no siendo necesario el cálculo de dichas tensiones.

7º Cálculo de las tensiones aplicadas.

Los valores máximos de las tensiones de paso y contacto que aseguran la seguridad de las personas se calcula con las expresiones 3.19, 3.20 y 3.21.

$$U_p = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B}\right) = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000}\right) \quad (3.19)$$

$$U_{pacc} = U_{pa} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{Z_B}\right) = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_s \cdot C_s + 3\rho_H}{1000}\right) \quad (3.20)$$

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B}\right) = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5\rho_s}{1000}\right) \quad (3.21)$$

Siendo:

- $U_p =$ Tensión de paso admisible en el exterior (V).
- $U_{pacc} =$ Tensión de paso admisible en el acceso (V).
- $U_c =$ Tensión de contacto admisible en el exterior (V).
- $U_{ca} =$ Tensión de contacto aplicada admisible según tabla 1 de ITC-RAT-13 (V).
- $R_{a1} =$ Resistencias adicionales, como calzado, aislamiento, etc. (Ω).
- $C_s =$ Coeficiente reductor de la resistencia superficial del suelo, definido por la expresión 3.22.
- $\rho_s =$ Resistividad superficial del suelo (Ωm).
- $\rho_H =$ Resistividad del hormigón (Ωm).
- $Z_B =$ Resistencia del cuerpo humano (Ω).

El valor de U_{ca} depende del tiempo de duración de la falta, que según el paso 2 es de 0.7s. De acuerdo con la tabla 1 de la ITC-RAT-13, $U_{ca} = 165$ V. El coeficiente reductor que se aplica es de:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2h_s + 0,106} \right) = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{150}{150}}{2 \cdot 0 + 0,106} \right) = 1 \quad (3.22)$$

siendo:

- $\rho =$ Resistividad natural del terreno (Ωm)
- $h_s =$ Espesor de la capa superficial del terreno (m).

Por tanto, los valores máximos admisibles resultan:

$$U_p = 10 \cdot 165 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 150}{1000} \right) = 9735V \quad (3.23)$$

$$U_{pacc} = 10 \cdot 165 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 150 \cdot 1 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 23842,5V \quad (3.24)$$

$$U_c = 165 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 150}{1000} \right) = 1852,1V \quad (3.25)$$

En la tabla 3.5 se recogen los datos calculados y la comprobación de que se cumplen los valores máximos.

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso (exterior)	$U'_p = 603 \text{ V}$	\leq	$U_p = 9735 \text{ V}$
Tensión de paso (acceso)	$U'_{pacc} = 1278 \text{ V}$	\leq	$U_{pacc} = 23\ 842.5 \text{ V}$
Tensión de contacto	$U'_c \approx 0$	\leq	$U_c = 1852.1 \text{ V}$

Tabla 3.5: Comparativa de tensiones de paso exterior, de paso de acceso y de contacto.

8º Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

No se considera necesario un estudio para la reducción o eliminación de medios de transferencia de tensiones al exterior, ya que estos no existen. Con el fin de garantizar que la puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas al producirse un defecto, se tendrá en cuenta la distancia de seguridad mínima (D) entre los electrodos de las puestas a tierra de servicio y protección, con la expresión 3.26.

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d^{max}}{2\pi \cdot U} = \frac{150 \cdot 300}{2\pi \cdot 1000} = 7,162m \quad (3.26)$$

3.2 CÁLCULO DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

3.2.1 FÓRMULAS

Para el diseño de la red de Baja Tensión del polígono se van a tener en cuenta las siguientes expresiones, correspondientes a los diferentes elementos que componen la instalación:

Sistema trifásico:

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} \quad (3.27)$$

$$\Delta V = \frac{P_c \cdot L}{\sigma \cdot U \cdot n \cdot S} + \frac{P_c \cdot L \cdot X_u \cdot \sin(\varphi)}{1000 \cdot U \cdot n \cdot \cos(\varphi)} \quad (3.28)$$

Sistema monofásico:

$$I = \frac{P_c}{U \cdot \cos(\varphi)} \quad (3.29)$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot P_c \cdot L}{\sigma \cdot U \cdot n \cdot S} + \frac{2 \cdot P_c \cdot L \cdot X_u \cdot \sin(\varphi)}{1000 \cdot U \cdot n \cdot \cos(\varphi)} \quad (3.30)$$

siendo:

- $I =$ Intensidad que transporta el conductor (A)
- $\Delta V =$ Caída de tensión del tramo de conductor (V).
- $P_c =$ Potencia de cálculo (W).
- $U =$ Tensión de servicio (V).
- $\cos(\varphi) =$ Factor de potencia.
- $L =$ Longitud del tramo de conductor (m).
- $\sigma =$ Conductividad del conductor (S/m).
- $S =$ Sección del conductor (mm²).
- $n =$ Número de conductores por fase.
- $X_u =$ Reactancia por unidad de longitud (mΩ/m).

Conductividad eléctrica:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3.31)$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20)] \quad (3.32)$$

$$T = T_0 + [(T_{max} - T_0) \frac{I}{I_{max}}]^2 \quad (3.33)$$

siendo:

- $\sigma =$ Conductividad del conductor a la temperatura T (S/m).
- $\rho =$ Resistividad del conductor a la temperatura T ($\Omega^{-1}m^{-1}$).
- $\rho_{20} =$ Resistividad del conductor a $20^\circ C$ ($\Omega^{-1}m^{-1}$),
 - $\rho_{20}(Cu) = 0.017241 \Omega mm^2/m$,
 - $\rho_{20}(Al) = 0.028264 \Omega mm^2/m$.
- $\alpha =$ Coeficiente de temperatura del conductor,
 - $\alpha(Cu) = 0.003929$,
 - $\alpha(Al) = 0.004032$.
- $T =$ Temperatura del conductor ($^\circ C$).
- $T_{max} =$ Temperatura máxima admisible del conductor ($^\circ C$).
- $T_0 =$ Temperatura ambiente ($^\circ C$),
 - T_0 (Cables enterrados) = $25^\circ C$,
 - T_0 (Cables al aire) = $40^\circ C$.
- $I =$ Intensidad prevista por el conductor (A).
- $I_{m\acute{a}x} =$ Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Sobrecargas:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3.34)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (3.35)$$

siendo:

- $I_b =$ Intensidad utilizada en el circuito (A).

- $I_n =$ Intensidad nominal del dispositivo de protección (A).
- $I_z =$ Intensidad admisible del conductor según la norma UNE-HD 60364-5-52 (A).
- $I_2 =$ Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección (A).
 - I_2 (Interruptores automáticos) = $1.45 I_n$
 - I_2 (Fusibles) = $1.60 I_n$

Compensación de la energía reactiva:

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (3.36)$$

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{Q}{P} \quad (3.37)$$

$$Q_c = P[\operatorname{tg}(\varphi_1) - \operatorname{tg}(\varphi_2)] \quad (3.38)$$

$$C = \frac{1000 \cdot Q_c}{2\pi \cdot f \cdot U^2} \quad (3.39)$$

$$C = \frac{1000 \cdot Q_c}{3 \cdot 2\pi \cdot f \cdot U^2} \quad (3.40)$$

siendo:

- $P =$ Potencia activa de la instalación (kW).
- $Q =$ Potencia reactiva de la instalación (kVAr).
- $Q_c =$ Potencia reactiva a compensar (kVAr).
- $\varphi_1 =$ Ángulo de desfase de la instalación sin compensar.
- $\varphi_2 =$ Ángulo de desfase deseable.
- $U =$ Tensión de servicio compuesta (V).
- $f =$ Frecuencia industrial, 50 Hz.
- $C =$ Capacidad de las baterías de condensadores (F).

Resistencia de puesta a tierra:

- Placa enterrada:

$$R_t = 0,8 \cdot \frac{\rho}{P} \quad (3.41)$$

- Pica vertical:

$$R_t = \frac{\rho}{L_p} \quad (3.42)$$

- Conductor enterrado horizontalmente:

$$R_t = 2 \cdot \frac{\rho}{L} \quad (3.43)$$

- Asociación en paralelo de varios electrodos:

$$R_t = \frac{1}{\frac{L_c}{2\rho} + \frac{L_p}{\rho} + \frac{P}{0,8\rho}} \quad (3.44)$$

siendo:

- $R_t =$ Resistencia de puesta a tierra (Ω).
- $\rho =$ Resistividad del terreno (Ωm).
- $P =$ Perímetro de la placa (m).
- $L_p =$ Longitud de la pica (m).
- $L =$ Longitud del conductor (m).
- $L_c =$ Longitud total del conductor (m).

3.2.2 DEMANDA DE POTENCIAS

La potencia instalada que tiene que suministrar el centro de transformación, por cada salida y en total, se recoge en la tabla 3.6. En total, la potencia demandada prevista para el polígono industrial es de 2 404.84 kW, que se distribuye en 2 400 kW para circuitos de fuerza y 4.84 kW para los circuitos de alumbrado. La potencia máxima admisible de la instalación es de 3 200 kVA.

Salida a circuito	Potencia activa (W)	Total por tipo de circuito (kW)
S1 fuerza CL1	400 000	2 400
S2 fuerza CL2	400 000	
S3 fuerza CL3	800 000	
S4 fuerza CL4	400 000	
S5 fuerza CL5	400 000	
S6 alumbrado Z1 C1	330	4.84
S7 alumbrado Z1 C2	385	
S8 alumbrado Z2 C1	385	
S9 alumbrado Z2 C2	385	
S10 alumbrado Z3 C1	440	
S11 alumbrado Z3 C2	495	
S12 alumbrado Z4 C1	495	
S13 alumbrado Z4 C2	440	
S14 alumbrado Z5 C1	385	
S15 alumbrado Z5 C2	330	
S16 alumbrado Z6 C1	385	
S17 alumbrado Z6 C2	385	
TOTAL	2 404.84 kW	

Tabla 3.6: Potencias instaladas por salida del CdT.

3.2.3 DIMENSIONADO DE LÍNEAS DE FUERZA

A continuación se detallarán los cálculos de cada tipo de tramo de línea:

Cálculo de línea TRAF0:

Para el cálculo de las líneas que parten de cada transformador a los cuadros de BT, se debe tener en cuenta:

- Tensión de servicio: $U = 400 \text{ V}$.
- Canalización: Inst. tipo F (cables unipolares o multipolares en bandeja perforada).
- Longitud de tramo: $L = 4 \text{ m}$.
- $\cos(\varphi) = 0.96$.
- Reactancia unitaria $X_u = 0,1 \text{ m}\Omega/\text{m}$.

- Potencia aparente del transformador: $S_t = 1250$ kVA.
- Índice de carga $c=1.25$

La corriente prevista que circulará por el conductor se calcula con la expresión 3.45.

$$I = \frac{C_t \cdot S_t \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,5 \cdot 1250 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 2706,33A \quad (3.45)$$

Atendiendo al criterio por calentamiento, se tiene en cuenta la tabla 4 de la *ITC-BT-07*. Teniendo conductores unipolares de aluminio con aislamiento en XLPE, se dice que la sección recomendable es de $8x(3x240+TT120)$ mm². El nivel de aislamiento es de 0.6/1kV, no propagador de incendio y emisión de humos, así como opacidad reducida. Se denomina esta configuración, de acuerdo con norma UNE, como RZ1-Al (AS) $C_{ca-s1b,d1,a1}$. La corriente admisible en este conductor es de 2976 A a 40 °C, según *ITC-BT-19*. Se apoyará sobre bandeja perforada 400x100 mm, con una sección útil de 34 506 mm².

Atendiendo al criterio por caída de tensión, consideramos una temperatura del conductor de 83,35 °C. La caída de tensión que se produce en el conductor se calcula con la expresión 3.28.

$$\Delta V(\text{parcial}) = \frac{1250000 \cdot 0,96 \cdot 4}{28,18 \cdot 400 \cdot 8 \cdot 240} + \frac{1250000 \cdot 0,96 \cdot 4 \cdot 0,1 \cdot 0,28}{1000 \cdot 400 \cdot 8 \cdot 0,96} = 0,265V = 0,066\% \quad (3.46)$$

Resulta una caída de tensión inferior al 4.5 % admisible para dicho conductor, por lo que éste es adecuado para las líneas de los transformadores 1 y 2. En cuanto a protección, solo será necesaria protección térmica:

- Prot. térmica: Int. automático 4x3000 A. Térmico reg. de 2841 A.

El dimensionado del resto de conductores que salen de los transformadores correspondientes se calcula de la misma manera, por lo que se resumen los resultados en la tabla 3.7 y 3.8.

Referencia	Potencia instalada (kVA)	Índice de carga	Longitud (m)	Corriente prevista (A)	Sección (mm ²)	Conductividad (S/m)	ΔV (%)	Corriente admisible (A)	Dimensión de bandeja (mm)
TRAFO 1	1250	0.84	4	2706.3	8x(3x240+TT120)	28.18	0.053	3720	500x100
TRAFO 2	1250	0.84	4	2706.3	8x(3x240+TT120)	28.18	0.053	3720	500x100

Tabla 3.7: Salidas desde transformadores a los cuadros de BT del CdT.

Cálculo de línea S1 PAR. CL1:

Para el cálculo de las líneas que parten de los cuadros de BT hasta los subcuadros de nivel 1 que alimentan a las calles CL1 y CL5, se debe tener en cuenta:

Referencia	Posición en línea	Prot. térmica	Prot. diferencial
TRAFO 1	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC
TRAFO 2	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA. Clase AC

Tabla 3.8: Protecciones de salidas de subcuadro

- Tensión de servicio: $U = 400 \text{ V}$.
- Canalización: Enterrados bajo tubo (R subt.).
- Longitud de tramo: $L = 98 \text{ m}$.
- $\cos(\varphi) = 0.9$.
- Reactancia unitaria $X_u = 0 \text{ m}\Omega/\text{m}$.
- Potencia instalada: $S_t = 400 \text{ kW}$.
- Potencia de cálculo: $P_c = 160 \text{ kW}$. ($C_s = 0,4$)

La corriente prevista que circulará por el conductor se calcula con la expresión 3.47.

$$I = \frac{C_s \cdot S_t \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{0,4 \cdot 400 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 256,6 \text{ A} \quad (3.47)$$

Atendiendo al criterio por calentamiento, se tiene en cuenta la tabla 5 de la *ITC-BT-07*. Teniendo conductores unipolares de cobre con aislamiento en XLPE, se dice que la sección recomendable es de $4 \times 120 + \text{TT}70$ mm^2 . El nivel de aislamiento es de $0.6/1\text{kV}$, no propagador de incendio y emisión de humos, así como opacidad reducida. Se denomina esta configuración, de acuerdo con norma UNE, como XZ1(AS) E_{ca} . La corriente admisible en este conductor es de 260 A a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, según *ITC-BT-07*. Discurrirá sobre tubo de diámetro exterior 75 mm , según tabla 2 de la *ITC-BT-21*.

Atendiendo al criterio por caída de tensión, consideramos una temperatura del conductor de $88,31 \text{ }^\circ\text{C}$. La caída de tensión que se produce en el conductor se calcula con la expresión 3.28.

$$\Delta V(\text{parcial}) = \frac{160000 \cdot 98}{45,73 \cdot 400 \cdot 120} + \frac{160000 \cdot 98 \cdot 0 \cdot 0,436}{1000 \cdot 400 \cdot 0,9} = 7,14 \text{ V} = 1,786 \% \quad (3.48)$$

$$\Delta V(\text{total}) = \Delta V(\text{TRAF01}) + \Delta V(\text{S1PAR.CL1}) = 0,053 + 1,786 = 1,839\% \quad (3.49)$$

Resulta una caída de tensión inferior al 4.5% admisible para dicho conductor, por lo que éste es adecuado para las líneas a los subcuadros de nivel 1 de la calles CL1 y CL5. En cuanto a protección:

- Principio de línea:
 - Prot. térmica: Int. automático tetrapolar de 400 A y térmico reg. de 260 A.
 - Prot. diferencial: Relé y transformador diferencial con sensibilidad 3000 mA y clase AC.
- Final de línea:
 - Prot. térmica: Int. automático tetrapolar de 400 A y térmico reg. de 260 A

Esta línea S1 PAR. CL1 (y de la misma manera la línea S5 PAR. CL5) alimenta a un subcuadro de nivel 1, que cubre la demanda de potencias que se describe en la tabla 3.9

Salida a circuito	Potencia activa (W)
SCN2 CL1.1	50 000
SCN2 CL1.2	50 000
SCN2 CL1.3	50 000
SCN2 CL1.4	50 000
SCN2 CL1.5	50 000
SCN2 CL1.6	50 000
SCN2 CL1.7	50 000
SCN2 CL1.8	50 000
TOTAL	400 000

Tabla 3.9: Potencias instaladas por salida de SCN1 CL1.

El dimensionado del resto de conductores de fuerza que salen de los cuadros de BT se calcula de la misma manera, por lo que se resumen los resultados en la tabla 3.10 y 3.11.

Cálculo de línea SCN2 CL1.1:

Para el cálculo de las líneas que parten de los subcuadros de nivel 1 que alimentan a las calles CL1 y CL5 hasta los subcuadros de nivel 2, se debe tener en cuenta:

Referencia	Potencia instalada (kW)	Coficiente simultaneidad	Longitud (m)	Corriente prevista (A)	Sección (mm ²)	Conductividad (S/m)	ΔV (%)	Corriente admisible (A)	Diámetro tubo (mm)
S1 PAR. CL1	400	0.4	98	256.6	4x120+TT70	45.73	1.786	260	75
S2 PAR. CL2	400	0.4	55	256.6	4x185+TT95	46.26	0.81	335	180
S3 PAR. CL3	800	0.6	20	769.8	2x(4x240+TT120)	46.17	0.275	800	2(225)
S4 PAR. CL4	400	0.4	55	256.6	4x185+TT95	46.26	0.81	335	180
S5 PAR. CL5	400	0.4	98	256.6	4x120+TT70	45.73	1.786	260	75

Tabla 3.10: Salidas de cuadro de BT del CdT.

Referencia	Posición en línea	Prot. térmica	Prot. diferencial
S1 PAR. CL1	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 3000 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	—
S2 PAR. CL2	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 2000 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	—
S3 PAR. CL3	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 2000 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	—
S4 PAR. CL4	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 2000 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	—
S5 PAR. CL5	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 3000 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 260 A	—

Tabla 3.11: Protecciones de salidas de cuadro de BT del CdT.

- Tensión de servicio: $U = 400$ V.
- Canalización: Enterrados bajo tubo (R subt.).
- Longitud de tramo: $L = 9$ m.
- $\cos(\varphi) = 0.9$.
- Reactancia unitaria $X_u = 0$ m Ω /m.
- Potencia instalada: $S_t = 50$ kW.

- Potencia de cálculo: $P_c = 30 \text{ kW}$. ($C_s = 0,6$)

La corriente prevista que circulará por el conductor se calcula con la expresión 3.50.

$$I = \frac{C_t \cdot S_t \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{30 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 48,11 \text{ A} \quad (3.50)$$

Atendiendo al criterio por calentamiento, se tiene en cuenta la tabla 5 de la *ITC-BT-07*. Teniendo conductores unipolares de cobre con aislamiento en XLPE, se dice que la sección recomendable es de $4 \times 16 + \text{TT}16 \text{ mm}^2$. El nivel de aislamiento es de 0.6/1kV, no propagador de incendio y emisión de humos, así como opacidad reducida. Se denomina esta configuración, de acuerdo con norma UNE, como XZ1(AS) E_{ca} . La corriente admisible en este conductor es de 82 A a 25 °C, según *ITC-BT-07*. Discurrirá sobre tubo de diámetro exterior 32 mm, según tabla 2 de la ITC-BT-21.

Atendiendo al criterio por caída de tensión, consideramos una temperatura del conductor de 47,38 °C. La caída de tensión que se produce en el conductor se calcula con la expresión 3.28.

$$\Delta V(\text{parcial}) = \frac{30000 \cdot 9}{52,37 \cdot 400 \cdot 16} + \frac{30000 \cdot 9 \cdot 0 \cdot 0,436}{1000 \cdot 400 \cdot 0,9} = 0,81 \text{ V} = 0,2 \% \quad (3.51)$$

$$\Delta V(\text{total}) = \Delta V(\text{TRAF}01) + \Delta V(\text{S1PAR.CL1}) + \Delta V(\text{SCN1CL1,1}) = 2,05 \% \quad (3.52)$$

Resulta una caída de tensión inferior al 4.5 % admisible para dicho conductor, por lo que éste es adecuado para las líneas a los subcuadros de nivel 2 de las calles CL1 y CL5. En cuanto a protección:

- Principio de línea:
 - Prot. térmica: Int. automático tetrapolar de 125 A y térmico reg. de 121 A.
 - Prot. diferencial: Relé y transformador diferencial con sensibilidad 300 mA y clase AC.
- Final de línea:
 - Prot. térmica: Int. automático tetrapolar de 125 A y térmico reg. de 121 A

Esta línea S1 PAR. CL1.1 (y de la misma manera la línea S5 PAR. CL5.1) alimenta a dos parcelas contiguas (en este caso a las numeradas como N°1 y N°2), que cubre la demanda de potencias que se describe en la tabla 3.12.

El dimensionado de la instalación aguas abajo de los subcuadros de nivel 2 queda fuera del objeto de este proyecto, quedando a responsabilidad del dueño de la parcela correspondiente.

Salida a circuito	Potencia activa (W)
SCN3 CL1.1.1	25 000
SCN3 CL1.1.2	25 000
TOTAL	50 000

Tabla 3.12: Potencias instaladas por salida de SCN2 CL1.1.

El dimensionado del resto de conductores que salen de los subcuadros de nivel 1 se calcula de la misma manera, por lo que se resumen los resultados en las tablas 3.13, 3.15 y 3.17. En esta última tabla se realizan los cálculos con un $\cos(\varphi) = 0.8$, debido a que estos subcuadros tienen una mayor carga. Respecto a las protecciones de las líneas, serán las mencionadas en las tablas 3.14, 3.16 y 3.18. Los subcuadros S4 PAR. CL4 y S5 PAR. CL5 y sus elementos que cuelgan aguas abajo tienen el mismo dimensionado que los subcuadros S2 PAR. CL2 y S1 PAR. CL1, respectivamente.

Referencia	Potencia instalada (kW)	Coefficiente simultaneidad	Longitud (m)	Corriente prevista (A)	Sección (mm ²)	Conductividad (S/m)	ΔV (%)	Corriente admisible (A)	Diámetro tubo (mm)
SCN2 CL1.1	50	0.6	9	48.11	4x16+TT16	52.37	0.2	82	32
SCN2 CL1.2	50	0.6	29	48.11	4x16+TT16	52.37	0.649	82	32
SCN2 CL1.3	50	0.6	49	48.11	4x16+TT16	52.37	1.096	82	32
SCN2 CL1.4	50	0.6	69	48.11	4x16+TT16	52.37	1.544	82	32
SCN2 CL1.5	50	0.6	104	48.11	4x16+TT16	52.37	2.327	82	32
SCN2 CL1.6	50	0.6	124	48.11	4x25+TT16	53.94	1.724	103	40
SCN2 CL1.7	50	0.6	144	48.11	4x25+TT16	53.94	2.002	103	40
SCN2 CL1.8	50	0.6	164	48.11	4x25+TT25	53.94	2.280	103	40

Tabla 3.13: Salidas de subcuadro S1 PAR. CL1

Referencia	Posición en línea	Prot. térmica	Prot. diferencial
SCN2 CL1.1	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.2	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.3	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.4	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.5	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.6	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.7	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—
SCN2 CL1.8	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 125 A. Térmico reg. Int.Reg.: 121 A	—

Tabla 3.14: Protecciones de salidas de subcuadro S1 PAR. CL1.

3.2.4 COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA

Para compensar la potencia reactiva que se va a generar, se instala una batería de condensadores con las siguientes características:

Referencia	Potencia instalada (kW)	Coefficiente simultaneidad	Longitud (m)	Corriente prevista (A)	Sección (mm ²)	Conductividad (S/m)	ΔV (%)	Corriente admisible (A)	Diámetro tubo (mm)
SCN2 CL2.1	100	0.7	19.1	112.26	4x35+TT16	47.93	0.498	130	50
SCN2 CL2.2	100	0.7	59.1	112.26	4x35+TT16	47.93	1.541	130	50
SCN2 CL2.3	100	0.7	114.1	112.26	4x35+TT16	47.93	2.976	130	50
SCN2 CL2.4	100	0.7	154.1	112.26	4x50+TT25	50.278	2.682	155	50

Tabla 3.15: Salidas de subcuadro S2 PAR. CL2

Referencia	Posición en línea	Prot. térmica	Prot. diferencial
SCN2 CL2.1	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	—
SCN2 CL2.2	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	—
SCN2 CL2.3	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	—
SCN2 CL2.4	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	Relé y Transformador. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 250 A. Térmico reg. Int.Reg.: 244 A	—

Tabla 3.16: Protecciones de salidas de subcuadro S2 PAR. CL2.

Referencia	Potencia instalada (kW)	Coefficiente simultaneidad	Longitud (m)	Corriente prevista (A)	Sección (mm ²)	Conductividad (S/m)	ΔV (%)	Corriente admisible (A)	Diámetro tubo (mm)
SCN2 CL3.1	400	0.8	39.2	577.35	2x(4x150+TT95)	46.17	0.566	600	2(180)
SCN2 CL3.2	400	0.8	134.2	577.35	2x(4x150+TT95)	46.17	1.938	600	2(180)

Tabla 3.17: Salidas de subcuadro S3 PAR. CL3

- Suministro trifásico.
- Tensión entre fases: 400 V.
- Potencia activa: 2404.84 kW.
- $\cos(\varphi)$ actual = 0.8.
- $\cos(\varphi)$ deseado = 0.95.

Referencia	Posición en línea	Prot. térmica	Prot. diferencial
SCN2 CL3.1	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 500 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	—
SCN2 CL3.2	Inicio	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 500 mA. Clase AC
	Final	I. Aut./Tet. In.: 630 A. Térmico reg. Int.Reg.: 589 A	—

Tabla 3.18: Protecciones de salidas de subcuadro S3 PAR. CL3.

- Conexión de condensadores en triángulo.

Para mejorar el $\cos(\varphi)$ se calcula, con la expresión 3.38, que son necesarios 1013.2 kVAr, escogiendo una gama de regulación 1:2:4 (7 salidas). Por tanto cada escalón tiene una potencia de 144.74 kVAr y condensadores de 959.85 μF de capacidad. La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

1. Primera salida.
2. Segunda salida.
3. Primera y segunda salida.
4. Tercera salida.
5. Tercera y primera salida.
6. Tercera y segunda salida.
7. Tercera, primera y segunda salida.

En cuanto a la línea reactiva que conecta la batería de condensadores a los cuadros de BT del CdT, se tiene en cuenta las siguientes características:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Enterrados bajo tubo (R subt.).
- Longitud de tramo: $L = 2$ m.
- Reactancia unitaria $X_u = 0$ $m\Omega/m$.
- Potencia reactiva: $Q_t = 1013,2$ kVAr.

La corriente prevista que circulará por el conductor se calcula con la expresión 3.53.

$$I = \frac{C_{reg} \cdot Q_c}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,5 \cdot 1013,2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 2193,64A \quad (3.53)$$

Atendiendo al criterio por calentamiento, se tiene en cuenta la tabla 5 de la *ITC-BT-07*. Teniendo conductores unipolares de cobre con aislamiento en XLPE, se dice que la sección recomendable es de 6x(3x240+TT120) mm^2 . El nivel de aislamiento es de 0.6/1kV, no propagador de incendio y emisión de humos, así como opacidad reducida. Se denomina esta configuración, de acuerdo con norma UNE, como XZ1(AS) E_{ca} . La corriente admisible en este conductor es de 2400 A a 25 °C, según *ITC-BT-07*. Discurrirá sobre tubo de diámetro exterior 6(225) mm.

Atendiendo al criterio por caída de tensión, consideramos una temperatura del conductor de 25,26 °C. La caída de tensión que se produce en el conductor se calcula con la expresión 3.30.

$$\Delta V(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 1013,2 \cdot 1000}{47,04 \cdot 400 \cdot 6240} = 0,075V = 0,019\% \quad (3.54)$$

$$\Delta V(\text{total}) = \Delta V(\text{TRAF01}) + \Delta V(\text{BAT.COND.}) = 0,053 + 0,019 = 0,072\% \quad (3.55)$$

Resulta una caída de tensión inferior al 4.5 % admisible para dicho conductor, por lo que éste es adecuado para las líneas de alimentación a la batería de condensadores. En cuanto a protección:

- Prot. térmica: Int. automático tripolar de 2500 A y térmico reg. de 2297 A.
- Prot. diferencial: Relé y transformador diferencial de sensibilidad 30 mA clase AC.

3.3 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR

3.3.1 DIMENSIONADO DE LÍNEAS DE ALUMBRADO EXTERIOR

Como se recoge en la tabla 3.6, se contará con seis zonas de alumbrado y dos circuitos por cada zona. A continuación se detallan los cálculos de una zona, y recogiendo seguidamente en la tabla 3.26, los resultados de las seis zonas de alumbrado.

Cálculo de línea S6 AL. Z1C1:

Para el cálculo de las líneas de alumbrado que parten de los cuadros de BT hasta los puntos de iluminación del circuito 1 de la zona 1, se debe tener en cuenta:

- Tensión de servicio: $U = 230 \text{ V}$.
- Canalización: D1 Conductores unipolares o multipolares enterrados.
- Longitud de tramo: $L = 181.6 \text{ m}$.
- $\cos(\varphi) = 0.95$.
- Reactancia unitaria $X_u = 0 \text{ m}\Omega/\text{m}$.
- Potencia instalada: $S_t = 330 \text{ W}$.
- Potencia de cálculo: $P_c = 330 \text{ W}$. ($C_s = 1$)

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Longitud (m)	56	7	31	26	31	31
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55

Tabla 3.19: Potencias por tramo del circuito 1 zona 1

La corriente prevista que circulará por el conductor se calcula con la expresión 3.56.

$$I = \frac{C_t \cdot S_t}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} = \frac{330}{230 \cdot 0,95} = 1,51A \quad (3.56)$$

Atendiendo al criterio por calentamiento, se tiene en cuenta la tabla 5 de la *ITC-BT-07*. Teniendo conductores bipolares de cobre con aislamiento en XLPE, se dice que la sección recomendable es de $2 \times 1.5 + TT1.5 \text{ mm}^2$. El nivel de aislamiento es de 0.6/1kV, no propagador de incendio y emisión de humos, así como opacidad reducida. Se denomina esta configuración, de acuerdo con norma UNE, como RZ1-K(AS) $C_{ca-s1b,d1,a1}$. La corriente

admisible en este conductor es de 24 A a 25 °C, según *ITC-BT-07*. Discurrirá sobre tubo de diámetro exterior 16 mm, según tabla 2 de la *ITC-BT-21*.

Atendiendo al criterio por caída de tensión, consideramos una temperatura del conductor de 25,26 °C. La caída de tensión que se produce en el conductor se calcula con la expresión 3.30. En el caso de cargas distribuidas, la longitud de cálculo es la equivalente a una carga puntual de potencia la suma de todas las cargas y longitud la del punto de potencial medio, como se muestra en la figura 3.3. En este circuito tenemos:

$$55x + 55(x - 7) + 55(x - 38) = 55(64,1 - x) + 55(95,1 - x) + 55(126,1 - x) \quad (3.57)$$



Figura 3.3: Equivalencia entre carga distribuida y carga puntual.

Al despejar la incógnita en la expresión 3.57, nos queda una longitud equivalente de 55.05 m, que sumados a los 55.47 m que hay antes de las derivaciones, tenemos una longitud de cálculo de 110.52 m.

$$\Delta V(\text{parcial}) = \frac{2 \cdot 330 \cdot 110,52}{56,83 \cdot 230 \cdot 1,5} + \frac{330 \cdot 110,52 \cdot 0 \cdot 0,312}{1000 \cdot 230 \cdot 0,95} = 3,72V = 1,62\% \quad (3.58)$$

$$\Delta V(\text{total}) = \Delta V(\text{TRAF01}) + \Delta V(\text{S6AL.Z1C1}) = 0,053 + 1,62 = 1,67\% \quad (3.59)$$

Resulta una caída de tensión inferior al 4.5 % admisible para dicho conductor, por lo que éste es adecuado para las líneas de alimentación a los puntos de alumbrado del circuito 1 de la zona 1. En cuanto a protección:

- Prot. térmica: Int. magnetotérmico bipolar de 10 A.
- Prot. diferencial: ID 2x25 A. Sens. Int.: 30 mA. Clase AC.

Tramos de líneas S6 AL. Z1C1 y S7 AL. Z1C2:

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
Longitud (m)	56	7	31	26	31	31	56	23	36	31	31	52	42
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Tabla 3.20: Potencias por tramo de los circuitos 1 y 2 de la zona 1

En la tabla 3.20 se recogen los datos de longitud y potencia de cada tramo de los dos circuitos de la zona 1.

Tramos de líneas S8 AL. Z2C1 y S9 AL. Z2C2:

En la tabla 3.21 se recogen los datos de longitud y potencia de cada tramo de los dos circuitos de la zona 2.

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
Longitud (m)	151	35	58	31	37	31	31	155	62	42	27	31	31	27
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

*Tabla 3.21: Potencias por tramo de los circuitos 1 y 2 de la zona 2***Tramos de líneas S10 AL. Z3C1 y S11 AL. Z3C2:**

En la tabla 3.22 se recogen los datos de longitud y potencia de cada tramo de los dos circuitos de la zona 3.

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
Longitud (m)	21	22	54	35	29	62	25	55	25	41	62	4	60	39	41	62
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Tabla 3.22: Potencias por tramo de los circuitos 1 y 2 de la zona 3

Tramos de líneas S12 AL. Z4C1 y S13 AL. Z4C2:

En la tabla 3.23 se recogen los datos de longitud y potencia de cada tramo de los dos circuitos de la zona 4.

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
Longitud (m)	21	22	39	51	10	35	55	25	62	25	25	62	20	14	62	41	39
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Tabla 3.23: Potencias por tramo de los circuitos 1 y 2 de la zona 4

Tramos de líneas S14 AL. Z5C1 y S15 AL. Z5C2:

En la tabla 3.24 se recogen los datos de longitud y potencia de cada tramo de los dos circuitos de la zona 5.

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
Longitud (m)	56	7	31	36	31	31	59	56	23	26	31	31	42
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Tabla 3.24: Potencias por tramo de los circuitos 1 y 2 de la zona 5

Tramos de líneas S16 AL. Z6C1 y S17 AL. Z6C2:

En la tabla 3.25 se recogen los datos de longitud y potencia de cada tramo de los dos circuitos de la zona 6.

Tramo	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
Longitud (m)	151	50	42	31	27	31	31	151	19	62	27	37	31	31
Potencia (W)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Tabla 3.25: Potencias por tramo de los circuitos 1 y 2 de la zona 6

En la tabla 3.26 se recogen los resultados de las doce líneas que alimentan la instalación de alumbrado, procediendo de la misma manera que para el dimensionado de la línea S6 AL. Z1C1 en este mismo apartado. Se tiene en cuenta la misma tensión de servicio (230 V), la misma canalización con tubo de Ø25 mm (D1), $\cos(\varphi) = 0,95$ y $X_u = 0$. En cuanto

a la protección en cada línea, se dispondrá de un interruptor magnetotérmico bipolar de calibre 10 A y un diferencial bipolar 2x25A con sensibilidad de 30mA y clase AC.

Referencia	Potencia instalada (W)	Longitud (m)	Corriente prevista (A)	Sección (mm ²)	Conductividad (S/m)	Longitud de cálculo (m)	ΔV (%)	Corriente admisible (A)
S6. AL. Z1C1	330	181.6	1.51	2x1.5+TT1.5	56.83	110.52	1.62	24
S7. AL. Z1C2	385	269.9	1.76	2x1.5+TT1.5	56.81	152.32	2.6	24
S8. AL. Z2C1	385	371.9	1.76	2x2.5+TT2.5	56.84	267.74	2.74	32
S9. AL. Z2C2	385	372.5	1.76	2x2.5+TT2.5	56.84	278.13	2.85	32
S10. AL. Z3C1	440	301	2.01	2x1.5+TT1.5	56.78	152.17	2.97	24
S11. AL. Z3C2	495	332	2.27	2x1.5+TT1.5	56.76	166.49	3.66	24
S12. AL. Z4C1	495	316.3	2.27	2x1.5+TT1.5	56.76	154.18	3.39	24
S13. AL. Z4C2	440	285.3	2.01	2x1.5+TT1.5	56.78	149.54	2.92	24
S14. AL. Z5C1	385	250.4	1.76	2x1.5+TT1.5	56.81	134.68	2.3	24
S15. AL. Z5C2	330	207.8	1.51	2x1.5+TT1.5	56.83	124.31	1.82	24
S16. AL. Z6C1	385	361.8	1.76	2x2.5+TT2.5	56.84	265.54	2.72	32
S17. AL. Z6C2	385	356.3	1.76	2x1.5+TT1.5	56.81	254.99	4.36	24

Tabla 3.26: Salidas para alumbrado público.

3.3.2 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para el cálculo de la eficiencia energética de la instalación de alumbrado vial se tendrá en cuenta la *ITC-EA-01*. Se dispone de dos tipos de vía, una carretera (tipo B) y una acera (tipo E). La iluminancia media en servicio de ambas viene determinada en los resultados de la simulación con DiaLUX en el anexo B, siendo 16.2 lux para las superficies de carreteras y 6.55 lux para las aceras. Tomando como unidad superficial la determinada entre dos puntos de luz de la misma acera y diferenciando entre superficie de carretera y de acera, se calcula la eficiencia energética de la instalación mediante la expresión 3.60.

$$\epsilon = \frac{S_i \cdot E_m^i}{P_{luminaria}} \quad (3.60)$$

- La eficiencia energética para la iluminación funcional de las carreteras es:

$$\epsilon = \frac{279 \cdot 16,2}{55} = 82,18 \frac{\text{lux} \cdot \text{m}^2}{\text{W}} \quad (3.61)$$

- La eficiencia energética para la iluminación ambiental de las aceras es:

$$\epsilon = \frac{93 \cdot 6,55}{55} = 11,08 \frac{\text{lux} \cdot \text{m}^2}{\text{W}} \quad (3.62)$$

Las instalaciones de alumbrado exterior se clasifican en función del índice de eficiencia energética, que se calcula con la expresión 3.63. La eficiencia energética de referencia ϵ_R se obtiene de la tabla 3 de la *ITC-EA-01*.

$$I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_R} \quad (3.63)$$

- El índice de eficiencia energética para la iluminación funcional de las carreteras es:

$$I_{\epsilon} = \frac{82,18}{23,7} = 3,47 \quad (3.64)$$

- El índice de eficiencia energética para la iluminación ambiental de las aceras es:

$$I_{\epsilon} = \frac{11,08}{6,24} = 1,77 \quad (3.65)$$

Pero con objeto de facilitar la interpretación de la clasificación energética se utiliza el índice de consumo energético (*ICE*), que es la inversa del índice de eficiencia energética.

- El índice de consumo energético para la iluminación funcional de las carreteras es:

$$I_{\epsilon} = \frac{1}{I_{\epsilon}} = 0,29 \quad (3.66)$$

- El índice de consumo energético para la iluminación ambiental de las aceras es:

$$I_{\epsilon} = \frac{1}{I_{\epsilon}} = 0,56 \quad (3.67)$$

Ambos resultados equivalen a la calificación energética más eficiente.

Capítulo 4

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

ÍNDICE

4.1. Resumen Presupuesto	74
4.2. Centro de transformación	75
4.2.1. Obra civil	75
4.2.2. Celdas de AT	75
4.2.3. Interconexión AT-Trafo	76
4.2.4. Equipos de potencia	76
4.2.5. Interconexión Trafo-BT	76
4.2.6. Equipos de BT	77
4.2.7. Red de tierras	77
4.2.8. Varios	77
4.3. Red de baja tensión	78
4.3.1. Cables	78
4.3.2. Tubos	80
4.3.3. Canales	81
4.3.4. Bandejas	81
4.3.5. Dispositivos de protección térmica	81
4.3.6. Dispositivos de protección diferencial	83
4.3.7. Batería de condensadores	85
4.4. Alumbrado exterior	85
4.4.1. Obra civil	85
4.4.2. Instalación eléctrica	86
4.4.3. Control y maniobra	87

4.1 RESUMEN PRESUPUESTO

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	69 849.94 €
RED DE BAJA TENSIÓN	536 536.27 €
ALUMBRADO PÚBLICO	55 186.50 €
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	661 572.71 €
13 % Gastos Generales	86 004.45 €
6 % Beneficio Industrial	39 694.36 €
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	787271.52 €
21 % IVA	165 327.02 €
<hr/>	
TOTAL	952 598.54 €

El presupuesto de ejecución del proyecto asciende a 952 598.54 €.

4.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.2.1 OBRA CIVIL

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.01	Ud. Envolvente prefabricada Envolvente prefabricada de hormigón de 8.08x2.38x2.79 m de Ormazabal, incluyendo excavación de zanja para la recepción de conductores.	1	9 058.58	9 058.58
TOTAL PARTIDA 1.1 OBRA CIVIL:				9 058.58

4.2.2 CELDAS DE AT

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.02	Ud. Celda línea AT 400 A Celda modular CGM.3-L de 1.75x0.42x0.85 m de Ormazabal, función de línea o acometida, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra). Incluye conexionado, rotulado y pruebas.	2	6 641.04	13 282.08
1.03	Ud. Celda Prot. con fusibles AT 400 A Celda modular CGM.3-P de 1.75x0.48x1.01 m de Ormazabal, función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra, antes y después de los fusibles) y protección con fusibles limitadores. Incluye conexionado, rotulado y pruebas.	2	3 469.20	6 938.40
1.04	Ud. Celda medida AT 400 A Celda modular CGM.3-M de 1.95x0.9x1.16 m de Ormazabal, función de medida, provista de 3 trafos de intensidad y 3 trafos de tensión. Incluye conexionado, rotulado y pruebas.	1	2 180.64	2 180.64
TOTAL PARTIDA 1.2 CELDAS AT:				22 401.12

4.2.3 INTERCONEXIÓN AT-TRAFO

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.05	m. Cable AT aisl. seco 13.2kV Cable unipolar con aislamiento seco de XLPE y cubierta de compuesto de poliolefina (Z1), enterrado bajo tubo. Incluye cinta de señalización. Según UNE-HD 620-9E.	4	65.63	262.52
TOTAL PARTIDA 1.3 INTERCONEXIÓN CELDAS AT				262.52

4.2.4 EQUIPOS DE POTENCIA

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.06	Ud. Transformador 13.2kV/400V 1250 KVA aisl. seco Transformador trifásico de distribución 13.2kV/400V y 1250 KVA, conexión Dyn11, de llenado integral en aceite. Incluye conexionado y pruebas.	2	16 384.54	32 769.08
TOTAL PARTIDA 1.4 EQUIPOS DE POTENCIA				32 769.08

4.2.5 INTERCONEXIÓN TRAFO-BT

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.07	m. Cables BT 0.6/1kV Cable unipolar con aislamiento seco de XLPE, enterrado bajo tubo. Incluye cinta de señalización y materiales auxiliares. Según UNE-HD 620-9E.	2	36.49	72.98
TOTAL PARTIDA 1.5 INTERCONEXIÓN TRAFO CUADROS BT				72.98

4.2.6 EQUIPOS DE BT

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.08	Ud. Cuadro de BT Cuadro de baja tensión CBTO.C de Ormazabal tipo interior para centro de transformación de hasta 8 salidas con bases portafusibles tripolares verticales e intensidad asignada de hasta 1600 A.			
		2	1 885.26	3 770.52
	TOTAL PARTIDA 1.6 EQUIPOS BT			3 770.52

4.2.7 RED DE TIERRAS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.09	Ud. Picas ϕ14 mm Picas de acero cobrizado de 2 m de longitud y ϕ 14 mm. Incluye grapas de puesta a tierra.			
		11	18.00	98.00
1.10	m. Conductor desnudo Cu 50 mm² Cable de cobre de 50 mm ² , unido mediante terminal de latón, instalada.			
		30	4.81	144.30
	TOTAL PARTIDA 1.7 RED DE TIERRAS			242.30

4.2.8 VARIOS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
1.11	Ud. Equipo de iluminación Equipo de alumbrado que incluye dos puntos de luz para aportar un nivel de 150 lux, un punto de luz de emergencia autónomo y un interruptor que controle los puntos de luz.			
		1	269.63	269.63
1.12	Ud. Equipo de seg. y maniobra			

Equipo de seguridad que incluye señalización de AT, pértigas aislantes que sean necesarias para efectuar maniobras y banqueta aislante o alfombra aislante. Según Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y CdT.

1.13 Ud. Rejilla de protección

Rejilla de protección de acero galvanizado con grado de protección IK08. Incluso soporte, anclaje, sellado perimetral.

TOTAL PARTIDA 1.8 VARIOS

1	604.81	604.81
4	99.60	398.40
		1 272.84

4.3 RED DE BAJA TENSIÓN

4.3.1 CABLES

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.01	m. Cable H07V-K Eca 1x16 mm² Cable de BT de cobre 1x16 mm ² flexible, de aislamiento en PVC 450/750V, no propagación de la llama.	64	2.50	160.00
2.02	m. Cable RV-K Eca, 1x16 mm² Cable de BT de cobre 1x16 mm ² flexible, de aislamiento en XLPE 0.6/1 kV y cubierta de PVC, de alta seguridad y no propagación de la llama.	8	2.04	16.32
2.03	m. Cable XZ1 Eca, 1x16 mm² Cable de BT de aluminio 1x16 mm ² flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	2 826	0.38	1 073.88
2.04	m. Cable H07V-K Eca 1x35 mm² Cable de BT de cobre 1x35 mm ² flexible, de aislamiento en PVC 450/750V, no propagación de la llama.	128	7.61	974.08
2.05	m. Cable XZ1 Eca, 1x35 mm²			

	Cable de BT de aluminio 1x35 mm^2 flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	5 670	0.64	3 628.80
2.06	m. Cable H07V-K Eca 1x95 mm^2 Cable de BT de cobre 1x95 mm^2 flexible, de aislamiento en PVC 450/750V, no propagación de la llama.	32	21.47	687.04
2.07	m. Cable XZ1 Eca, 1x95 mm^2 Cable de BT de aluminio 1x95 mm^2 flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	32	1.16	37.12
2.08	m. Cable RZ1-Al(AS) Cca-s1b,d1,a1, 1x120 mm^2 Cable de baja tensión de aluminio 1x120 mm^2 flexible, de aislamiento en PVC 0.6/1 kV, no propagación de la llama.	64	4.33	277.12
2.09	m. Cable XZ1 Eca, 120 mm^2 Cable de BT de aluminio 1x120 mm^2 flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	1176	1.54	1 811.04
2.10	m. Cable XZ1 Eca, 150 mm^2 Cable de BT de aluminio 1x150 mm^2 flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	1 389	1.69	2 347.41
2.11	m. Cable XZ1 Eca, 185 mm^2 Cable de BT de aluminio 1x185 mm^2 flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	443	2.28	1 010.04
2.12	m. Cable RZ1-Al(AS) Cca-s1b,d1,a1, 1x240 mm^2 Cable de baja tensión de aluminio 1x240 mm^2 flexible, de aislamiento en PVC 0.6/1 kV, no propagación de la llama.	192	8.45	1 622.40
2.13	m. Cable XZ1 Eca, 240 mm^2 Cable de BT de aluminio 1x240 mm^2 flexible, L.H. y no propagador del fuego de aislamiento, en XLPE 0.6/1 kV.	205	2.59	530.95
TOTAL PARTIDA 2.1 CABLES				14 176.20

4.3.2 TUBOS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.14	m. Tubo PVC corrugado 25 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	2 501	0.75	1 875.75
2.15	m. Tubo PVC corrugado 32 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	1 107	0.82	907.74
2.16	m. Tubo PVC corrugado 50 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	62	1.26	78.12
2.17	m. Tubo PVC corrugado 63 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	2	1.90	3.80
2.18	m. Tubo PVC corrugado 110 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	1 367	3.22	4 401.74
2.19	m. Tubo PVC corrugado 125 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	51	3.98	202.98
2.20	m. Tubo PVC corrugado 160 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	196	4.13	809.48
2.21	m. Tubo PVC corrugado 180 mm Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada) para canalizaciones enterradas, norma <i>UNE-EN 50086-2-4</i> .	1 183	5.06	5 985.98
2.22	m. Tubo PVC corrugado 225 mm			

Tubo de PVC de doble pared (int. lisa y ext. corrugada)
para canalizaciones enterradas, norma *UNE-EN 50086-2-4*.

53	5.85	310.05
		14 575.64

TOTAL PARTIDA 2.2 TUBOS

4.3.3 CANALES

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.23	m. Canal protectora 90x40 mm Canal protectora UNEX ref. 73072-2 de dimensiones 90x40 mm conforme a norma <i>EN 50085-2-1</i> . Incluyendo accesorios y medios auxiliares.	32	9.85	315.20
2.24	m. Canal protectora 150x60 mm Canal protectora UNEX ref. 73085-2 de dimensiones 150x60 mm conforme a norma <i>EN 50085-2-1</i> . Incluyendo accesorios y medios auxiliares.	16	22.40	358.40
TOTAL PARTIDA 2.3 CANALES				673,60

4.3.4 BANDEJAS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.25	m. Bandeja perforada 400x100 Bandeja perforada metálica Pensa LX o equivalente, sin tapa, de 400x100mm. Incluso accesorios y medios auxiliares.	8	39.88	319.04
TOTAL PARTIDA 2.4 BANDEJAS				319.04

4.3.5 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN TÉRMICA

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.26	Ud. Int. automático 4P 50A Interruptor autom. magnetotérmico 4P 50A, A9F89450 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			

		64	271.39	17 368.96
2.27	Ud. Int. automático 4P 100A Interruptor autom. magnetotérmico 4P 100A, A9N18374 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		112	458.04	51 300.48
2.28	Ud. Int. automático 4P 125A Interruptor automático magnetotérmico 4P 125A, ref. A9N18376 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		16	481.81	7 708.96
2.29	Ud. Int. automático 4P 250A Interruptor automático 4P 250A, Compact NSX250F de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		24	2 364.40	56 745.60
2.30	Ud. Int. automático 4P 400A Interruptor automático 4P 400A, Compact NSX400F de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		6	3 862.07	23 172.42
2.31	Ud. Int. automático 4P 630A Interruptor automático 4P 630A, Compact NSX630F de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		6	4 759.75	28 558.50
2.32	Ud. Int. automático 4P 800A Interruptor automático 4P 800A, Compact NS800 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		2	7 751.97	15 503.94
2.33	Ud. Int. automático 3P 3000A Interruptor automático 3P 3200A, Compact NS3200 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			

		1	20 609.06	20 609.06
2.34	Ud. Int. automático 4P 3000A Interruptor automático 4P 3200A, Compact NS3200 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones trifásicas con neutro.			
		2	24 619.20	49 238.40
	TOTAL PARTIDA 2.5 PROTECCIÓN TÉRMICA			270 206.32

4.3.6 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.35	Ud. Int. diferencial 63A 30 mA clase AC Interruptor diferencial A9Z05463 Schneider o equivalente, de 63A, sensibilidad 30 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			
		16	663,83	10 621.28
2.36	Ud. Int. diferencial 63A 100 mA clase AC Interruptor diferencial A9Z05463 Schneider o equivalente, de 63A, sensibilidad 100 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			
		16	477.96	7 647.32
2.37	Ud. Int. diferencial 63A 300 mA clase AC Interruptor diferencial A9Z05463 Schneider o equivalente, de 63A, sensibilidad 300 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			
		8	318.64	2 549.11
2.38	Ud. Prot. diferencial 100A 30 mA Interruptor diferencial A9R13491 Schneider o equivalente, de 100A, sensibilidad 30 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			
		32	1 527.64	48 884.48
2.39	Ud. Prot. diferencial 100A 100 mA Interruptor diferencial A9R14491 Schneider o equivalente, de 100A, sensibilidad 100 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			

		32	1 191.56	38 129.89
2.40	Ud. Prot. diferencial 100A 300 mA			
	Interruptor diferencial A9R15491 Schneider o equivalente, de 100A, sensibilidad 300 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			
		8	749.48	5 995.84
2.41	Ud. Prot. diferencial 125A 300 mA			
	Monitores de corriente residual TR3 de ABB, de 125A y sens. 300mA con trafo de intensidad externo. Grado de protección IP20.			
		8	938.82	7 510.56
2.42	Ud. Prot. diferencial 250A 30 mA			
	Monitores de corriente residual TR160 de ABB, 250A y sens. 30mA con trafo de intensidad externo. Grado de protección IP20.			
		8	3 755.28	30 042.24
2.43	Ud. Prot. diferencial 250A 100 mA			
	Monitores de corriente residual TR160 de ABB, 250A y sens. 100mA con trafo de intensidad externo. Grado de protección IP20.			
		8	2 680.45	21 443.59
2.44	Ud. Prot. diferencial 400A 2000 mA			
	Monitores de corriente residual TR4 de ABB, de 400A y sens. 2000mA con trafo de intensidad externo. Grado de protección IP20.			
		2	1 608.27	3 216.54
2.45	Ud. Prot. diferencial 400A 3000 mA			
	Monitores de corriente residual TR4 de ABB, de 400A y sens. 3000mA con trafo de intensidad externo. Grado de protección IP20.			
		1	1 045.37	1 045.37
2.46	Ud. Prot. diferencial 630A 500 mA			
	Protección Masterpact NT06 630A, PdC 42kA, 4P, con unidad micrologic 6.0E, TI y toroidal rect. diferencial de sensibilidad 500mA.			
		2	5 417.20	10 934.40

2.47 Ud. Prot. diferencial 630A 3000 mA

Protección Masterpact NT06 630A, PdC 42kA, 4P, con unidad micrologic 6.0E, TI y toroidal rect. diferencial de sensibilidad 3000mA.

1	4 469.19	4 469.19
---	----------	----------

2.48 Ud. Prot. diferencial 800A 2000 mA

Protección Masterpact NT08 800A, PdC 42kA, 4P, con unidad micrologic 6.0E, TI y toroidal rect. diferencial de sensibilidad 30mA.

1	4 933.79	4 933.79
---	----------	----------

TOTAL PARTIDA 2.6 PROT. DIFERENCIAL

		197 423.60
--	--	-------------------

4.3.7 BATERÍA DE CONDENSADORES

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
2.49	Ud. Batería de condensadores 1150 kVAr Batería de condensadores VarSet Premium de Schneider o equivalente, 1150 kVAr 400V-50Hz reg. 50+11x100.	1	26 298.00	26 298.00
2.50	Ud. Prot. diferencial 3200A 300 mA Protección Masterpact NW32 3200A, incluyendo unidad micrologic 6.0E, TI y toroidal rect. diferencial, con sensibilidad 300mA.	1	12 863.87	€
TOTAL PARTIDA 2.7 BAT. CONDENSADORES				39 161.87

4.4 ALUMBRADO EXTERIOR**4.4.1 OBRA CIVIL**

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
3.01	Ud. Arqueta A1 Arqueta A1, ejecutada en hormigón en masa, dimensiones 45x45x70 cm, tapa de fundición dúctil para arqueta tipo A1 categoría B125 norma UNE EN-124, dimensiones tapa 50x50 cm, incluso medios auxiliares.			

88	25.19	2216.72
TOTAL PARTIDA 3.1 OBRA CIVIL		2216.72

4.4.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
3.02	Ud. Luminaria Racer Smart Mini 826 55W LED Luminaria Racer Smart Mini o equivalente. Óptica asimétrica RAL7042 DRV DIM, 55 W, 5400 lm, tra. de color 5700 K, IRC 70 %, driver electrónico con protección térmica y función CLO compatible con ZigBee. Incluso p.p de accesorios y pequeño material de fijación, instalada en columna y funcionando.	88	209.91	18 472.08
3.03	Ud. Columna de acero 8 metros Columna de acero galvanizado de 8 metros de altura, 3mm de espesor y diámetro 60mm. Incluido medios auxiliares de izado y pequeño material.	88	173,00	15 224,00
3.04	Ud. Caja alumbrado 5 bornas/2 fusibles Caja de derivación de alumbrado modelo Claved 1468-E/1M o similar, dimensiones 147x82x65mm, grado de protección IP31, con cinco bornas de conexión de 25 mm ² , una salida protegida con dos fusibles cilíndricos 10x38 mm, accesorios de fijación a columna y pequeño material.	72	37.42	2 694.24
3.05	Ud. Toma de tierra indep. con pica Toma de tierra independiente con pica de acero cobrizado de D=14,3 mm. y 1,5 m. de longitud, cable de cobre de 35 mm ² , unido mediante terminal de latón. Incluido material auxiliar.	1	23.53	23.53
3.06	m. Conductor RZ1-K (AS) de 1.5 mm² + 1.5TT Línea de 3x1,5 mm ² de cobre tripolar, aislamiento RV-K 0,6/1 kv UNE 21123-2, no propagador de la llama, reacción al fuego Cca-s1b,d1,a1 EN 50575:2014, incluso p.p de accesorios de conexión y pequeño material.			

		2600	1.57	4089.80
3.07	m. Conductor RZ1-K (AS) de 2.5 mm² + 2.5TT Línea de 3x2,5 mm ² de cobre tripolar, aislamiento RV-K 0,6/1 kv UNE 21123-2, no propagador de la llama, reacción al fuego Cca-s1b, d1,a1 EN 50575:2014, incluso p.p de accesorios de conexión y pequeño material.			
		1200	2.23	2676.00
3.08	Ud. Int. magnetotérmico 2P 10A Interruptor autom. magnetotérmico 2P 10A, A9F89210 de Schneider o equivalente, protección contra cortocircuitos y sobrecargas en instalaciones monofásicas o bifásicas.			
		12	72.07	864.84
3.09	Ud. Int. diferencial 25A 30 mA clase AC Interruptor diferencial A9R01225 Schneider o equivalente, de 25A, sensibilidad 30 mA y clase AC. Según norma UNE-EN 61008-1.			
		12	23.90	286.80
	TOTAL PARTIDA 3.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA			44 331.29

4.4.3 CONTROL Y MANIOBRA

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Importe
3.08	Ud. Administrador centralizado Coordinador de red de <i>RAT Light System</i> , compatible con ZigBee, WiFi y GPRS. Incluyendo conexión USB, software HMI y p.p. de conexión.			
		1	463.89	463.89
3.09	Ud. Router WiFi Router WiFi de comunicación de <i>ExtraStar</i> , 4*5DBI 4*10/100LAN 300MBPS. Incluyendo pasarela ZigBee y p.p. de conexión.			
		12	41.31	495.72
3.10	Ud. Controlador esclavo			

Controlador de nodo RATLYL102 de *RAT Light System*, compatible con ZigBee, distancia de transmisión hasta 80m. Control on/off, intensidad, detección y otras de alumbrado. Incluyendo antena y p.p. de conexión.

	88	87.26	7 678.88
TOTAL PARTIDA 3.3 CONTROL Y MANIOBRA			8 638.49

Capítulo 5

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

5.1. Condiciones facultativas	92
5.1.1. Técnico director de obra	92
5.1.2. Constructor o instalador	92
5.1.3. Verificación de los datos del proyecto	93
5.1.4. Plan de seguridad y salud en el trabajo	93
5.1.5. Presencia del constructor o instalador en la obra	93
5.1.6. Trabajos no estipulados expresamente	93
5.1.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto	94
5.1.8. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa	94
5.1.9. Faltas de personal	94
5.1.10. Caminos y accesos	95
5.1.11. Replanteo	95
5.1.12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos	95
5.1.13. Orden de los trabajos	95
5.1.14. Facilidades para otros contratistas	95
5.1.15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de causa mayor	96
5.1.16. Prórroga por causa de fuerza mayor	96
5.1.17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	96
5.1.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos	96
5.1.19. Obras ocultas	96
5.1.20. Trabajos defectuosos	96
5.1.21. Vicios ocultos	97

5.1.22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia	97
5.1.23. Materiales no utilizables	97
5.1.24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos	97
5.1.25. Limpieza de las obras	98
5.1.26. Documentación final de la obra	98
5.1.27. Plazo de garantía	98
5.1.28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente	98
5.1.29. De la recepción definitiva	98
5.1.30. Prórroga de plazo de garantía	99
5.1.31. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida	99
5.2. Condiciones económicas	99
5.2.1. Composición de los precios unitarios	99
5.2.2. Precio de la contrata. Importe de la contrata	100
5.2.3. Precios contradictorios	100
5.2.4. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas	100
5.2.5. De la revisión de los precios contratados	101
5.2.6. Acopio de materiales	101
5.2.7. Responsabilidad del constructor o instalador en el bajo rendimiento de los trabajadores	101
5.2.8. Relaciones valoradas y certificaciones	101
5.2.9. Mejoras de obras libremente ejecutadas	102
5.2.10. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada	102
5.2.11. Pagos	103
5.2.12. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras	103
5.2.13. Demora de los pagos	103
5.2.14. Mejoras y aumentos de obras. Casos contrarios	103
5.2.15. Unidades de obra defectuosas pero aceptables	103
5.2.16. Seguro de las obras	104
5.2.17. Conservación de la obra	104
5.2.18. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario	105
5.3. Condiciones técnicas para la ejecución y montaje de instalaciones eléctricas en baja tensión	105
5.3.1. Condiciones generales	105
5.3.2. Canalizaciones eléctricas	105

5.3.3. Conductores	115
5.3.4. Cajas de empalme	117
5.3.5. Mecanismos y tomas de corriente	118
5.3.6. Aparamenta de mando y protección	118
5.3.7. Receptores de alumbrado	123
5.3.8. Receptores a motor	123
5.3.9. Puestas a tierra	126
5.3.10. Aparamenta de alta tensión	129
5.3.11. Inspecciones y pruebas en fábrica	131
5.3.12. Control	132
5.3.13. Seguridad	132
5.3.14. Limpieza	133
5.3.15. Mantenimiento	133
5.3.16. Criterios de medición	133

5.1 CONDICIONES FACULTATIVAS

5.1.1 TÉCNICO DIRECTOR DE OBRA

Corresponde al técnico director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor del acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor o Instalador.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Constructor o Instalador, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

5.1.2 CONSTRUCTOR O INSTALADOR

Corresponde al constructor o instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta del replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

5.1.3 VERIFICACIÓN DE LOS DATOS DEL PROYECTO

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

5.1.4 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

El Constructor o Instalador, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

5.1.5 PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN LA OBRA

El Constructor o Instalador viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de la obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

5.1.6 TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Técnico Director dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional,

los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

5.1.7 INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor o Instalador estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor o Instalador, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor o Instalador, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor o Instalador podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

5.1.8 RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Técnico Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

5.1.9 FALTAS DE PERSONAL

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

5.1.10 CAMINOS Y ACCESOS

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

5.1.11 REPLANTEO

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

5.1.12 COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Constructor o Instalador dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligadamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

5.1.13 ORDEN DE LOS TRABAJOS

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

5.1.14 FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

5.1.15 AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE CAUSA MAYOR

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor o Instalador está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

5.1.16 PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

5.1.17 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

5.1.18 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

5.1.19 OBRAS OCULTAS

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

5.1.20 TRABAJOS DEFECTUOSOS

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las 'Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica' del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

5.1.21 VICIOS OCULTOS

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor o Instalador, siempre que los vicios existan realmente.

5.1.22 DE LOS MATERIALES Y LOS APARATOS. SU PROCEDENCIA

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligadamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

5.1.23 MATERIALES NO UTILIZABLES

El Constructor o Instalador, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Técnico.

5.1.24 GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

5.1.25 LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del Constructor o Instalador mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

5.1.26 DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

5.1.27 PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

5.1.28 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisionales y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista durante el plazo de garantía será el conservador del edificio, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad, antes de la Recepción Definitiva.

5.1.29 DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor o Instalador de reparar a su cargo aquéllos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

5.1.30 PRÓRROGA DE PLAZO DE GARANTÍA

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Técnico Director marcará al Constructor o Instalador los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

5.1.31 DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRATA HAYA SIDO RESCINDIDA

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otra empresa.

5.2 CONDICIONES ECONÓMICAS

5.2.1 COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

- Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un 13 por 100).

Beneficio industrial:

- El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de ejecución de material:

- Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de contrata:

- El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.
- El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

5.2.2 PRECIO DE LA CONTRATA. IMPORTE DE LA CONTRATA

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 13 por 100 y el beneficio se estima normalmente en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

5.2.3 PRECIOS CONTRADICTORIOS

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

5.2.4 RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

5.2.5 DE LA REVISIÓN DE LOS PRECIOS CONTRATADOS

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

5.2.6 ACOPIO DE MATERIALES

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

5.2.7 RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR O INSTALADOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS TRABAJADORES

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Técnico Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor o Instalador, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Técnico Director.

Si hecha esta notificación al Constructor o Instalador, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

5.2.8 RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los 'Pliegos de Condiciones Particulares' que rijan en la obra, formará el Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente 'Pliego General de Condiciones Económicas', respecto a mejoras o sustituciones

de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Técnico los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, el Técnico Director aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Técnico Director en la forma prevenida de los 'Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales'.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Técnico Director la certificación de las obras ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

5.2.9 MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

5.2.10 ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA

Salvo lo preceptuado en el 'Pliego de Condiciones Particulares de índole económica', vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Técnico Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar

dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

5.2.11 PAGOS

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

5.2.12 IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (0/00) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

5.2.13 DEMORA DE LOS PAGOS

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

5.2.14 MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRAS. CASOS CONTRARIOS

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

5.2.15 UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS PERO ACEPTABLES

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Técnico Director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista,

el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

5.2.16 SEGURO DE LAS OBRAS

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

5.2.17 CONSERVACIÓN DE LA OBRA

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente 'Pliego de Condiciones Económicas'.

5.2.18 USO POR EL CONTRATISTA DEL EDIFICIO O BIENES DEL PROPIETARIO

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquél y con cargo a la fianza.

5.3 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

5.3.1 CONDICIONES GENERALES

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

5.3.2 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá

replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

5.3.2.1 CONDUCTORES AISLADOS BAJO TUBOS PROTECTORES

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- *UNE-EN 61386-1:2008*: Sistemas de tubos rígidos.
- *UNE-EN 61386-2:2008*: Sistemas de tubos curvables.
- *UNE-EN 61386-3:2008*: Sistemas de tubos flexibles.
- *UNE-EN 61386-4:2008*: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la *UNE-EN 60.423:2008*. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma *UNE-EN 61386-4:2008*. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (*89/106/CEE*).

Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 5.1.

Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas en las tablas 5.2 y 5.3.

1º/ Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra (Tabla 5.2).

2º/ Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas (Tabla 5.3).

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Tra. mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Tra. máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D 1mm
Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°	2	Contra gotas de agua
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 5.1: Características mínimas en canalizaciones fijas en superficie.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Tra. mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Tra. máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D 1mm
Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°	2	Contra gotas de agua
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 5.2: Características mínimas en canalizaciones empotradas en obras de fábrica.

Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas en la tabla 5.4.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Tra. mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Tra. máxima de instalación y servicio	2	+90°C (+60°C canal. recabl. ord.)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°	3	Contra el agua
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 5.3: Características mínimas en canalizaciones empotradas embebidos en hormigón.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Tra. mínima de instalación y servicio	2	-5°C
Tra. máxima de instalación y servicio	1	+60°C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D 1mm
Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°	2	Contra gotas de agua
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Tabla 5.4: Características mínimas en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las de la tabla 5.5.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Tra. mínima de instalación y servicio	NA	NA
Tra. máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D 1mm
Resistencia a la penetración del agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°	2	Contra el agua
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tabla 5.5: Características mínimas en canalizaciones enterradas.

Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la *ITC-BT-21*, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 por ciento del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o 'T' apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

5.3.2.2 CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS DIRECTAMENTE SOBRE PAREDES

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

5.3.2.3 CONDUCTORES AISLADOS ENTERRADOS

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones *ITC-BT-07* e *ITC-BT-21*.

5.3.2.4 CONDUCTORES AISLADOS DIRECTAMENTE EMPOTRADOS EN ESTRUCTURAS

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

5.3.2.5 CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE CONSTRUCCIÓN

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V. Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

5.3.2.6 CONDUCTORES AISLADOS BAJO CANALES PROTECTORAS

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección $IP4X$ y estarán clasificadas como canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas. En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas en la tabla 5.6.

Característica	Grado	Grado
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤16mm	>16mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Normal
Tra. mínima de instalación y servicio	+15°C	-5°C
Tra. máxima de instalación y servicio	+60°C	+60°C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	No inferior a 2
Resistencia a la penetración del agua	No declarada	No declarada
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	No propagador

Tabla 5.6: Características mínimas en instalaciones superficiales ordinarias.

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas *UNE-EN 50.085:2010*.

Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie *UNE-EN 50.085:2010*.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

5.3.2.7 CONDUCTORES AISLADOS BAJO MOLDURAS

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm² serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

5.3.2.8 CONDUCTORES AISLADOS EN BANDEJA O SOPORTE DE BANDEJAS

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma *UNE-HD 60364-5-559:2013*.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

5.3.2.9 NORMAS DE INSTALACIÓN EN PRESENCIA DE OTRAS CANALIZACIONES NO ELÉCTRICAS

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

5.3.2.10 ACCESIBILIDAD A LAS INSTALACIONES

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

5.3.3 CONDUCTORES

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

5.3.3.1 MATERIALES

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre.
 - Formación: unipolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - Tensión de prueba: 2.500 V.
 - Instalación: bajo tubo.
 - Normativa de aplicación: *UNE 21.031:2017*.

- De 0.6/1 kV de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
 - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
 - Tensión de prueba: 4.000 V.
 - Instalación: al aire o en bandeja.
 - Normativa de aplicación: *UNE 21.123:2014*.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 por ciento al 100 por ciento. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

5.3.3.2 DIMENSIONADO

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión *ITC-BT-19* o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones *ITC-BT-44* para receptores de alumbrado e *ITC-BT-47* para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 por ciento de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 por ciento para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 por ciento. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.
- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción *ITC-BT-07*, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la *ITC-BT-18*, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

5.3.3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta

al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

5.3.3.4 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla 5.7.

Tensión nominal instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MW)
MBTS o MBTP	250	0.25
≤ 500 V	500	0.50
>500 V	1000	1.00

Tabla 5.7: Resistencia de aislamiento mínima de la instalaciones.

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

5.3.4 CAJAS DE EMPALME

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación,

y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

5.3.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

5.3.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCIÓN

5.3.6.1 CUADROS ELÉCTRICOS

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (*CEI*).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según *ITC-BT-24*.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del +5 por ciento sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provista de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

5.3.6.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El

accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

5.3.6.3 GUARDAMOTORES

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 por ciento de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

5.3.6.4 FUSIBLES

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

5.3.6.5 INTERRUPTORES DIFERENCIALES

1º/ La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según *UNE-EN 60529:2018*. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º/ La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante 'corte automático de la alimentación. Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra \cdot Ia \leq U \quad (5.1)$$

donde:

- Ra es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- Ia es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

5.3.6.6 SECCIONADORES

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

5.3.6.7 EMBARRADOS

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

5.3.6.8 PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresas al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

5.3.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie *UNE-EN 60598:2015*.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga ue supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma *UNE-EN 50.107:2019*.

5.3.8 RECEPTORES A MOTOR

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 por ciento de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 por ciento de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma *UNE-HD 60364-5-52:2014*.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en la tabla 5.8.

De 0.75 a 1.5 kW	4.5
De 1.5 a 5 kW	3
De 5 a 15 kW	2
Más de 15 kW	1.5

Tabla 5.8: Relaciones de corriente máximas de motores de más de 0.75 kW

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la *20.107*, *20.108*, *20.111*, *20.112*, *20.113*, *20.121*, *20.122* y *20.324*.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas *UNE-EN 60529:2018* y *DIN 40.050*. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- Carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- Estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- Rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- Eje: de acero duro.
- Ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- Rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- Cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensaestopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- Potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- Velocidad de rotación de la máquina accionada.
- Características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección (IP 44 o IP 54).
- Clase de aislamiento (B o F).
- Forma constructiva.
- Temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- Momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- Curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 por ciento en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estatórico sea superiores a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- Potencia del motor.
- Velocidad de rotación.
- Intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- Intensidad de arranque.
- Tensión(es) de funcionamiento.
- Nombre del fabricante y modelo.

5.3.9 PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

5.3.9.1 UNIONES A TIERRA

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma *UNE-EN 60228:2005*.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla 5.9. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección apdo. 7.7.1	16 mm ² Cu 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión	25 mm ² Cu 50 mm ² hierro	25 mm ² Cu 50 mm ² hierro

Tabla 5.9: Secciones mínimas exigidas para conductores de tierra.

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla 5.10.

Sección conductores fase (mm^2)	Sección conductores protección (mm^2)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

Tabla 5.10: Secciones mínimas exigidas para conductores de protección.

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- $2,5 mm^2$, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- $4 mm^2$, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

5.3.10 APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

5.3.10.1 OBRA CIVIL

La(s) envolvente(s) empleada(s) en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el *MIE-RAT 14*, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del Edificio Prefabricado, sin que estos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el Fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación *UNESA 1303-A*, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. Todas las piezas contiguas estarán unidas eléctricamente entre sí. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la *RU.-6618-A*.

5.3.10.2 APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- Aislamiento:
 - El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.
Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las

zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.

- Corte:

- El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad in situ del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación externa. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

La aparamenta de A.T. que conforman las celdas de acometida estará constituida por conjuntos bajo envolvente única metálica, acorde a las siguientes normativas:

- *UNE-EN ISO 90-1:2001, UNE-EN 60420:1997.*
- *UNE-EN 62271-102:2005, UNE-EN 62271-103:2012.*
- *CEI 60298, 60420, 60265, 60129.*
- *UNESA Recomendación 6407 A.*

5.3.10.3 TRANSFORMADORES

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

5.3.10.4 EQUIPOS DE MEDIDA

Este centro incorpora los dispositivos necesarios para la medida de energía al ser de abonado, por lo que se instalarán en el centro los equipos con características correspondientes al tipo de medida prescrito por la compañía suministradora.

Los equipos empleados corresponderán exactamente con las características indicadas en la Memoria tanto para los equipos montados en la celda de medida (transformadores de tensión e intensidad) como para los montados en la caja de contadores (contadores, regleta de verificación...).

Puesta en servicio.

El personal encargado de realizar las maniobras debe estar debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se deben realizar en el siguiente orden: primero se conecta el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conecta la apartamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

Separación de servicio.

Estas maniobras se deben ejecutar en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

Mantenimiento.

Para dicho mantenimiento se deben tomar las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consiste en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas *CGM.3* de *ORMAZABAL*, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su apartamenta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

5.3.11 INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA

La apartamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

5.3.12 CONTROL

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún la costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

5.3.13 SEGURIDAD

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

5.3.14 LIMPIEZA

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

5.3.15 MANTENIMIENTO

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

5.3.16 CRITERIOS DE MEDICIÓN

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapasp, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la *EIM*.

Capítulo 6

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

6.1. Introducción	136
6.1.1. Objeto	136
6.2. Normas de seguridad y salud aplicables en la obra	136
6.3. Memoria descriptiva	137
6.3.1. Previos	137
6.3.2. Instalaciones provisionales	137
6.3.3. Riesgos y medidas preventivas de los trabajos	139
6.4. Obligaciones del promotor	161
6.5. Coordinadores en materia de seguridad y salud	161
6.6. Plan de seguridad y salud en el trabajo	161
6.7. Obligaciones del contratista y subcontratistas	162
6.8. Obligaciones de trabajadores autónomos	163
6.9. Libro de incidencias	163
6.10. Paralización de los trabajos	164
6.11. Derechos de los trabajadores	164

6.1 INTRODUCCIÓN

6.1.1 OBJETO

El estudio básico tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables en la obra, conforme especifica el apartado 2 del artículo 6 del citado Real Decreto [14].

Igualmente se especifica que a tal efecto debe contemplar:

- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias;
- La relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto);
- Las previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

6.2 NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA

La normativa de seguridad y salud aplicable a las obras de construcción objeto del presente estudio es la siguiente:

- *Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.*
- *Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.*
- *Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, BOE nº 269 del 10/11/95).*
- *Puntos 4.1.3 y 4.4 del Rd 2177/2004, de 12 de noviembre, sobre “ Disposiciones relativas a la utilización de los equipos de trabajo para la realización de trabajos temporales en altura” incorporado como Anexo II al Rd 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, y siendo norma transpuesta de la DIRECTIVA COMUNITARIA 2001/45/CE de 27 de junio de 2001, que se añade al Anexo II de la Directiva 89/655/CEE.*
- *Ordenanza Laboral de la Construcción de 28 de agosto de 1970 en su capítulo XVI excepto secciones primera y segunda.*
- *Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los Trabajadores de Equipos de Protección Individual (R.D. 773 1997 del 30 de Mayo. BOE 12/6/97).*
- *Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los Trabajadores de los Equipos de Trabajo (R.D. 1215/1997 del 18/7/97 BOE 7/8/97).*

- *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Decreto 842/2002 BOE 18/09/2002).*
- *Disposiciones Mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo (R.D. 485/1997 del 14 de Abril. BOE 23/4/97).*
- *Orden por la que se establece el modelo de Libro de Incidencias correspondiente a las obras en las que sea obligatorio un estudio de Seguridad en el Trabajo (O.M.20/9/86 BOE 13/10/97).*
- *Listado y Normas adoptadas en el ámbito de la directiva 89/686/CEE “EPI” (R.D. 1407/1992 del 20/10/92 BOE 28/5/96).*
- *Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los Trabajadores. (R.D. 487/1997 del 14 de Abril. BOE 23/4/97).*
- *Disposiciones mínimas de Seguridad en los lugares de trabajo. (R.D. 486/1997 del 14 de Abril. BOE 23/4/97).*
- *Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción (R.D. 1627/1997 del 24/10/97).*
- *Reglamento de Seguridad en las Máquinas. (R.D. 1494/1986 del 26 de Mayo. BOE 21/7/86).*
- *Reglamento de los Servicios de Prevención (R.D. 39/1997 del 17/1/97 BOE 31/1/97).*
- *Reglamento de Aparatos Elevadores para obras. (O.M. 23/5/77 BOE 14/5/77).*
- *Estatuto de los Trabajadores.*

6.3 MEMORIA DESCRIPTIVA

6.3.1 PREVIOS

Previo a la iniciación de los trabajos en la obra, debido al paso continuado de personal, se acondicionarán y protegerán los accesos, señalizando conveniente los mismos y protegiendo el contorno de actuación con señalizaciones [15] del tipo:

PROHIBIDO APARCAR EN LA ZONA DE ENTRADA DE VEHÍCULOS
PROHIBIDO EL PASO DE PEATONES POR ENTRADA DE VEHÍCULOS
USO OBLIGATORIO DEL CASCO DE SEGURIDAD
PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA
etc.

6.3.2 INSTALACIONES PROVISIONALES

6.3.2.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL

La instalación eléctrica provisional de obra será realizada por firma instaladora autorizada con la documentación necesaria para solicitar el suministro de energía eléctrica a la Compañía Suministradora.

Tras realizar la acometida a través de armario de protección, a continuación se situará el cuadro general de mando y protección, formado por seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar, puesta a tierra y magnetotérmicos y diferencial.

De este cuadro podrán salir circuitos de alimentación a subcuadros móviles, cumpliendo con las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie.

6.3.2.2 INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

Para el caso que nos ocupa el riesgo de incendio [16] puede estar motivado por:

- Acopio de materiales combustibles,
- Trabajos de soldadura,
- Trabajos de llama abierta,
- Instalaciones provisionales de energía,
- Protecciones colectivas.

Según la *UNE-230/0*, y de acuerdo con la naturaleza combustible, los fuegos se clasifican en las siguientes clases:

Clase A.

Denominados también secos, el material combustible son materias sólidas inflamables como la madera, el papel, la paja, etc. a excepción de los metales.

La extinción de estos fuegos se consigue por el efecto refrescante del agua o de soluciones que contienen un gran porcentaje de agua.

Clase B.

Son fuegos de líquidos inflamables y combustibles, sólidos o licuables.

Los materiales combustibles más frecuentes son: alquitrán, gasolina, asfalto, disolventes, resinas, pinturas, barnices, etc.

La extinción de estos fuegos se consigue por aislamiento del combustible del aire ambiente, o por sofocamiento.

Clase C.

Son fuegos de sustancias que en condiciones normales pasan al estado gaseoso, como metano, butano, acetileno, hidrógeno, propano, gas natural.

Su extinción se consigue suprimiendo la llegada del gas.

Clase D.

Son aquellos en los que se consumen metales ligeros inflamables y compuestos químicos reactivos, como magnesio, aluminio en polvo, limaduras de titanio, potasio, sodio, litio, etc.

Para controlar y extinguir fuegos de esta clase, es preciso emplear agentes extintores especiales, en general no se usarán ningún agente exterior empleado para combatir fuegos de la clase A, B, C, ya que existe el peligro de aumentar la intensidad del fuego a causa de una reacción química entre alguno de los agentes

extintores y el metal que se está quemando.

Mantener libres de obstáculos las vías de evacuación, especialmente escaleras. Instrucciones precisas al personal de las normas de evacuación en caso de incendio. Existencia de personal entrenado en el manejo de medios de extinción de incendios.

En nuestro caso, la mayor probabilidad de fuego que puede provocarse se correspondería con las clases A y B.

Se dispondrá de los siguientes medios de extinción, basándose en extintores portátiles homologados y convenientemente revisados:

- 1 extintor de CO_2 de 5 Kg. junto al cuadro general de protección.
- 1 extintor de polvo seco ABC de 6 Kg. en la oficina de obra.
- 1 extintor de CO_2 de 5 Kg. en acopio de líquidos inflamables.
- 1 extintor de CO_2 de 5 Kg. en acopio de herramientas, si las hubiera.
- 1 extintor de polvo seco ABC de 6 Kg. en los tajos de soldadura o llama abierta.

Normas de actuación durante los trabajos:

- Prohibición de fumar en las proximidades de líquidos inflamables y materiales combustibles.
- No acopiar grandes cantidades de material combustible.
- No colocar fuentes de ignición próximas al acopio de material.
- Revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional.
- Retirar el material combustible de las zonas próximas a los trabajos de soldadura.

6.3.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE LOS TRABAJOS

6.3.3.1 TRABAJOS VERTICALES

Riesgos genéricos más frecuentes

- CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL

El principal riesgo que puede darse en la realización de trabajos mediante el uso de técnicas verticales es el riesgo de caídas en altura. Las causas [14] pueden ser:

- Rotura de cuerdas por:
 - Uso inadecuado de cuerdas.
 - Mantenimiento inadecuado de cuerdas.
 - Uso de productos corrosivos sin protección de cuerda.
 - Uso de herramientas mecánicas/manuales cortantes o punzantes sin protección de cuerda.
 - Trabajos de soldadura sin protección de cuerda.
 - Condiciones climáticas adversas.
- Fallo en los elementos de conexión o en algún otro elemento de la cadena.

- Montaje inadecuado de la cabecera.
- Inobservancia de los procedimientos de seguridad específicos en los trabajos verticales.
- Inobservancia de los procedimientos de seguridad en el uso de escaleras de mano y en el uso/montaje de andamios tubulares.
- Falta de utilización de los EPI´s.
- Falta de formación e información a los trabajadores.

- CAÍDAS DE OBJETOS DESPRENDIDOS Y MANIPULADOS

Las caídas de objetos pueden ser tanto herramientas como materiales y pueden afectar tanto a los trabajadores como a terceros. Las causas [14] pueden ser:

- Inobservancia de los procedimientos de seguridad en el montaje de tendidos.
- Falta de utilización de los EPI´s.
- Inobservancia de los procedimientos de seguridad en el transporte y uso de herramientas y material.
- Falta de utilización de los Equipos Colectivos de protección.
- Falta de formación e información a los trabajadores.

- GOLPES Y CORTES POR USO DE HERRAMIENTAS/MÁQUINAS

Este riesgo es uno de los más frecuentes cuando se trabaja con herramientas/máquinas. Las causas pueden ser:

- Falta de utilización de los EPI´s.
- Inobservancia de los procedimientos de seguridad en el transporte y uso de herramientas/máquinas.
- Uso inadecuado de herramientas/máquinas.
- Uso de herramientas/máquinas obsoletas o en mal estado.
- Falta de formación e información a los trabajadores.

- POSICIONES FORZADAS

Las causas [14] pueden ser:

- Inobservancia de los procedimientos de trabajo, en concreto de la programación de pausas periódicas para el descanso de los trabajadores.
- Hacer uso de asiento (silla de trabajo) que no cumple con los requisitos ergonómicos mínimos o carece de los accesorios apropiados para realizar la tarea.
- Falta de formación e información a los trabajadores.

- RIESGOS ASOCIADOS A CONDICIONES CLIMÁTICAS ADVERSAS

Las causas [14] pueden ser:

- Inobservancia de los procedimientos de seguridad en cuanto a la suspensión de los trabajos en regímenes de fuerte viento o lluvias, o de cualquier otra circunstancia meteorológica que ponga en compromiso la seguridad de los trabajadores.
- Falta de formación e información a los trabajadores.

Medidas preventivas para los riesgos genéricos más frecuentes

- CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL

- Los trabajadores deben velar por el perfecto estado de conservación y uso del Equipo Vertical Personal, consultando cualquier duda sobre su correcta utilización. Así mismo solicitará uno nuevo en caso de deterioro o ante cualquier duda razonable sobre el correcto funcionamiento o grado de seguridad de alguno de sus elementos o de su totalidad.
- Es obligatorio el uso de doble cuerda (trabajo y seguridad) en los tendidos de trabajo.
- Es obligatoria la instalación de un mínimo de dos aparatos de progresión o seguridad sobre cuerdas, en todo momento.
- Cuando se haga uso de herramientas calorífugas, el trabajador se suspenderá de cables de acero (5 mm diámetro) o cadenas metálicas, en los últimos 2 metros por encima del trabajador.
- Todos los elementos que componen el Equipo Vertical Personal deben estar sometido a un programa de verificación, comprobación y mantenimiento periódico.

La zona de cabecera comprende los nexos de unión entre el lugar de trabajo y las cuerdas de acceso vertical, tanto de suspensión como de seguridad. Consiste en anclar las cuerdas en la zona superior de trabajo, bien en un anclaje constructivo seguro tal como una caseta de ascensor, chimeneas, etc...o bien en anclajes instalados. La decisión de si un elemento constructivo es seguro, deberá tomarse basándose en la experiencia, inspección y conocimiento de la resistencia de los materiales. En caso de duda se realizarán pruebas de carga a pie de suelo garantizando una carga tres veces superior al peso que soportará en su utilización. Los anclajes instalados se basan en técnicas de anclado pudiendo ser mecánicos o químicos. Su instalación se basa en efectuar una perforación en algún elemento constructivo apropiado e introducir y fijar un vástago metálico que permita conectar mosquetones o cuerdas por su lado exterior. La elección de un anclaje mecánico o químico está determinada por la naturaleza del elemento constructivo al que se va a fijar.

Una vez realizada la instalación de cabecera, que es la responsable de la sujeción primaria del tendido de trabajo, se procede a la instalación de la zona vertical. Esta comprende la instalación de las cuerdas de trabajo y seguridad que permiten acceder al punto de trabajo y en las cuales se conectarán los elementos del equipo personal de acceso de trabajo y de seguridad. El principal problema a solventar es evitar cualquier punto de rozamiento de las cuerdas con la estructura, para ello se emplean diferentes técnicas como fraccionamientos, protecciones anti-roce, desviaciones, pescantes y elementos de suspensión.

En las tareas de montaje de la cabecera se tendrán en cuenta las siguientes normas:

- Deben instalarse sistemas de protección colectiva: barandillas, entablados (huecos horizontales) en todas aquellas zonas en que exista la mas mínima posibilidad de caída de altura y no se encuentren elementos arquitectónicos del propio edificio que ya cumplan esta función (barandillas, escaleras ,etc).
- Solo en las zonas en que se realizan los trabajos mediante técnicas de trabajos verticales(que se realizan mediante un equipo de trabajo y EPIs) no será necesaria la colocación de protecciones colectivas, excepto en aquellas zonas en que puedan situarse operarios que no realizan trabajos suspendidos de cuerdas.

Barandillas:

- Se instalaren en lugares donde exista posibilidad de caída a distinto nivel.
- La altura de las barandillas será de 90 cm. Como mínimo, tendrá una barra horizontal intermedia y otra a nivel de suelo (rodapié). Anchura de las tablas utilizas será de 15 cm.

- Las barandillas deben resistir una carga de 150 Kg. por ml.
- La distancia entre soportes será no superior a 2,5 m. (tipo sargento).
- Prestar especial atención a la rigidez del conjunto.

Pasamanos:

- Si por circunstancias diversas, (funcionalidad, imposibilidad técnica, duración limitada del trabajo, etc.) no se instalaran barandillas, se procedería a la instalación de pasamanos realizados con cuerda, los cuales permiten el correcto anclaje de seguridad de los operarios a través del cabo de anclaje del arnés de seguridad. Pasamanos anclados a elementos constructivos del edificio o mediante anclajes empotrados o químicos.

Entablados:

- Realizados con tablonos y planchas de madera, deben quedar sujetos de manera que no se pueden deslizar. Protección adecuada para protección de huecos horizontales pequeños.

Cuando se haga uso de escaleras manuales se respetarán las siguientes normas:

- No situar la escalera detrás de una puerta que previamente no se ha cerrado. No podrá ser abierta accidentalmente.
- Limpiar de objetos las proximidades del punto de apoyo de la escalera.
- Las superficies deben ser planas, horizontales, resistentes, estables y no deslizantes. La ausencia de cualquiera de estas condiciones pueden provocar graves accidentes.
- Como medida excepcional se podrá equilibrar una escalera sobre un suelo desnivelado a base de prolongaciones sólidas con collar de fijación.
- Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal. Cuando se utilicen para acceder a lugares elevados sus largueros deberán prolongarse al menos un metro por encima de ésta.
- El ascenso y descenso de la escalera se debe hacer siempre de cara a la misma teniendo libres las manos y utilizándolas para subir o bajar los escalones. Cualquier objeto a transportar se debe llevar colgando al cuerpo o cintura.
- Las escaleras no deben utilizarse para otros fines distintos de aquellos para los que han sido construidas. Así, no se deben utilizar las escaleras dobles como simples. Tampoco se deben utilizar en posición horizontal para servir de puentes, pasarelas o plataformas. Por otro lado no deben utilizarse para servir de soportes a un andamiaje ni como plataformas de trabajo.

En cuanto a la elección y montaje de andamios, se debe respetar en todo momento la legislación vigente en la materia. En particular:

- La estructura de los andamios debe estar formada por tubos de acero (pintados o galvanizados) o de aluminio, exentos de cualquier anomalía.
- Las plataformas de trabajo deben ser de madera tratada o de aluminio.
- El acceso a las plataformas de trabajo se debe realizar mediante escaleras en progresión vertical, inclinadas o desde las plantas del edificio mediante pasarelas.
- Las escaleras deben tener una anchura mínima de 40 cm aunque se recomienda que no sea inferior a 50 cm. En el caso de escaleras de acceso vertical, éstas deben estar provistas de guardacuerpos.
- Las pasarelas deben tener el piso unido y estarán instaladas de forma que no puedan bascular o deslizar. Por tanto deben permanecer solidarias a las estructuras portantes.

- Siempre que estén situadas a una altura de 2 m o más, deberán disponer de barandillas de seguridad a ambos lados (pasamano a 900 mm, barra intermedia a 450 mm y rodapié de 150 mm de altura respecto a la superficie de la propia pasarela).
- La resistencia de la pasarela será la adecuada para soportar el peso de las personas que la utilicen además de tener la superficie antideslizante.
- En cualquier caso se evitará la utilización simultánea por parte de dos o más trabajadores de las pasarelas o escaleras.
- Los andamios deben montarse sobre una superficie plana y compactada o en su defecto sobre tablas, tabloncillos planos de reparto o durmientes y debe estar claveteado en la base de apoyo del andamio. No se debe permitir el apoyo sobre ladrillos, bovedillas, etc.
- Los amarres del andamio a la fachada deben realizarse en elementos que ofrezcan la suficiente resistencia. La disposición y el número de amarres deben estar definidos en el plano de montaje.

Los trabajadores deben recibir información y formación específica en los riesgos inherentes a sus tareas.

- CAÍDAS DE OBJETOS DESPRENDIDOS Y MANIPULADOS

- Uso de Equipos de protección Individual, en concreto el casco.
- Con respecto al transporte de herramientas y material, se observarán las siguientes normas de actuación:
 - Las herramientas y materiales más pequeños, se transportarán en la bolsa de trabajo (petate) o en un cubo, cesta o caja. Para evitar caídas accidentales de estos objetos se debe colocar el cubo o petate debajo del punto de instalación.
 - También es posible asegurar las herramientas con cordinos a las cintas que los arneses tienen destinadas a tal fin.
 - Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla.
 - Los materiales líquidos como el agua, se transportarán mediante recipientes cerrados. Cuando se trate de pinturas, se usarán contenedores de pintura de paredes altas, no llenándose más de un tercio de la altura del mismo. Cuando se trate de productos químicos potencialmente agresivos, se tomarán medidas de protección suplementarias tanto para el trabajador como para las cuerdas (uso de fundas 1,5 metros por encima del trabajador).
 - Cuando se utilicen herramientas de corte, se sustituirá el cabo de anclaje por cadena metálica.
 - En ningún caso se dejará colgada la herramienta del cable de suministro de energía.
 - Es importante que la conexión entre el cable de la máquina y el cable de extensión no se pueda desenchufar de manera accidental o por efecto del peso del cable. Para evitar que esto suceda, se realizará un nudo simple con ambos cables (sin apretarlo) de tal forma que el punto de conexión no sufra ninguna tensión.
- Información y formación de riesgos específicos de las tareas a realizar.

- GOLPES Y CORTES POR USO DE HERRAMIENTAS/MÁQUINAS

En cuanto al uso de herramientas/máquinas debemos tener en cuenta las siguientes medidas preventivas [17]:

- Selección de la herramienta/máquina correcta para el trabajo a realizar.
- Mantenimiento de las herramientas/máquinas en buen estado.
- Uso correcto de las herramientas/máquinas.
- Evitar un entorno que dificulte su uso correcto.
- Guardar las herramientas/máquinas en lugar seguro.
- Asignación personalizada de las herramientas/máquinas siempre que sea posible.
- El mantenimiento general de las herramientas/máquinas manuales deberá ser realizado por trabajadores cualificados y siempre siguiendo las instrucciones del fabricante, evitando en todo caso efectuar reparaciones provisionales.

Para el transporte de las herramientas/máquinas se deben tomar las siguientes medidas [17] (*Ver Riesgo de Caída de objetos desprendidos y manipulados*):

- El transporte de herramientas/máquinas se debe realizar en cajas, bolsas o cinturones especialmente diseñados para ello.
- Las herramientas no se deben llevar en los bolsillos sean punzantes o cortantes o no.
- Cuando se deban subir escaleras o realizar maniobras de ascenso o descenso, las herramientas/máquinas se llevarán de forma que las manos queden libres.

- POSICIONES FORZADAS

- Uso de los Equipos de Protección individual.
- Respeto de las pausas periódicas establecidas en la programación de trabajo.
- Limitación de los tiempos de trabajo.
- Aplicación de las técnicas y procedimientos de seguridad en los trabajos verticales.
- Mientras no exista homologación de sillas o asientos de trabajo, estas deberán, no solo garantizar la seguridad de trabajador en todo momento, si no que su diseño las harán cómodas para el trabajador y provistas de todos los accesorios necesarios para realizar sus tareas.
- Información y formación específica en riesgos de sus tareas.

- RIESGOS ASOCIADOS A CONDICIONES CLIMÁTICAS ADVERSAS

- En general, se suspenderán las actividades cuando las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, nieve o hielo, tormentas eléctricas,...) puedan poner en compromiso la seguridad de los trabajadores. Se deben suspender los trabajos en regímenes de viento iguales o superiores a 15 metros por segundo [18].
- Ropa de trabajo adecuada.

Equipos.

- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (*Variarán en función de la tarea a realizar*):

- Casco de seguridad.
- Guantes.
- Ropa de trabajo.
- Calzado de seguridad.

- EQUIPO DE TRABAJO O SUSPENSIÓN

- Arnés de suspensión.
- Cabo de anclaje.
- Mosquetones con seguro.
- Descendedor autobloqueante.
- Bloqueadores de ascenso.
- Cuerda de suspensión.

- EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL ANTICAIDAS

- Arnés anticaídas.
- Cabo de anclaje.
- Mosquetones con seguro automático.
- Bloqueadores anticaídas.
- Cuerda de seguridad.

- PROTECCIONES A TERCEROS

- Medios más habituales: Andamios de protección hasta 4 m, con viseras, plataformas y toldos, Redes y Bandejas colgantes.
- Se cumplirá la normativa específica sobre los sistemas de protección de la vía pública a cumplir en cada municipio.
- Cuando el trabajo a realizar sea de corta duración y el área de trabajo sea pequeña, se instalará una red de protección que envuelva la zona de trabajo.
- Cuando se interviene en la totalidad de la fachada, una protección en la primera planta es imprescindible, y el andamio tubular es lo más adecuado. La protección consta de una plataforma rígida y una lona protectora.

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO

Previsiones iniciales

La instalación de los tendidos de trabajo comprende la zona de cabecera y la zona vertical.

La zona de cabecera comprende los nexos de unión entre el lugar de trabajo y las cuerdas de acceso vertical, tanto de suspensión como de seguridad. Consiste en anclar las cuerdas en la zona superior de trabajo, bien en un anclaje constructivo seguro tal como una caseta de ascensor, chimeneas, etc., o bien en anclajes instalados. La decisión de si un elemento constructivo es seguro, deberá tomarse basándose en la experiencia, inspección y conocimiento de la resistencia de los materiales. En caso de duda se realizarán pruebas de carga a pie de suelo garantizando una carga tres veces superior al peso que soportará en su utilización. Los anclajes instalados se basan en técnicas de anclado pudiendo ser mecánicos o químicos. Su instalación se basa en efectuar una perforación en algún elemento constructivo apropiado e introducir y fijar un vástago metálico que permita conectar mosquetones o cuerdas por su lado exterior. La elección de un anclaje mecánico o químico está determinada por la naturaleza del elemento constructivo al que se va a fijar.

Una vez realizada la instalación de cabecera, que es la responsable de la sujección primaria del tendido de trabajo, se procede a la instalación de la zona vertical. Esta comprende la instalación de las cuerdas de trabajo y seguridad que permiten acceder al punto de trabajo y en las cuales se conectarán los elementos del equipo personal de acceso de trabajo y de seguridad. El principal problema a solventar es evitar cualquier punto de rozamiento de las cuerdas con la estructura, para ello se emplean diferentes técnicas como fraccionamientos, protecciones antirroce, desviaciones, pescantes y elementos de suspensión.

Normas de actuación durante los trabajos

Los trabajadores deben velar por el perfecto estado de conservación y uso del Equipo Vertical Personal, consultando cualquier duda sobre su correcta utilización. Así mismo solicitará uno nuevo en caso de deterioro o ante cualquier duda razonable sobre el correcto funcionamiento o grado de seguridad de alguno de sus elementos o de su totalidad.

Ante cualquier circunstancia que pueda comprometer la seguridad del trabajador, la de otro compañero de trabajo o la de terceras personas, se suspenderán las labores que se vienen realizando.

Es obligatorio el uso del Equipo Individual Anticaídas del Equipo Vertical en todos los trabajos verticales, así como en todas aquellas zonas en las que exista el más mínimo riesgo de caída a distinto nivel, al igual que en todas las maniobras de progresión sobre cuerda (tanto ascenso como descenso).

Es obligatorio el uso de doble cuerda (trabajo y seguridad) en los tendidos de trabajo.

Es obligatoria la instalación de un mínimo de dos aparatos de progresión o seguridad sobre cuerdas, en todo momento.

Es obligatoria la sustitución del cabo de anclaje por cadena metálica, en todos los trabajos que se utilicen máquinas de corte, soldadura o productos químicos que puedan comprometer las condiciones de seguridad del cabo de anclaje.

El descenso a la zona de trabajo se realizará mediante un dispositivo de descenso instalado en la cuerda de suspensión o de trabajo, añadiendo el obligatorio dispositivo anticaídas en la cuerda de seguridad. La velocidad de descenso máxima permitida es de 2 metros por segundo.

Es obligatorio el uso de Equipos de Protección Individual como Guantes, Casco, Mascarilla, Gafas,.. en todos aquellos trabajos en que la normativa y condiciones de seguridad así lo establezcan.

Todos los elementos que componen el Equipo Vertical Personal deben estar sometido a un programa de verificación, comprobación y mantenimiento periódico.

Transporte de materiales de trabajo y de herramientas

Las herramientas y materiales más pequeños, se transportarán en la bolsa de trabajo (petate) o en un cubo, cesta o caja. Para evitar caídas accidentales de estos objetos se debe colocar el cubo o petate debajo del punto de instalación.

También es posible asegurar las herramientas con cordinos a las cintas que los arneses tienen destinadas a tal fin.

Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla.

Las herramientas que resultan incómodas suspendidas del arnés (y obligatoriamente, las que pesen más de 10 Kg), deben anclarse directamente a la cuerda auxiliar, instalada expresamente para este fin.

Los materiales líquidos como el agua, se transportará mediante recipientes cerrados. Cuando se trate de pinturas, se usará contenedores de pintura de paredes altas, no llenándose más de un tercio de la altura del mismo. Cuando se trate de productos químicos potencialmente agresivos, se tomarán medidas de protección suplementarias tanto para el trabajador como para las cuerdas (uso de fundas 1,5 metros por encima del trabajador).

Cuando se utilicen herramientas de corte, se sustituirá el cabo de anclaje por cadena metálica.

En ningún caso se dejará colgada la herramienta del cable de suministro de energía.

Es importante que la conexión entre el cable de la máquina y el cable de extensión no se pueda desenchufar de manera accidental o por efecto del peso del cable. Para evitar que esto suceda, se realizará un nudo simple con ambos cables (sin apretarlo) de tal forma que el punto de conexión no sufra ninguna tensión.

Se suspenderán los trabajos exteriores con herramientas eléctricas durante los periodos lluviosos.

Cuando se haga uso de herramientas calorífugas, el trabajador se suspenderá de cables de acero (5 mm diámetro) o cadenas metálicas, en los últimos 2 metros por encima del trabajador. Esta medida de protección se llevará a cabo mediante la colocación de un bloqueador en la cuerda de trabajo del cual se sujeta el cable o la cadena, estando el trabajador anclado al final de este elemento.

Las herramientas cortantes deberán estar protegidas en su parte cortante con un resguardo retráctil, de tal forma que solo se retirará durante el tiempo de uso [17].

6.3.3.2 ALBAÑILERÍA - MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE EDIFICIOS

Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre personas.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas.
- Dermatitis por uso de cemento.
- Partículas en los ojos.
- Cortes por utilización de máquinas herramientas.
- Respiración de productos pulverulentos (cortes de ladrillos, solados, etc.).
- Sobreesfuerzos.

- Electrocutación.
- Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.

Procedimiento de trabajo seguro

- Herramientas manuales

Adquisición

La persona encargada de la adquisición de herramientas manuales debe conocer el trabajo que han de realizar las herramientas, poseer ideas básicas sobre los distintos tipos de herramientas para adquirir las más acordes a las necesidades de su uso, y buscar suministradores que garanticen su buena calidad.

Adiestramiento - Utilización

Al iniciar cualquier tarea, se debe escoger siempre la herramienta apropiada y revisar que está en buen estado.

El adiestramiento de los trabajadores por parte de los mandos intermedios en el uso correcto de las herramientas es fundamental.

Deberán tomarse las siguientes precauciones:

- Elegir la herramienta idónea al trabajo que se vaya a realizar, considerando la forma, el peso y las dimensiones adecuadas desde el punto de vista ergonómico.
- Las herramientas no deben utilizarse para fines distintos de los previstos, ni deben sobrepasarse las prestaciones para las que están diseñadas.
- Comprobar que los mangos no estén astillados o rajados y que estén perfectamente acoplados y sólidamente fijados a la herramienta (martillos, destornilladores, sierras, limas, etc.).
- Verificar que las mordazas, bocas y brazos de las herramientas de apriete estén sin deformar (llaves, alicates, tenazas, destornilladores, etc.).
- Cuidar que las herramientas de corte y de bordes filosos estén perfectamente afiladas (cuchillos, tijeras, cinceles, etc.).
- Tener en cuenta que las cabezas metálicas no deben tener rebabas.
- Cuando deban emplearse equipos de protección individual, velar que sean certificados.
- Cuando sea necesario se utilizarán herramientas con protecciones aislantes si existe el riesgo de contactos eléctricos y herramientas antichispa en ambientes inflamables.
- Cuando se utilicen herramientas de corte, se sustituirá el cabo de anclaje por cadena metálica.
- Todos los equipos de protección individual deben tener certificado de homologación y ser de uso personal.

Almacenamiento

- Guardar las herramientas perfectamente ordenadas, en cajas, paneles o estantes adecuados, donde cada herramienta tenga su lugar.
- No deben colocarse en pasillos, escaleras u otros lugares elevados desde los que puedan caer sobre los trabajadores.

- La mejor solución es llevar el control centralizado en un solo almacén, pero de no ser posible, se deben realizar inspecciones periódicas sobre su localización y estado. Si las herramientas son personales, se facilitará una mejor conservación de las mismas.

Mantenimiento y reparación

- Revisar periódicamente el estado de las herramientas (mangos, recubrimientos aislantes, afilado, etc.).
- Reparar las que estén defectuosas, si es posible, o desecharlas.
- Nunca deben hacerse reparaciones provisionales que puedan comportar riesgos en el trabajo.
- Las reparaciones deben hacerse, siempre que sea preciso, por personal especializado.

Transporte

Para el transporte de las herramientas se observarán diversas precauciones, como son:

- Utilizar cajas, bolsas y cinturones especialmente diseñados.
 - También es posible asegurar las herramientas con cordinos a las cintas que los arneses tienen destinadas a tal fin.
 - Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla.
 - Para las herramientas cortantes o punzantes utilizar fundas adecuadas.
 - No llevarlas nunca en el bolsillo.
 - Al subir o bajar por una escalera manual deben transportarse en bolsas colgadas de manera que ambas manos queden libres.
- Productos químicos nocivos (Cementos, yesos, alquitrán, etc...)

Etiquetado y fichas de seguridad

Los envases contenedores de sustancias peligrosas deben ir etiquetados por el fabricante o proveedor. Las etiquetas deben indicar el nombre, la concentración y las propiedades de las sustancias, así como información correspondiente al fabricante o entidad comercializadora, y pictogramas, con indicación del tipo de peligro, además de los riesgos específicos (frases R) y consejos de prudencia (frases S). Además, estas sustancias deben ir acompañadas de fichas informativas de seguridad.

Almacenamiento

Un principio básico de seguridad es limitar las cantidades de sustancias peligrosas en los lugares de trabajo a las estrictamente necesarias. Las sustancias deberán ser almacenadas agrupándolas por comunidades de riesgo, depositándolas en recipientes seguros y herméticamente cerrados. Los recipientes metálicos son los más seguros, los de vidrio son frágiles y por ello deben protegerse. Los de plástico, por otra parte, se deterioran por envejecimiento. Las áreas de almacenamiento deben estar protegidas, ventiladas y con control de derrames, aparte de las exigencias propias en función de su peligrosidad y de acuerdo con las prescripciones legales.

Manipulación

Es necesario el empleo de equipos de protección individual, especialmente de cara y manos, cuando se trasvasen sustancias corrosivas.

Los derrames deben eliminarse con medios adecuados como, por ejemplo, neutralizando.

Las operaciones de limpieza de sustancias inflamables o corrosivas deben realizarse con la debida precaución: ventilación, control de posibles focos de ignición, disponibilidad de medios materiales idóneos etc.

Cuando se trate de productos químicos potencialmente agresivos, se tomarán medidas de protección suplementarias tanto para el trabajador como para las cuerdas (uso de fundas 1,5 metros por encima del trabajador).

Procedimientos escritos de trabajo

En todas las operaciones en las que intervengan sustancias peligrosas deberían establecerse procedimientos escritos de trabajo en los que se indiquen, junto a la secuencia de operaciones que se han de realizar, las debidas medidas preventivas.

6.3.3.3 PINTURA

Riesgos más frecuentes:

- Caída de personas.
- Caída de materiales.
- Intoxicación por emanaciones.
- Incendio y/o explosiones.
- Salpicaduras a los ojos.

Procedimiento de trabajo seguro:

- Utilización de productos

Antes de comenzar los trabajos, se debe leer detenidamente la etiqueta del producto. Las etiquetas deben mantenerse en buen estado y no trasvasar los productos a menos que se pueda reproducir la etiqueta con total fiabilidad. Los trabajadores deben conocer el significado de los pictogramas y las frases R y S de las etiquetas.

En caso de urgencia, es posible obtener toda la información necesaria del producto de las fichas de seguridad. Estas fichas amplían la información sobre riesgos contenida en la etiqueta, y además incluyen modos de actuación en caso de emergencia o información acerca de las precauciones a seguir para proteger el medio ambiente.

Muchas de estas sustancias son altamente inflamables por ello se debe evitar almacenarlas y manipularlas en lugares próximos a focos de ignición (equipos de soldadura, equipos mecánicos-chispas, etc).

Hay que prestar especial atención a las condiciones de almacenamiento. Los recipientes deben ser herméticos, pues estas sustancias son muy volátiles y pueden dar lugar a nubes de vapores inflamables, deben almacenarse alejados del sol y focos de calor.

Queda prohibido fumar o comer durante los trabajos con pintura o con las manos manchadas

de ella.

En el puesto de trabajo solo se dispondrá de la cantidad de pintura indispensable para la realización de los trabajos, evitando acumulaciones innecesarias.

En cuanto a la utilización de otros productos tales como decapantes, disolventes, productos anti-humedad, yesos, cementos, etc., deben ser estudiadas las Hojas de Seguridad de los mismos antes de su utilización con el fin de determinar las medidas preventivas que debe adoptarse antes, durante y tras su uso.

Para la utilización de pinturas en los trabajos verticales, se usará contenedores de pintura de paredes altas, no llenándose más de un tercio de la altura del mismo. Cuando se trate de productos químicos potencialmente agresivos, se tomarán medidas de protección suplementarias tanto para el trabajador como para las cuerdas (uso de fundas 1,5 metros por encima del trabajador).

Equipos de protección individual

Será obligatorio el uso del casco, guantes y mono de trabajo.

Cuando la aplicación se haga por pulverización, será obligatorio además el uso de mascarilla buconasal y gafas.

Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos.

6.3.3.4 SOLDADURA

Riesgos más frecuentes:

- Los derivados de las radiaciones del arco voltaico.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Quemaduras.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Heridas en los ojos por cuerpos extraños (picado de cordón de soldadura).

Procedimiento de trabajo seguro:

- Soldadura

Es obligatoria la sustitución del cabo de anclaje por cadena metálica, en todos los trabajos que impliquen soldadura o que puedan comprometer las condiciones de seguridad del cabo de anclaje.

Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla.

Controlar cables y aislamientos antes de usar.

Si los terminales o enchufes están en mal estado, comunicarlo inmediatamente a su superior.

Revisar los aislamientos de los cables eléctricos al comenzar cada tarea desechando todos aquellos que no están en perfecto estado.

En ningún caso se dejará colgada la herramienta del cable de suministro de energía.

Es importante que la conexión entre el cable de la máquina y el cable de extensión no se pueda desenchufar de manera accidental o por efecto del peso del cable. Para evitar que esto suceda, se realizará un nudo simple con ambos cables (sin apretarlo) de tal forma que el punto de conexión no sufra ninguna tensión.

Se evitara que los cables descansen sobre objetos calientes, charcos, bordes afilados o cualquier otro lugar que pudieran dañarlos.

Se evitara que pasen vehículos por encima o que sean golpeados o que las chispas de soldadura caigan sobre los cables.

Cuando los cables de soldar opongan resistencia al manejarlos, no se tirara de ellos.

El cable de masa se conectara sobre la pieza a soldar o lo mas cerca que sea posible.

Antes de realizar cualquier modificación en la maquina de soldar se cortará la corriente, incluso cuando la movemos.

No dejar conectadas las maquinas de soldar en los momentos de suspender momentáneamente las tareas.

Los trabajos de soldadura se realizarán con los Equipos de protección individual necesarias: gafas y pantalla, guantes, mandil, polainas, etc.

El descascarillado de los cordones de soldadura se realizará con protección ocular.

Se suspenderán los trabajos de soldadura bajo el régimen de lluvias, en prevención del riesgo eléctrico.

Los porta electrodos tendrán el soporte de manutención en material aislante de la electricidad. Se controlará que el soporte utilizado no esté deteriorado.

Las operaciones de soldadura en zonas húmedas o muy conductoras de la electricidad no se realizarán con tensión superior a 50 voltios. El grupo de soldadura estará en el exterior del recinto en el que se efectúe la operación de soldar.

Las operaciones de soldadura en condiciones normales no se realizarán con tensiones superiores a 150 voltios si los equipos están alimentados por corriente continua.

Equipos de protección individual.

- Casco de seguridad.
- Pantalla de soldadura de sustentación manual.

- Gafas de seguridad para protección de radiaciones por arco voltaico.
- Mono de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Manguitos, polainas y mandil de cuero.
- Guantes aislantes (maniobras en el grupo bajo tensión).
- El Equipo Vertical Personal se complementará con una cadena que sustituirá al cabo de anclaje en la zona en la que se estén realizando los trabajos de soldadura.

6.3.3.5 RIESGOS Y MEDIDAS EN EL USO DE MÁQUINAS/HERRAMIENTAS

HERRAMIENTAS MANUALES.

- En cuanto al uso de herramientas debemos tener en cuenta las siguientes medidas preventivas [19]:
 - Selección de la herramienta correcta para el trabajo a realizar.
 - Mantenimiento de las herramientas en buen estado.
 - Uso correcto de las herramientas.
 - Evitar un entorno que dificulte su uso correcto.
 - Guardar las herramientas en lugar seguro.
 - Asignación personalizada de las herramientas siempre que sea posible.

El mantenimiento general de las herramientas/máquinas manuales deberá ser realizado por trabajadores cualificados y siempre siguiendo las instrucciones del fabricante, evitando en todo caso efectuar reparaciones provisionales.

- Para el transporte de las herramientas se deben tomar las siguientes medidas:
 - El transporte de herramientas se debe realizar en cajas, bolsas o cinturones especialmente diseñados para ello.
 - Las herramientas no se deben llevar en los bolsillos sean punzantes o cortantes o no.
 - Cuando se deban subir escaleras o realizar maniobras de ascenso o descenso, las herramientas se llevarán de forma que las manos queden libres.
- Información y formación específica en riesgos de sus tareas.
- Uso de los Equipos de Protección Individual

Máquinas - Herramientas

MARTILLO PICADOR

Riesgos más frecuentes

- Vibraciones en extremidades y en órganos internos del cuerpo.
- Polvo ambiental.
- Ruido.
- Sobreesfuerzos.

- Rotura de manguera bajo presión.
- Proyección de objetos y/o partículas.
- Los derivados de la ubicación del puesto de trabajo.
- Caídas de objetos.

Procedimientos de trabajo seguro

Sé prohíbe el uso de martillos al personal no autorizado en previsión de los riesgos por impericia.

Antes de accionar el martillo, comprobar que está perfectamente amarrado el puntero.

Si se observa deteriorado o gastado, el puntero, se debe cambiar por uno nuevo.

No abandonar nunca el martillo conectado el circuito de presión.

Comprobar que las conexiones eléctricas están en correcto estado. Sustituir los elementos defectuosos.

Atención especial al riesgo de electrocución.

Para martillos eléctricos, revisar motor, cable y enchufes, con personal y equipo adecuados y teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante.

Situar la manguera de suministro eléctrico de modo que no se tropiece con ella ni pueda ser dañada.

Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla [20].

Equipos de protección individual

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Protección auditiva adecuada.
- Faja antivibraciones/muñequera.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

MÁQUINA DE AGUA A PRESIÓN

Riesgos más frecuentes

- Contacto con la energía eléctrica.
- Atrapamientos.
- Erosiones en las manos.

- Posturas forzadas.
- Cortes.
- Golpes por fragmentos en el cuerpo.

Procedimientos de trabajo seguro

Se comprobará diariamente el buen estado de la máquina, retirando del servicio aquellas máquinas que ofrezcan deterioros que impliquen riesgos para los operarios. Se evitarán las reparaciones improvisadas de la máquina a pie de obra.

Se mantendrá el buen estado de conservación todos los componentes de la máquina y, en concreto, el cable de suministro eléctrico y el enchufe.

Para evitar riesgos de proyecciones, durante el desarrollo de las tareas de limpieza será imprescindible el uso de EPI's destinados a tal uso (pantallas, gafas, mascarillas, etc..)

No se deben adaptar accesorios diferentes a los autorizados en los manuales y mucho menos de "fabricación casera".

Las carcasas tienen que estar libres de roturas o fisuras. Además cualquier ruido anómalo o extraño debe ser motivo para apagar la máquina y que esta sea revisada en el servicio técnico autorizado.

Se deben evitar las sobrecargas de la máquina, se debe usar dentro del margen de potencia indicado en el manual.

El operario debe evitar adoptar posturas anormales. Debe mantener una posición firme sobre la base de apoyo y conservar el equilibrio en todo momento.

Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla.

Evitar los arranques involuntarios de la máquina. La máquina no debe ser transportada conectada a la red y con las manos apoyadas en el interruptor. Asegúrese de que está apagada en el momento de enchufarla.

Equipos de protección individual

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

SIERRA RADIAL

Riesgos más frecuentes

- Cortes y amputaciones en extremidades superiores.

- Descargas eléctricas.
- Rotura del disco.
- Ruido.
- Proyección de partículas.
- Incendios.

Procedimientos de trabajo seguro

Es obligatoria la sustitución del cabo de anclaje por cadena metálica, en todos los trabajos en los que se utilicen máquinas de corte que puedan comprometer las condiciones de seguridad del cabo de anclaje.

Antes de su puesta en marcha, el operador comprobará el buen estado de las conexiones eléctricas, la eficacia del doble aislamiento de la carcasa y el disyuntor diferencial para evitar riesgos de electrocución. Los cables y enchufes deben estar en buenas condiciones, sin roturas ni empates, secos y apartados del radio de acción de la máquina.

No se deben adaptar accesorios diferentes a los autorizados en los manuales y mucho menos de “fabricación casera”.

Las carcasas tienen que estar libres de roturas o fisuras. Además cualquier ruido anómalo o extraño debe ser motivo para apagar la máquina y que esta sea revisada en el servicio técnico autorizado.

La sierra de debe usar teniendo las manos secas y limpias de grasas o aceites.

El cambio de accesorios de la máquina (por ejemplo, el disco) se hará con la máquina apagada y, si puede ser, desenchufada, cerciorándose de que el disco gira en el sentido correcto.

No se expondrán las herramientas eléctricas a la lluvia ni se utilizarán cerca de líquidos o gases inflamables.

Se deben evitar las sobrecargas de la máquina, se debe usar dentro del margen de potencia indicado en el manual.

El operario debe evitar adoptar posturas anormales. Debe mantener una posición firme sobre la base de apoyo y conservar el equilibrio en todo momento.

Evitar los arranques involuntarios de la máquina. La máquina no debe ser transportada conectada a la red y con las manos apoyadas en el interruptor. Asegúrese de que está apagada en el momento de enchufarla.

Las herramientas de mayor tamaño no se llevarán en bolsas de trabajo sin asegurarlas mediante un cordino independiente. Este podrá estar anclado a una cuerda auxiliar de suspensión para herramientas o directamente a las anillas dispuestas en el arnés del trabajador o a la silla.

El disco llevará carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos de órganos móviles.

Equipos de protección individual

- Casco homologado.

- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Mascarilla antipolvo.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Calzado con plantilla anticlavo.

TALADRO PORTÁTIL

Riesgos más frecuentes

- Contacto con la energía eléctrica.
- Atrapamientos
- Erosiones en las manos.
- Cortes.
- Golpes por fragmentos en el cuerpo.
- Los derivados de la rotura de la broca.
- Los derivados del mal montaje de la broca.

Procedimientos de trabajo seguro

Se comprobará diariamente el buen estado de los taladros portátiles, retirando del servicio aquellas máquinas que ofrezcan deterioros que impliquen riesgos para los operarios.

La conexión o suministro eléctrico a los taladros portátiles, se realizará mediante manguera antihumedad a partir del cuadro de planta, dotada con clavijas macho-hembra estancas.

Se limpiará correctamente el cono del eje antes de ajustar una broca.

Con respecto al cable de suministro de energía, seguiremos las siguientes instrucciones:

- Revíselo por si tuviera cortes, alambres sin cubrir y por si las conexiones al enchufe o al alojamiento estuvieran flojas. A menos que el taladro posea aislamiento doble, asegúrese de que esté puesto a tierra y de que no se haya cortado la tercera patilla del enchufe.
- Use solamente cables de extensión puestos a tierra y que estén colocados de manera que no ocasionen tropiezos. Por motivos obvios, no es deseable que le arranquen de golpe el taladro eléctrico de las manos; además, si otra persona se tropieza con el cable, los dos podrían resultar lesionados.

Debemos comprobar que la broca haya entrado recta en la mordaza. Sujete el taladro y póngalo en marcha durante un momento. La broca debe girar perfectamente y sin bambolear. De no ser así, la broca no está recta o ha entrado torcida en la mordaza.

Iniciar la perforación al ángulo correcto y mantenerlo recto requiere mano firme y cuidado. Si no se sujeta el taladro en la posición correcta, la broca podría curvarse o romperse, haciendo que el metal salga despedido. Utilice un punzón puntiagudo para empezar a taladrar correctamente.

Equipos de protección individual

- Casco de polietileno.

- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.

6.3.3.6 TAREAS DE LIMPIEZA

Riesgos más frecuentes:

- Riesgo de inhalación o ingestión de productos químicos tóxicos o nocivos.
- Riesgo de irritación en los ojos o en la piel por salpicadura o contacto con productos químicos irritantes.
- Riesgo de quemaduras por contacto con productos químicos corrosivos.
- Riesgo por mantenimiento de posturas forzadas.

Riesgos más frecuentes:

Los trabajadores deberán seguir las siguientes recomendaciones durante los trabajos de limpieza:

- No utilizar productos químicos distintos a los recomendados por la empresa.
- No mezclar nunca productos químicos para no crear sustancias peligrosas.
- No cambiar el producto de su envase original.
- No fumar, comer, beber o mascar chicle cuando se están manejando productos químicos.
- Aleja los productos químicos de las fuentes de calor.
- Mantener los productos químicos bien cerrados y ordenados en un lugar seco.
- Se recomienda orden y limpieza en las tareas de manipulación de sustancias peligrosas, para evitar que se derramen accidentalmente.

Etiquetado de productos de limpieza

La etiqueta contiene los pictogramas que describen los efectos de los componentes del producto sobre las personas.

Siempre aparecerán unas frases que indican claramente los riesgos que conlleva el uso del producto y otras frases que nos dan consejos de prudencia para saber como usarlos y como guardarlos.

Se indica el número de teléfono del Instituto Nacional de Toxicología para acudir a ellos en caso de ingestión accidental.

Equipos de protección individual

- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de polietileno, latex, etc.
- Calzado adecuado.

6.3.3.7 RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA EL USO DE MEDIOS AUXILIARES

ANDAMIOS TRANSPORTABLES

Riesgos más frecuentes

- Caídas al mismo y a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Golpes por objetos.
- Sobreesfuerzos.

Procedimientos de trabajo seguro

Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales más de 40 cm. para evitar el riesgo de vuelco.

La distancia entre borriquetas no será superior a 2,5m. para evitar grandes flechas.

Las plataformas de trabajo tendrán una anchura mínima de 60 cm.

Los andamios móviles, las ruedas no serán nunca soporte del andamio cuando se trabaje en el, debiendo quedar calzados con gatos.

Los trabajos en andamios de borriquetas en los balcones, tendrán que ser protegidos de los riesgos de caídas de alturas a distinto nivel mediante la colocación de cuerdas de seguridad ancladas a puntos fuertes de la estructura, cuerdas a las que nos uniremos mediante la boga de anclaje del arnés de seguridad.

Equipos de protección individual

- Calzado antideslizante.
- Ropa de trabajo.
- Casco de polietileno, preferiblemente con barbuquejo.
- Arnés de seguridad.

ESCALERAS DE MANO

Riesgos más frecuentes

Todos ellos en función de la ubicación, sistema de apoyo de la escalera o por rotura de los elementos constituyentes:

- Caídas al mismo y a distinto nivel.
- Deslizamiento por incorrecto apoyo.
- Vuelco lateral por apoyo irregular.
- Rotura por defectos ocultos.

Procedimientos de trabajo seguro

Las escaleras de mano de madera, tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos, los

peldaños estarán ensamblados, estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para no ocultar los posibles defectos y se guardarán a cubierto.

Las escaleras metálicas estarán protegidas de las agresiones de intemperie (pintadas con pinturas antioxidación o aluminio anodizado), los largueros serán de una sola pieza sin uniones soldadas, deformaciones ni abolladuras.

Las escaleras de tijera cumplirán lo descrito anteriormente según sean de madera o metálicas, estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura y hacia la mitad de su altura de cadenilla de limitación de apertura, se utilizarán siempre como tales abriendo ambos largueros a su máxima apertura para no mermar su seguridad, no se utilizarán nunca como borriquetas.

Se prohíbe la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.

Estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad amarrándose en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso, sobrepasando al menos en 90 cm la altura a salvar, instalándose de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.

Se prohíbe transportar pesos a mano superiores a 25 kg. sobre las escaleras de mano.

El ascenso y descenso a través de las escaleras de mano se efectuará frontalmente y por un solo operario.

Se prohíbe utilizar las escaleras de mano como plataformas de trabajo.

Equipos de protección individual

- Calzado antideslizante.
- Casco de polietileno.

BARANDILLAS Y PLINTOS

Procedimientos de trabajo seguro

Las barandillas y plintos o rodapiés serán de materiales rígidos y resistentes.

La altura de las barandillas será de 90 cm como mínimo a partir del nivel del piso, y el hueco existente entre el plinto y la barandilla estará protegido por una barra horizontal o listón intermedio, o por medio de barrotes verticales, con una separación máxima de 15 cm.

Los rodapiés tendrán una altura mínima de 15 centímetros sobre el nivel del piso.

Las barandillas serán capaces de resistir una carga de 150 kilogramos por metro lineal.

6.4 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos. La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades. El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del *R.D. 1627/1997*, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

6.5 COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona. El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

1. Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
2. Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del *R.D. 1627/1997*.
3. Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
4. Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
6. Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

6.6 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud o por la Dirección Facultativa, en su caso. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por

la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa [14].

6.7 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTAS

El contratista y subcontratista están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
 - Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
 - Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del *R.D. 1627/1997*.
4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.
5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades del coordinador, Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

6.8 OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTÓNOMOS

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del *R.D. 1627/1997*.
3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el *R.D. 1215/1997*.
6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el *R.D. 773/1997*.
7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

6.9 LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente, notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

6.10 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

6.11 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

Capítulo 7

CONCLUSIONES

El capítulo final del documento tiene como objetivo resaltar las principales conclusiones extraídas de la realización de este Trabajo de Fin de Grado, en el que se ha definido, justificado y documentado las instalaciones eléctricas que permitan el correcto funcionamiento del polígono industrial en estudio, teniendo en cuenta toda la normativa y reglamentación vigente necesaria.

En primer lugar, el suministro de energía eléctrica de Media Tensión se realizará por un centro de transformación prefabricado de *Ormazabal*, con dos transformadores de 1250 kVA cada uno. La distribución en Baja Tensión partirá del Cuadro General de Baja Tensión y será enterrada bajo tubo, con tres niveles de distribución. En cuanto a la iluminación de las vías de acceso, se realizará con 88 luminarias LED de 55 W en columna a tresbolillo, proyectando una iluminancia media de 16.2 lux en carreteras y 6.55 lux en aceras peatonales. Dicha iluminación, que tendrá calificación energética A, se podrá controlar mediante tecnología *ZigBee*, de cara a obtener una buena eficiencia energética.

Las instalaciones eléctricas estarán debidamente protegidas contra sobrecargas, cortocircuitos, sobretensiones y contactos directos e indirectos. Se contará también con una batería de condensadores para la mejora del factor de potencia de la instalación.

El autor del presente documento considera que la memoria junto con el resto de capítulos del presente documento sean adecuados para que dichas instalaciones eléctricas proyectadas queden lo suficientemente descritas para su correcta ejecución, así como obtener de los Organismos Competentes la autorización administrativa de aceptación del proyecto y ejecución de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DmELECT. Website. Último acceso febrero 2019. <http://www.dmelect.com/>.
- [2] DIAL - DIALux EVO for lighting design. Website. Último acceso febrero 2019. <https://www.dial.de/es/home/>.
- [3] AutoCAD - CAD software. Website. Último acceso marzo 2019. <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>.
- [4] The L^AT_EXProject. Website. Último acceso febrero 2019. <https://www.latex-project.org/>.
- [5] Real Decreto 337/2014. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, mayo de 2014. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084>.
- [6] Real Decreto 842/2002. Reglamento electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, agosto de 2002 y actualizaciones 2010-2014-2015-2017. http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx.
- [7] C. E. de Iluminación CEI. *Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior*. Editado por E. MIC. Mayo de 2018.
- [8] M. Muñoz. Apuntes "Centros de Transformación e instalaciones de Baja Tensión", diciembre de 2017.
- [9] ZigBee Alliance. Website. Último acceso mayo 2019. <https://www.zigbee.org/>.
- [10] I. Vijayalakshmi y T. Bhavani. Zigbee based remote control automatic street light system. *International Journal of Research*, octubre de 2016.
- [11] Real Decreto 1890/2008. Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior e Instrucciones Técnicas Complementarias, noviembre de 2008. <https://www.fomento.es/carreteras/normativa-tecnica/13-iluminacion/reglamento-de-eficiencia-energetica-en-instalaciones-de-alumbrado-exterior-rd-18902008>.

- [12] F. J. B. Outeiriño, F. J. Q. Latorre, C. D. M. Moreno, J. M. F. Arias, I. M. García y M. M. López. *Streetlight Control System Based on Wireless Communication over DALI Protocol*. Abril de 2016.
- [13] Real Decreto 314/2006, por el que se establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos. Marzo de 2006. <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>.
- [14] Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Abril de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>.
- [15] Real Decreto 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Abril de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>.
- [16] Real Decreto 513/2017, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Mayo de 2017. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-6606.
- [17] Real Decreto 487/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores. Abril de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8670>.
- [18] Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Mayo de 1997. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-11144>.
- [19] Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Mayo de 1997. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-12735>.
- [20] Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Julio de 1997. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-17824>.
- [21] Real Decreto 1955/2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Diciembre de 2000.
- [22] EN 13201:2015, nuevo estándar para iluminación de carreteras, 2015.
- [23] Ley 31/1995, de prevención de riesgos laborales, noviembre de 1995. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>.
- [24] Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Octubre de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-22614>.

- [25] Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Abril de 2001. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-17824>.
- [26] J. M. M. Azcárraga. *Eficiencia energética eléctrica. Empleo de la electricidad*, volumen 4. IEEE, 2006.
- [27] Serie STREET [O3] aparato LED para iluminación vial. Gewiss, Website. Último acceso marzo 2019. <https://www.gewiss.com/es/es/products/experience-catalogue/catalogs/series/lighting/street-o3-range-street-lighting-led-system>.
- [28] Catálogo - LIGHT. Benito-Light, Website. Último acceso marzo 2019. http://www.benito.com/prod/cat/CAT_BENITO_LIGHT.pdf.
- [29] Catálogo 2019. Light is life. ES-SYSTEM, Website. Último acceso marzo 2019. <https://www.essystem.pl/en/download/catalogs>.
- [30] D-Light 2 module. Heper, Website. Último acceso marzo 2019. <http://www.heper.eu/en/technical/road-lighting-luminaries/d-light-2-module>.
- [31] Centro de Transformación Prefabricado de Superficie (PFU). Ormazabal, Website. Último acceso marzo 2019. <https://www.ormazabal.com/sites/default/files/descargas/IG-032-ES-04.pdf>.
- [32] Iluminet. La utilidad de las curvas fotométricas. *Iluminet. Revista de iluminación online*, agosto de 2017.
- [33] Presto - BIM software. Website. Último acceso marzo 2019. <https://www.ribbon-software.es/presto.html>.

Apéndice A

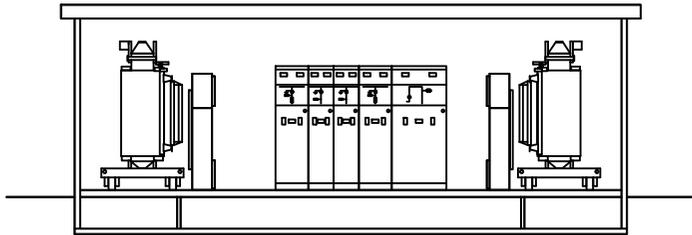
PLANOS

ÍNDICE

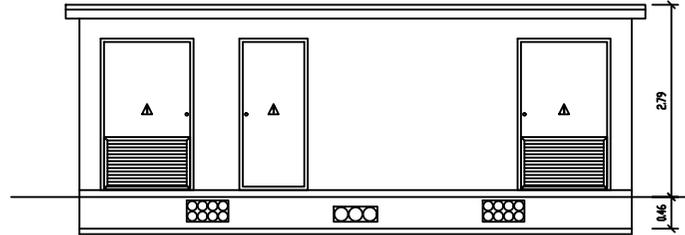
A.1. Situación	172
A.2. Distribución del Centro de Transformación	173
A.3. Puestas a tierra del Centro de Transformación	174
A.4. Esquema unifilar del Centro de Transformación	175
A.5. Esquema unifilar. Salidas del CGBT	176
A.6. Esquema unifilar. Salidas del CGBT (continuación)	177
A.7. Esquema unifilar. S1 PAR. CL1	178
A.8. Esquema unifilar. S1 PAR. CL1 (continuación)	179
A.9. Esquema unifilar. S1 PAR. CL2	180
A.10. Esquema unifilar. S1 PAR. CL3	181
A.11. Esquema unifilar. S1 PAR. CL4	182
A.12. Esquema unifilar. S1 PAR. CL5	183
A.13. Esquema unifilar. S1 PAR. CL5 (continuación)	184
A.14. Distribución a alumbrado Zona 1	185
A.15. Distribución a alumbrado Zona 2	186
A.16. Distribución a alumbrado Zona 3	187
A.17. Distribución a alumbrado Zona 4	188
A.18. Distribución a alumbrado Zona 5	189
A.19. Distribución a alumbrado Zona 6	190



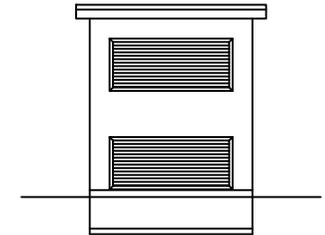
"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"	
PLANO:	SITUACIÓN
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zarátán	
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN
PLANO Nº:	01
FECHA:	JUNIO 2019
ESCALA:	S/E
	 



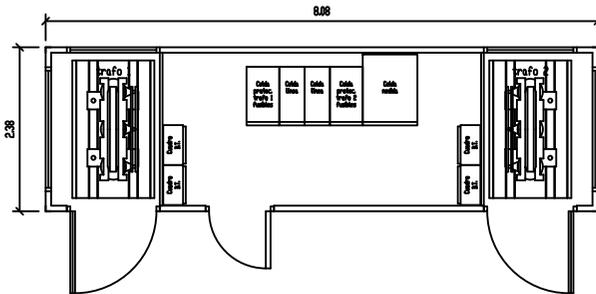
SECCIÓN TRANSVERSAL



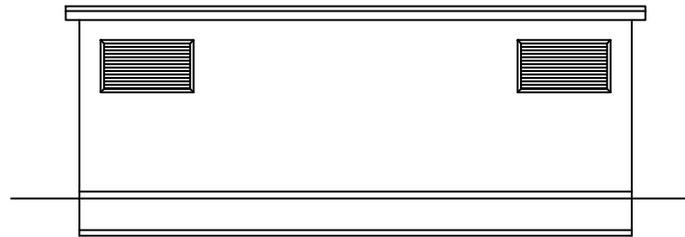
ALZADO FRONTAL



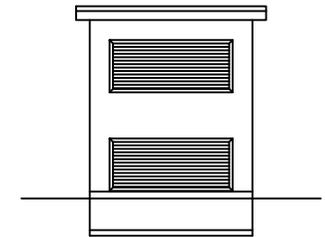
ALZADO LATERAL DERECHO



PLANTA

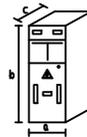


ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZQUIERDO

DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN
8.88 m ancho x 3.18 m fondo x 0.56 m prof.



DIMENSIONES CELDAS

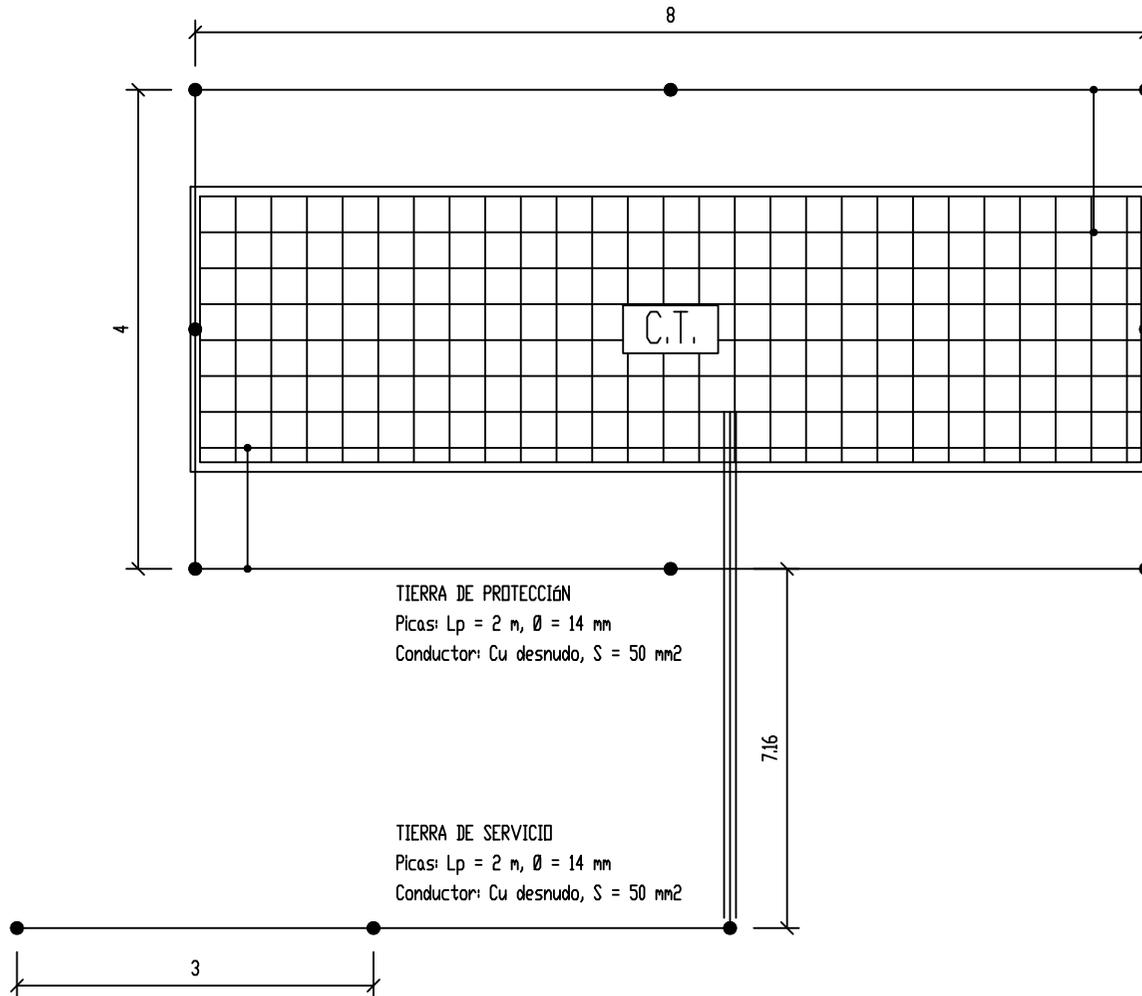
Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Prot. Fusibles	0.48	1.8	0.85
Línea	0.37	1.8	0.85
Línea	0.37	1.8	0.85
Prot. Fusibles	0.48	1.8	0.85
Medida	0.8	1.8	1.03

"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión
y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO: Distribución del centro de transformación	PLANO Nº: 02
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA: JUNIO 2019
REALIZADO POR: SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA: S/E



PUESTAS A TIERRA



TIERRA DE PROTECCIÓN
 Configuración: 80-40/5/82
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Número de picas: 8
 Longitud picas: 2

NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, como mínimo. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

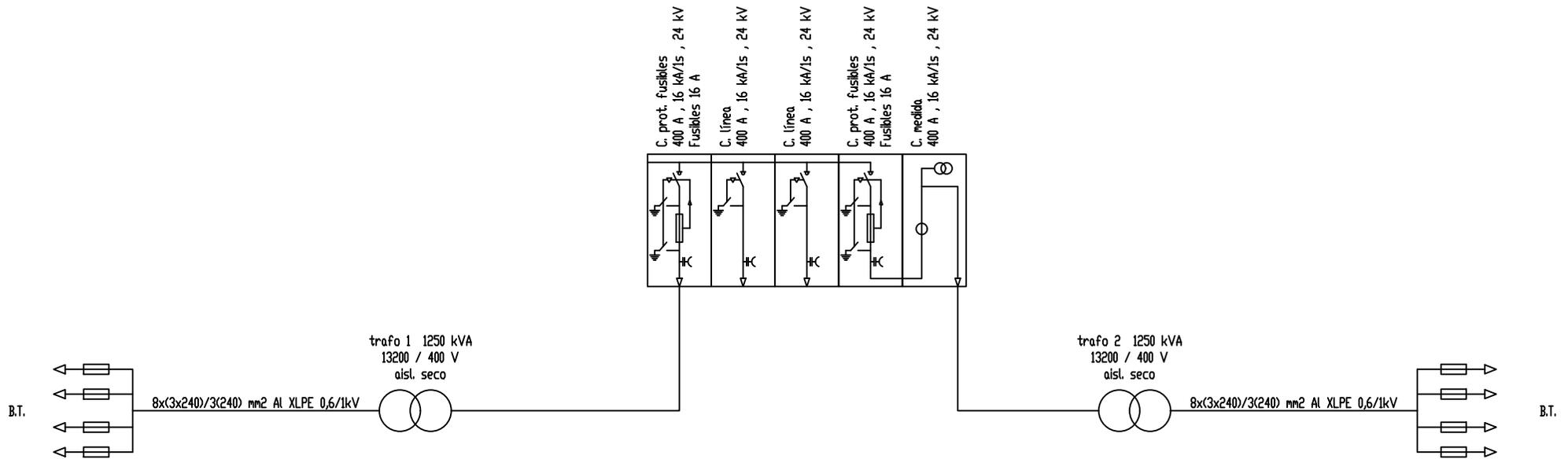
TIERRA DE SERVICIO
 Configuración: 5/32
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Separación picas: 3 m
 3 picas en hilera unidas por conductor horizontal
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm² en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)

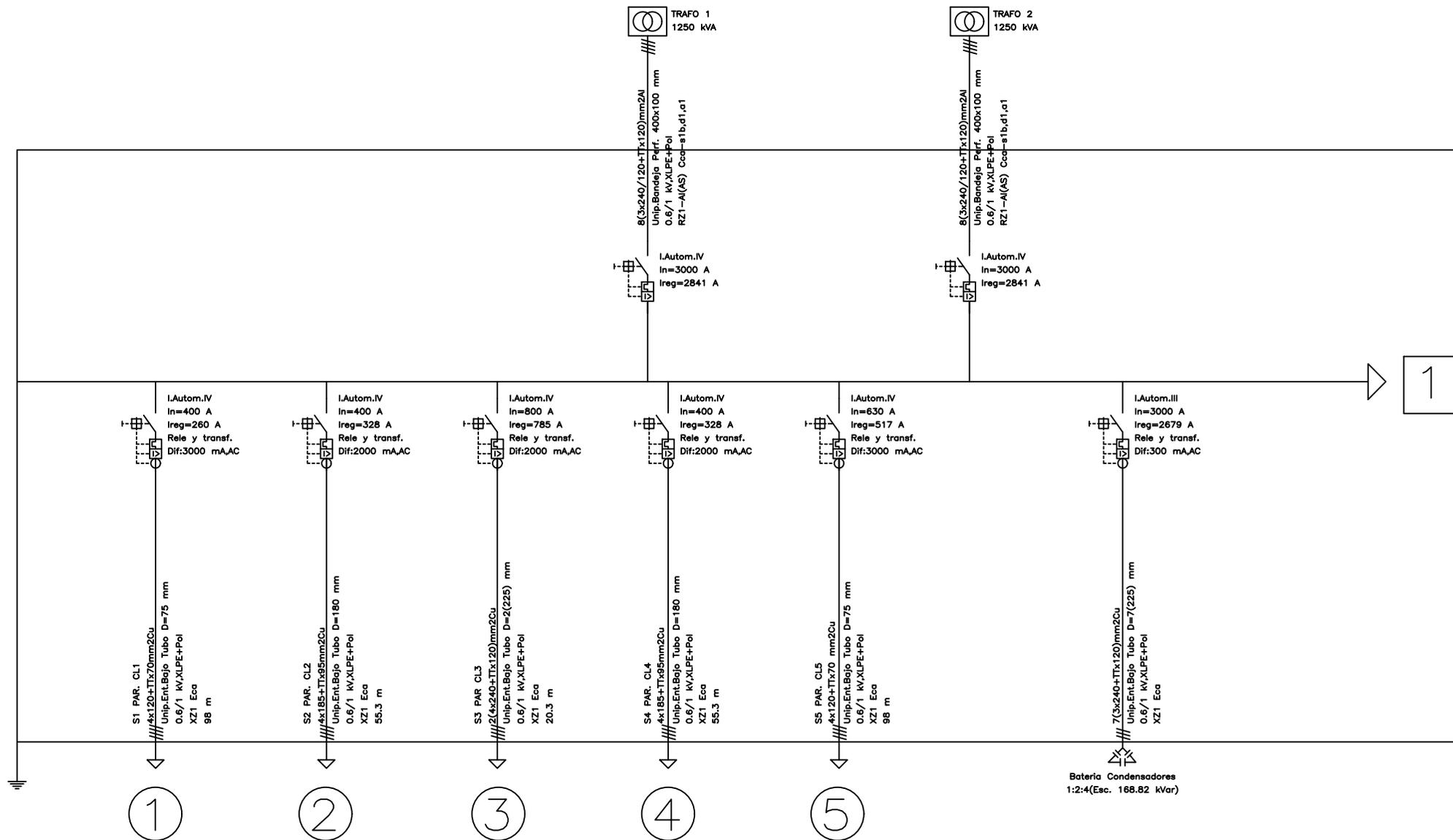
"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO: Puestas a tierra del centro de transformación	PLANO Nº: 03
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA: JUNIO 2019
REALIZADO POR:	ESCALA: S/E
SERGIO IGLESIAS MARTÍN	

ESQUEMA UNIFILAR



"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"		
PLANO:	Esquema unifilar centro de transformación	PLANO Nº: 04
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA: JUNIO 2019
		ESCALA: S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN	
		

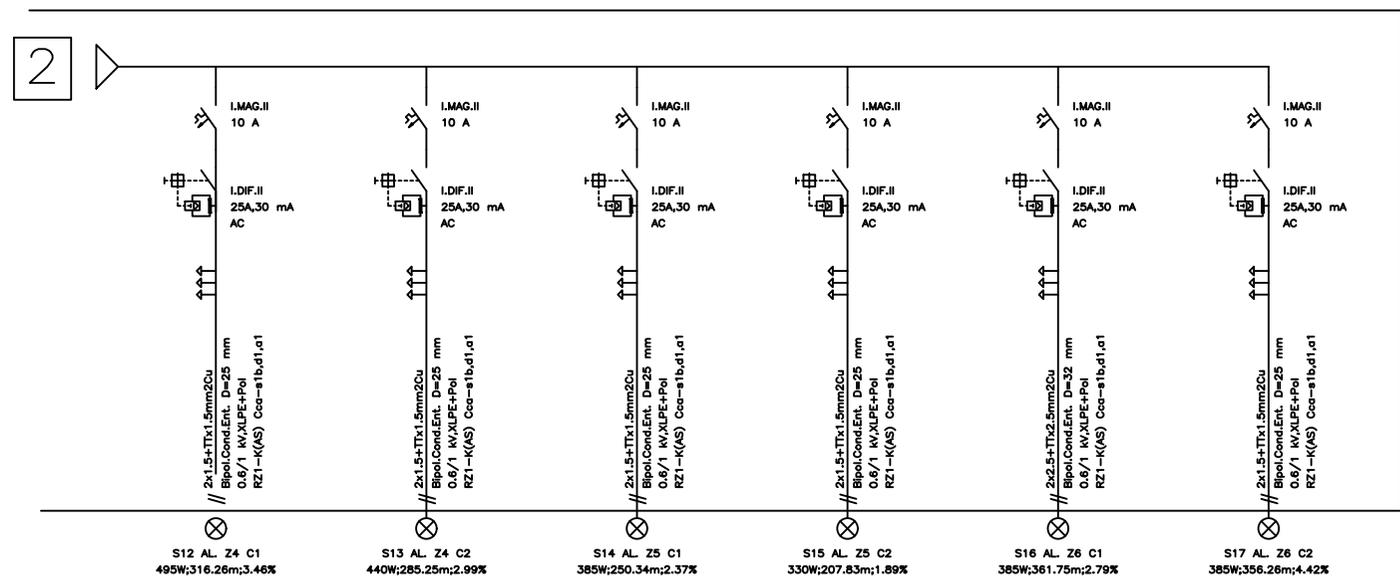
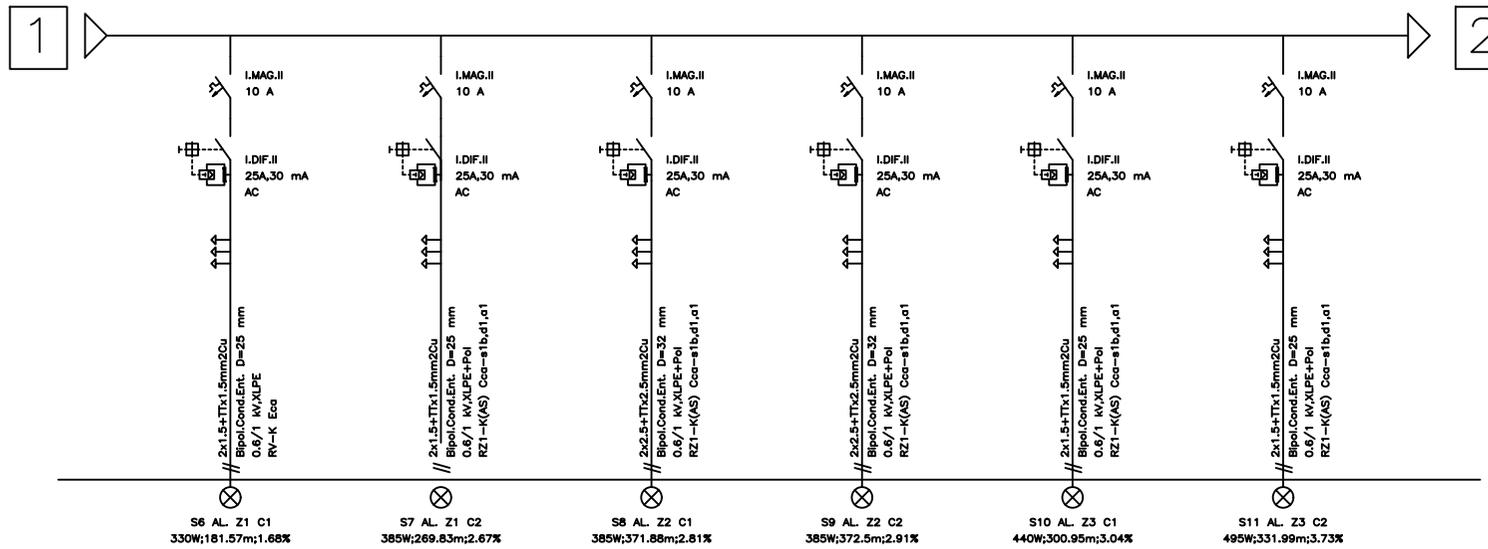


1

"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión
y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Esquema unifilar. Salidas de CGBT	PLANO Nº:	05
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zarátán		FECHA:	JUNIO 2019
		ESCALA:	S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN		





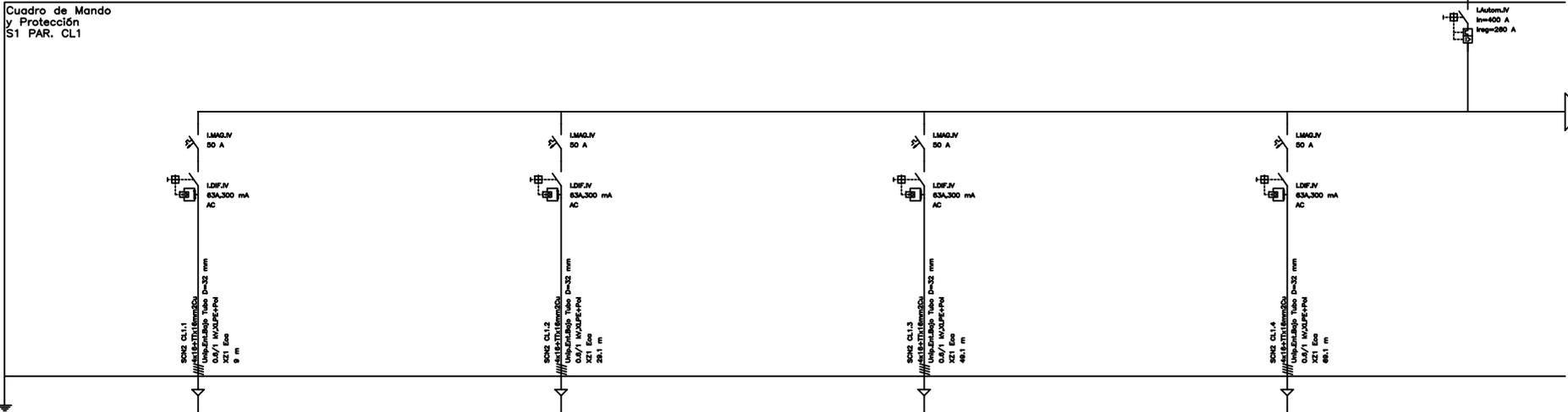
**"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión
y Baja Tensión de un polígono industrial"**

PLANO: Esquema unifilar. Salidas de CGBT (continuación)	PLANO Nº: 06
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA: JUNIO 2019
REALIZADO POR: SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA: S/E



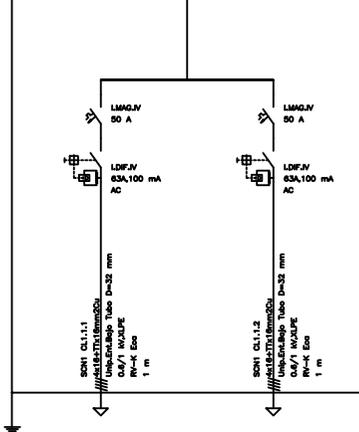
1

Cuadro de Mando y Protección S1 PAR. CL1

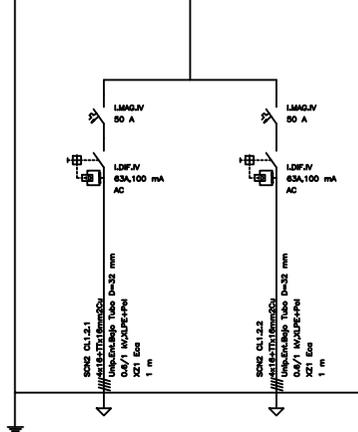


3

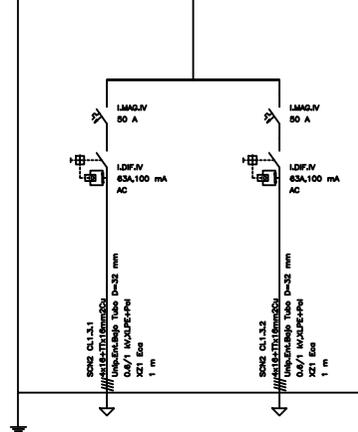
Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL1.1



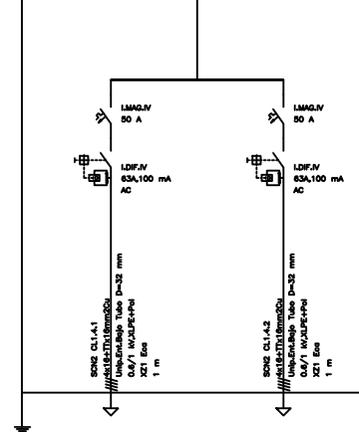
Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL1.2



Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL1.3



Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL1.4

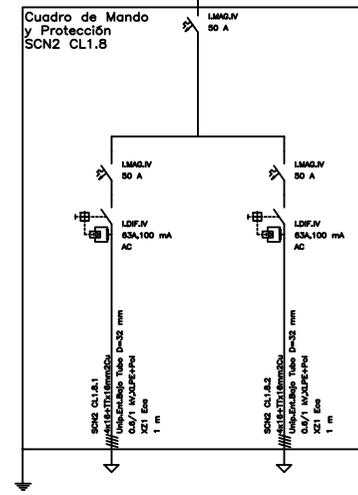
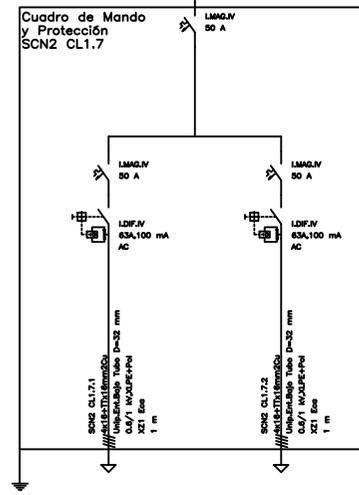
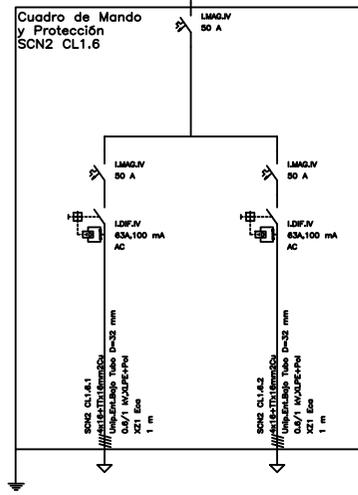
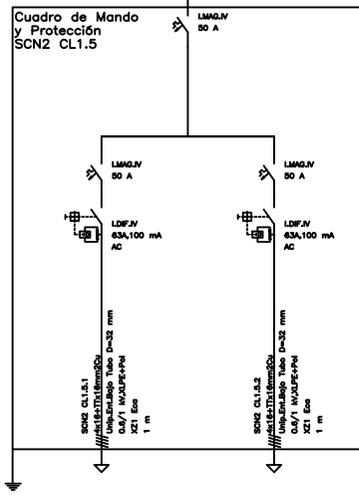
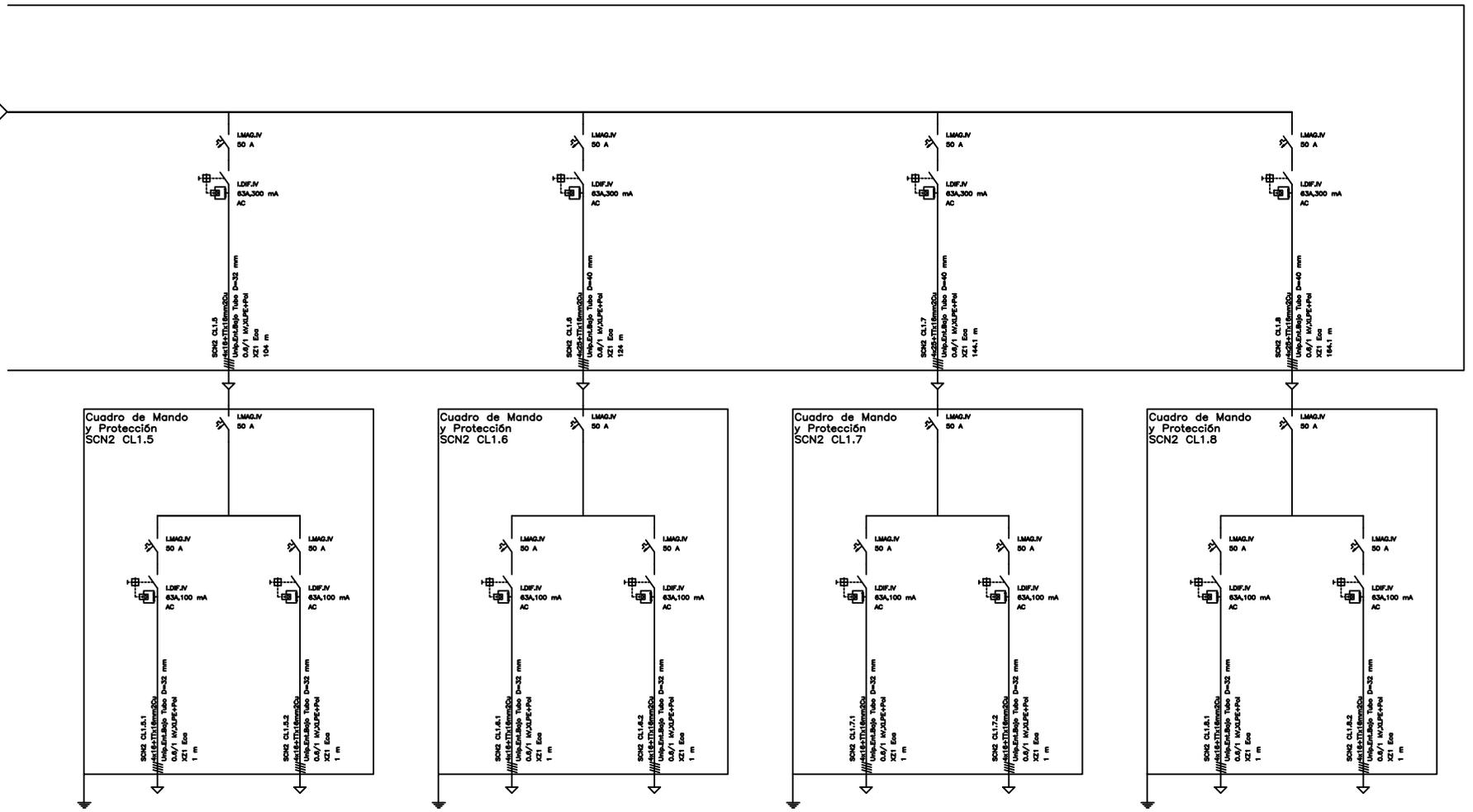


"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Esquema unifilar. S1 PAR. CL1	PLANO Nº:	07
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zarátan		FECHA:	JUNIO 2019
		ESCALA:	S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN		



3



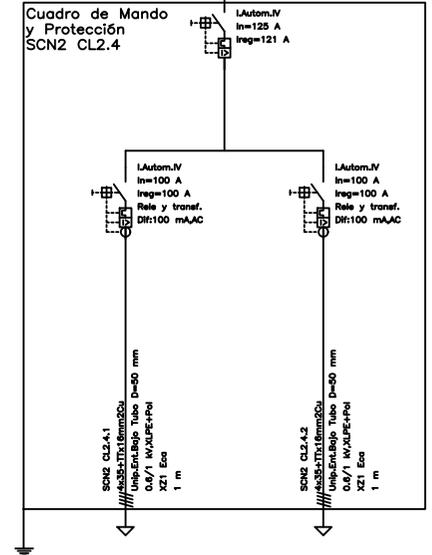
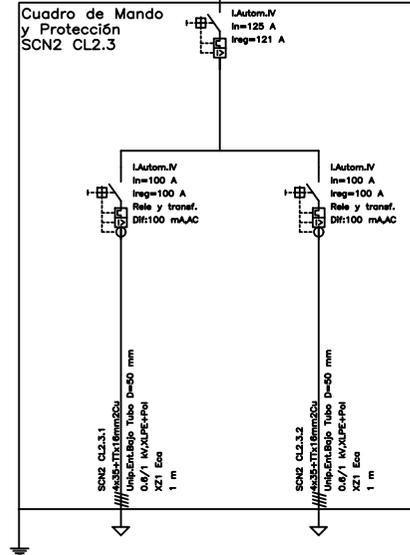
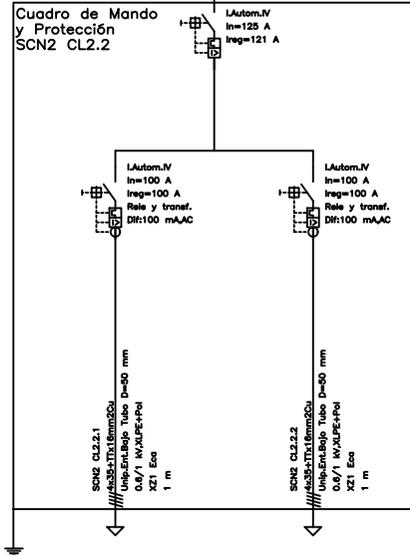
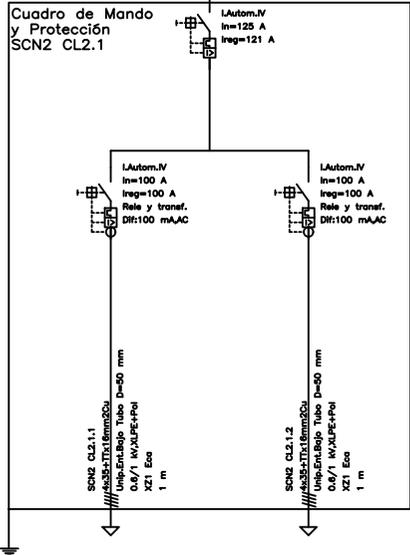
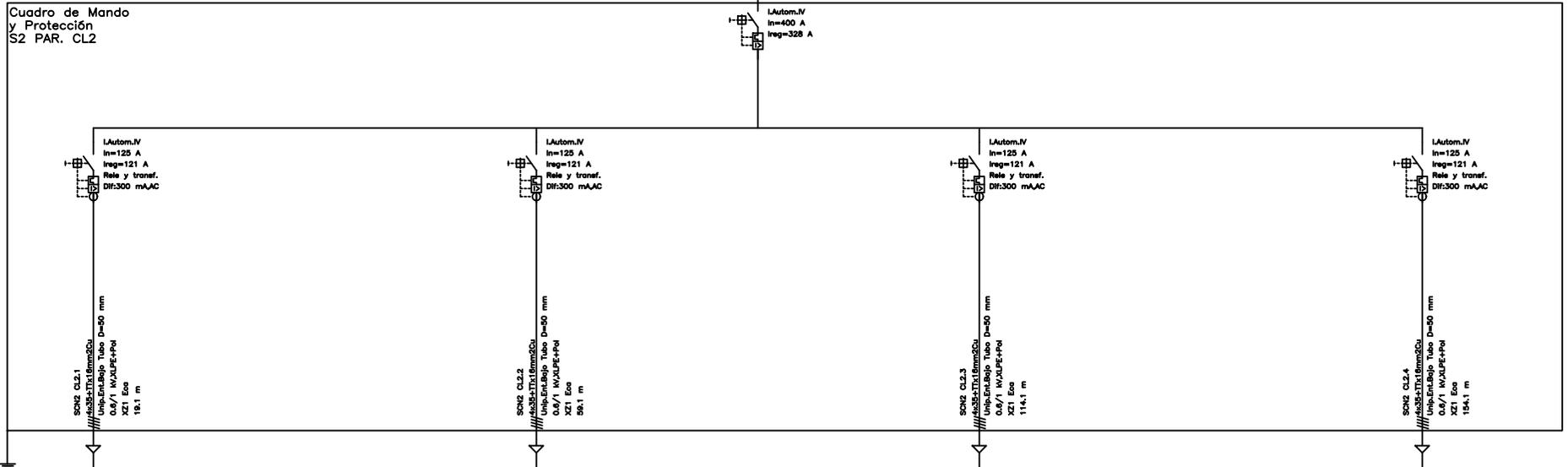
"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO: Esquema unifilar. S1 PAR. CL1 (continuación)	PLANO Nº: 08
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA: JUNIO 2019
REALIZADO POR: SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA: S/E



2

Cuadro de Mandos y Protección S2 PAR. CL2



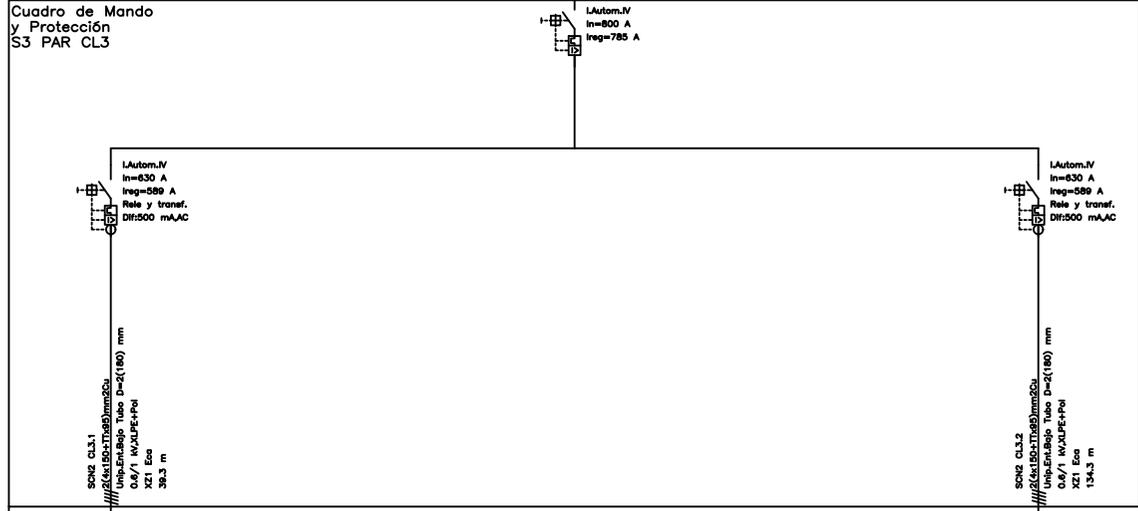
"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Esquema unifilar. S2 PAR. CL2	PLANO Nº:	09
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA:	JUNIO 2019
		ESCALA:	S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN		

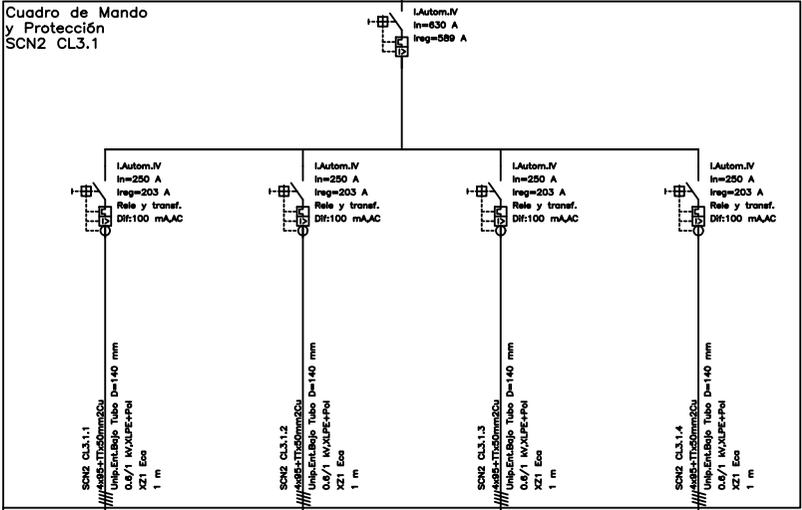


3

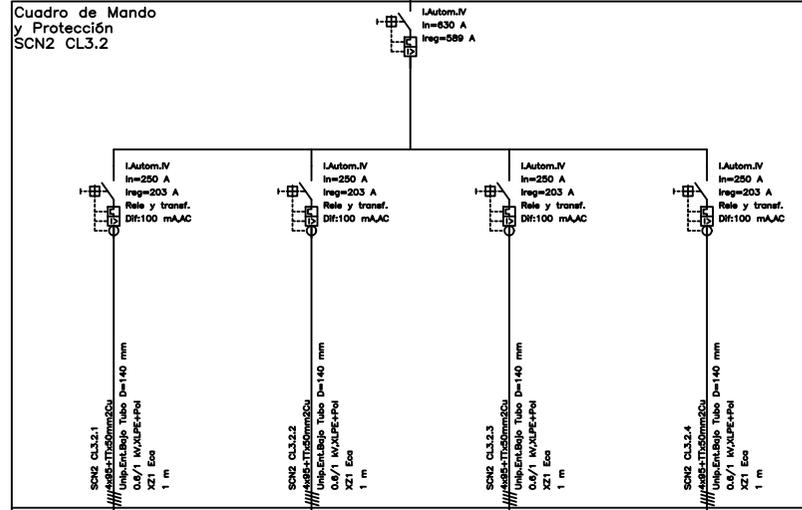
Cuadro de Mando y Protección S3 PAR CL3



Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL3.1



Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL3.2



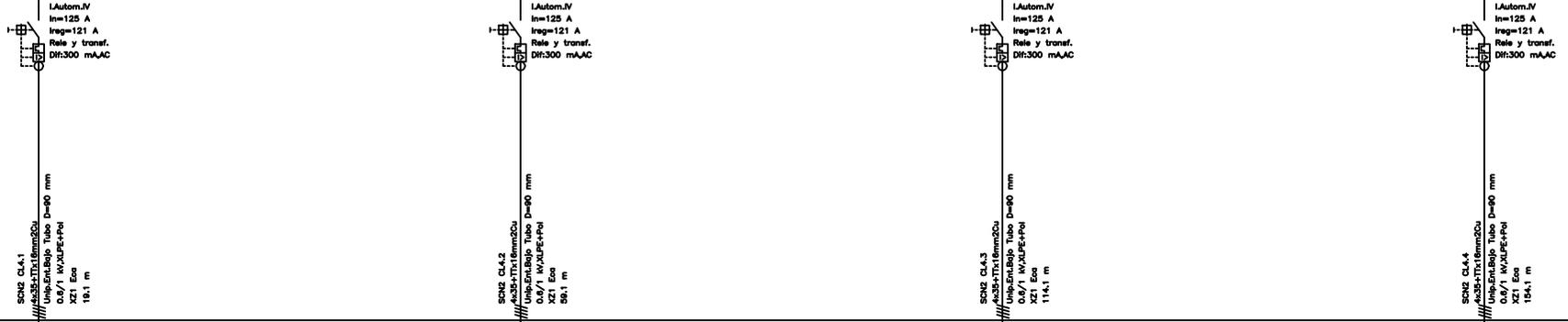
"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Esquema unifilar. S3 PAR. CL3	PLANO Nº:	10
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA:	JUNIO 2019
		ESCALA:	S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN		

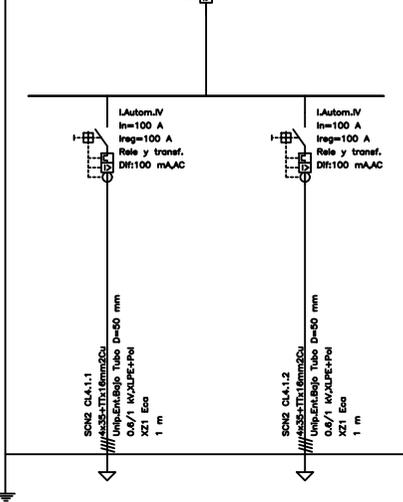


4

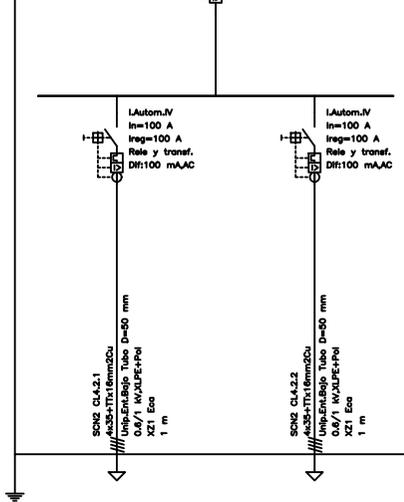
Cuadro de Comando y Protección S4 PAR. CL4



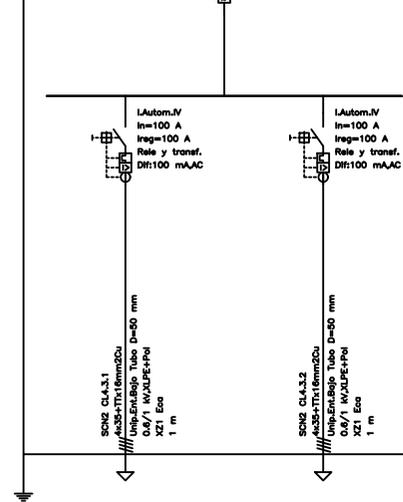
Cuadro de Comando y Protección SCN2 CL4.1



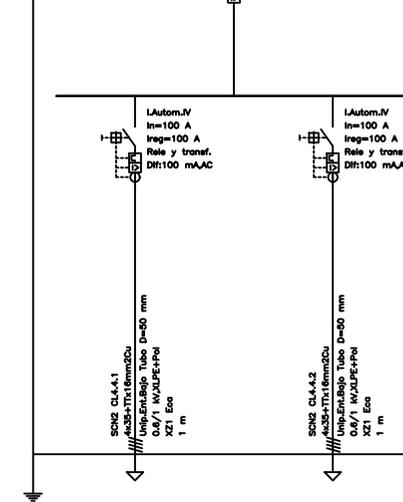
Cuadro de Comando y Protección SCN2 CL4.2



Cuadro de Comando y Protección SCN2 CL4.3



Cuadro de Comando y Protección SCN2 CL4.4



"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Esquema unifilar. S4 PAR. CL4	PLANO Nº:	11
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA:	JUNIO 2019
		ESCALA:	S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN		



5

Cuadro de Mando y Protección S5 PAR. CL5

IAutom./V
In=630 A
Ireg=517 A

4

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:300 mAAC

SON2 CL5.1
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
9 m

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:300 mAAC

SON2 CL5.2
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
29,1 m

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:300 mAAC

SON2 CL5.3
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
48,1 m

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:300 mAAC

SON2 CL5.4
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
68,1 m

Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL5.1

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

SON2 CL5.1.1
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

SON2 CL5.1.2
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL5.2

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

SON2 CL5.2.1
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

SON2 CL5.2.1
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL5.3

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

SON2 CL5.3.1
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

SON2 CL5.3.2
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

Cuadro de Mando y Protección SCN2 CL5.4

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

IAutom./V
In=100 A
Ireg=100 A
Relé y transf.
DR:100 mAAC

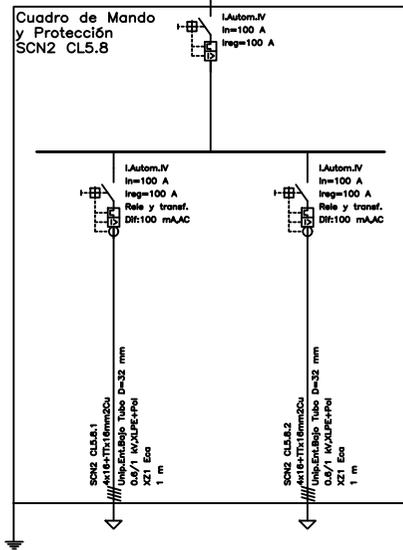
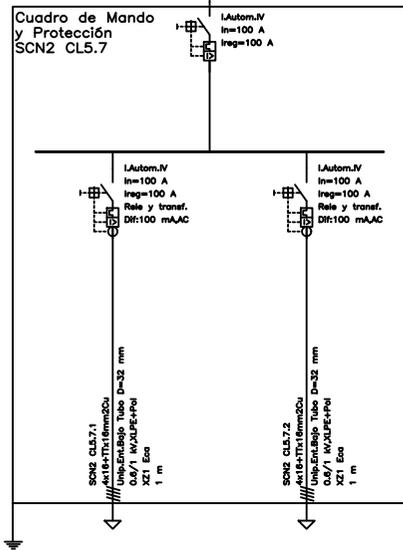
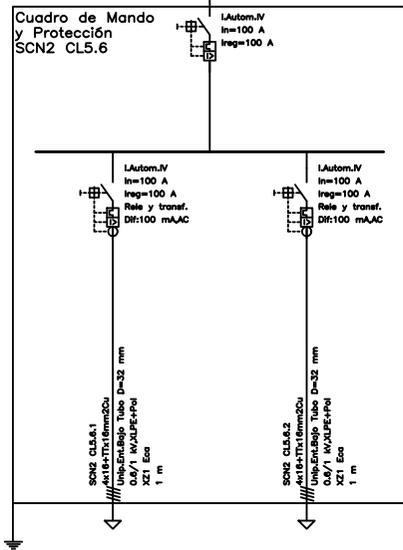
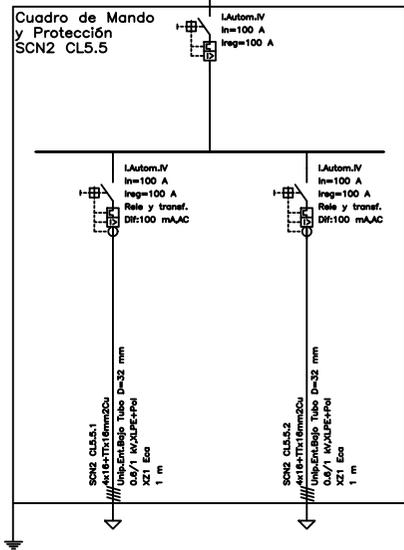
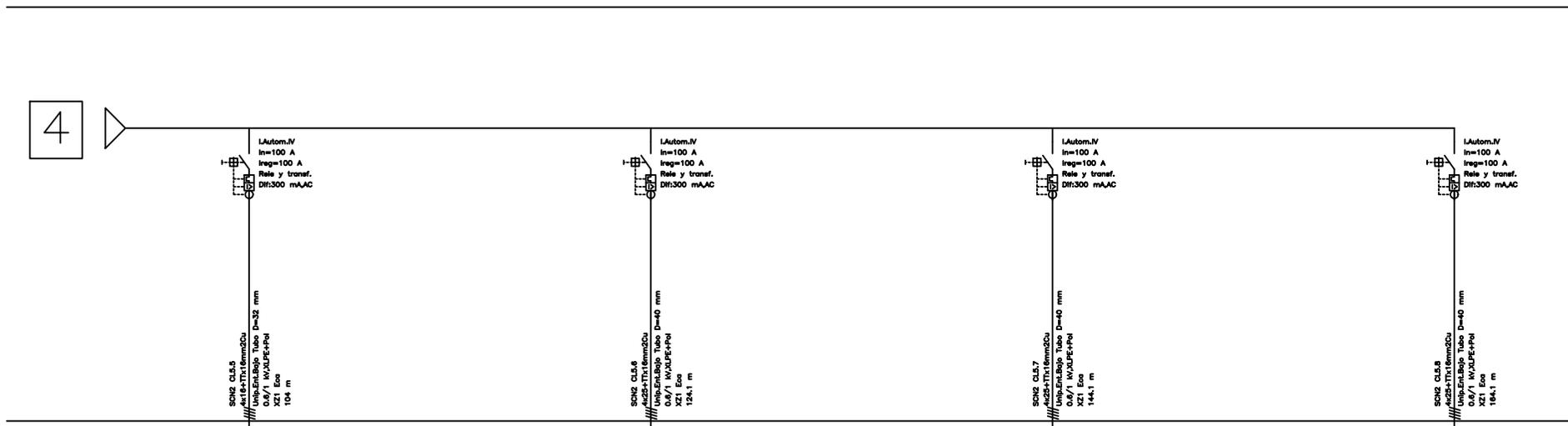
SON2 CL5.4.1
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

SON2 CL5.4.2
Unip.Encl.Bajo Tubo D=32 mm
0,6/1 W/ALPE-Pol
XZ1 Eco
1 m

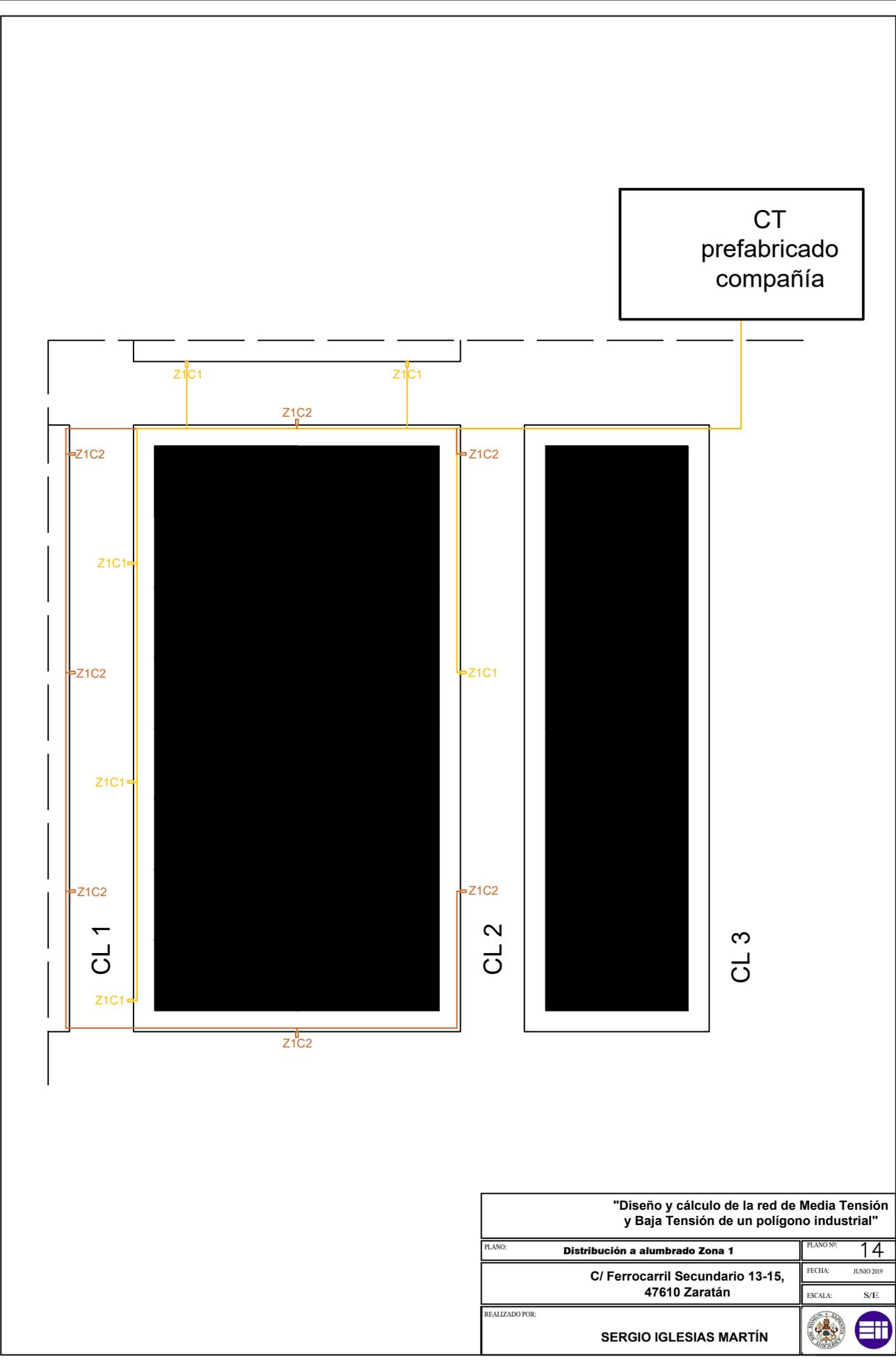
"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Esquema unifilar. S5 PAR. CL5	PLANO Nº:	12
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA:	JUNIO 2019
REALIZADO POR:		ESCALA:	S/E
SERGIO IGLESIAS MARTÍN			

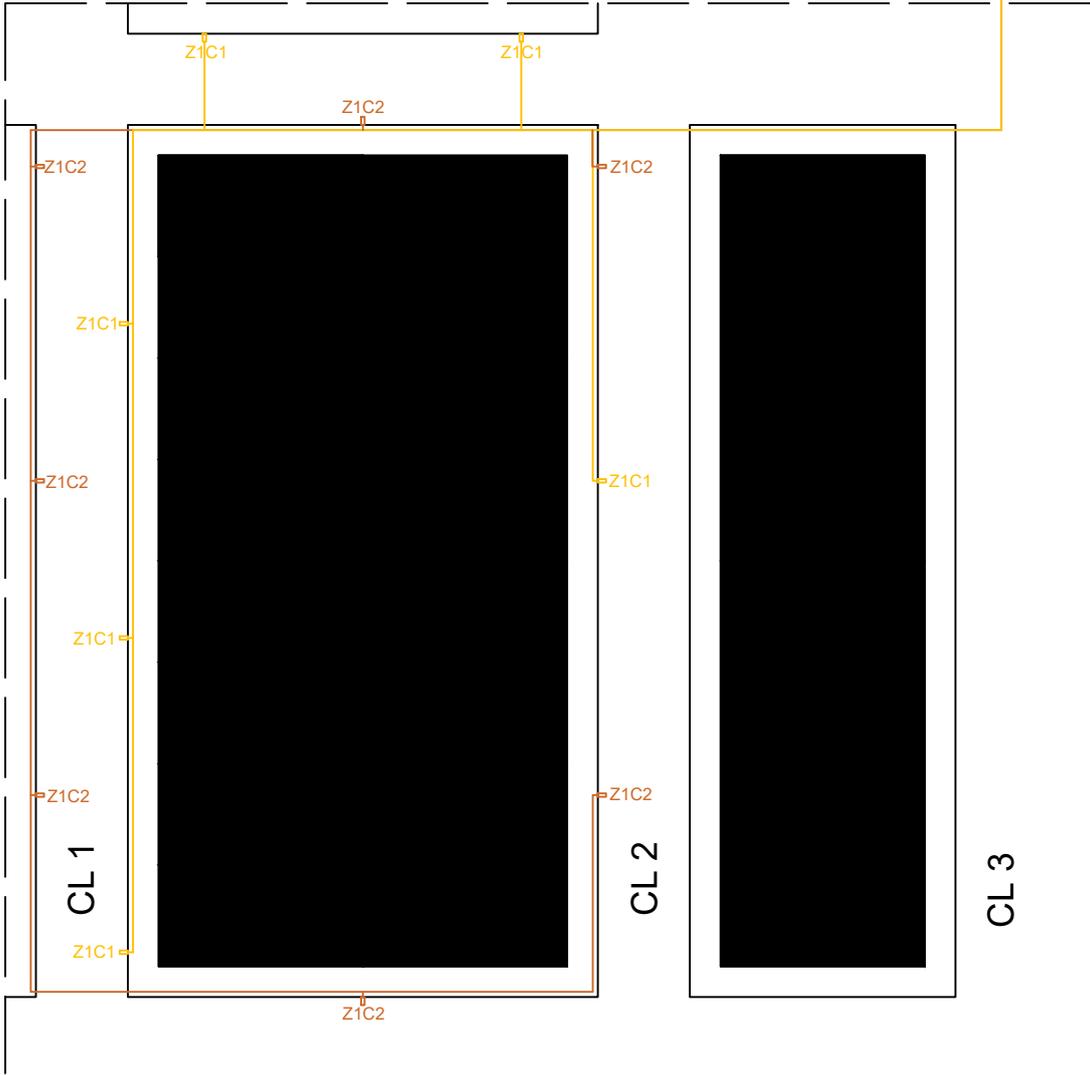
4



"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"		
PLANO:	Esquema unifilar. S5 PAR. CL5 (continuación)	PLANO Nº: 13
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA: JUNIO 2019
		ESCALA: S/E
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN	



CT
prefabricado
compañía

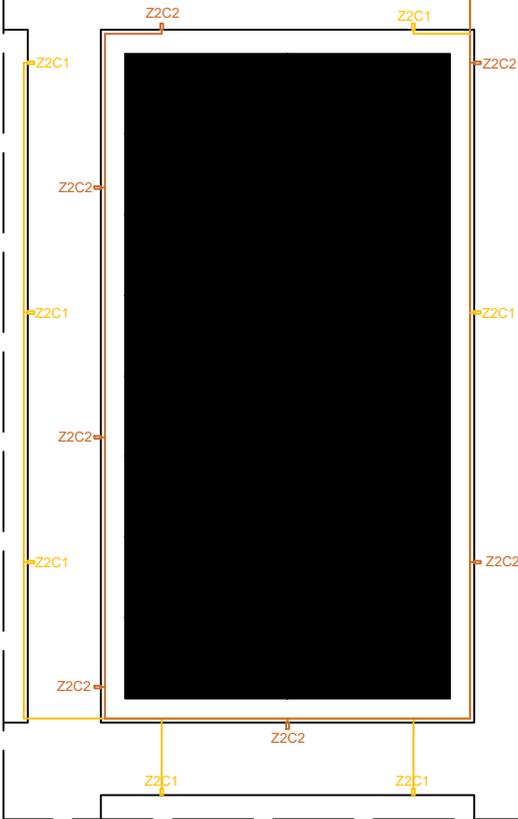


"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"	
PLANO: Distribución a alumbrado Zona 1	PLANO Nº: 14
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA: JUNIO 2019
REALIZADO POR: SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA: S/E
	 

CT
prefabricado
compañía

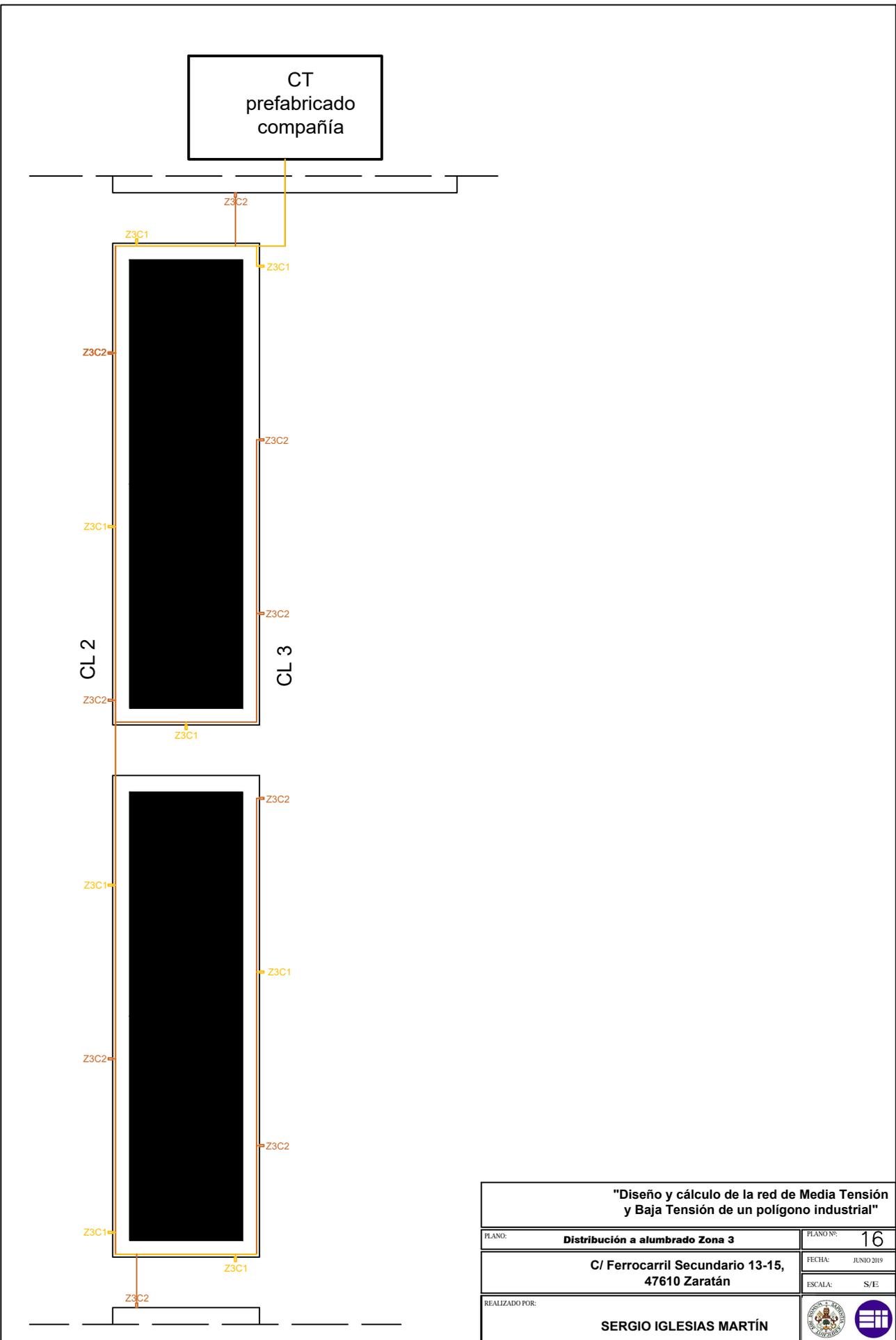
CL 1

CL 2

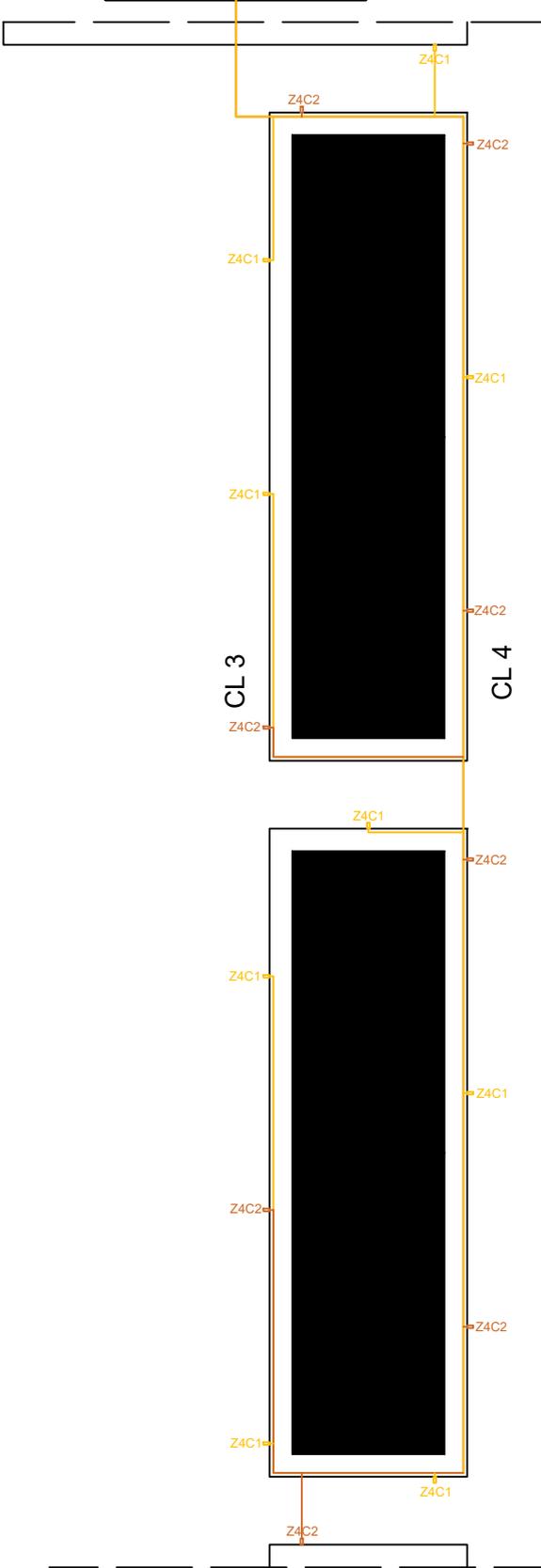


"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión
y Baja Tensión de un polígono industrial"

PLANO:	Distribución a alumbrado Zona 2	PLANO Nº:	15
	C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA:	JUNIO 2019
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA:	S/E
			

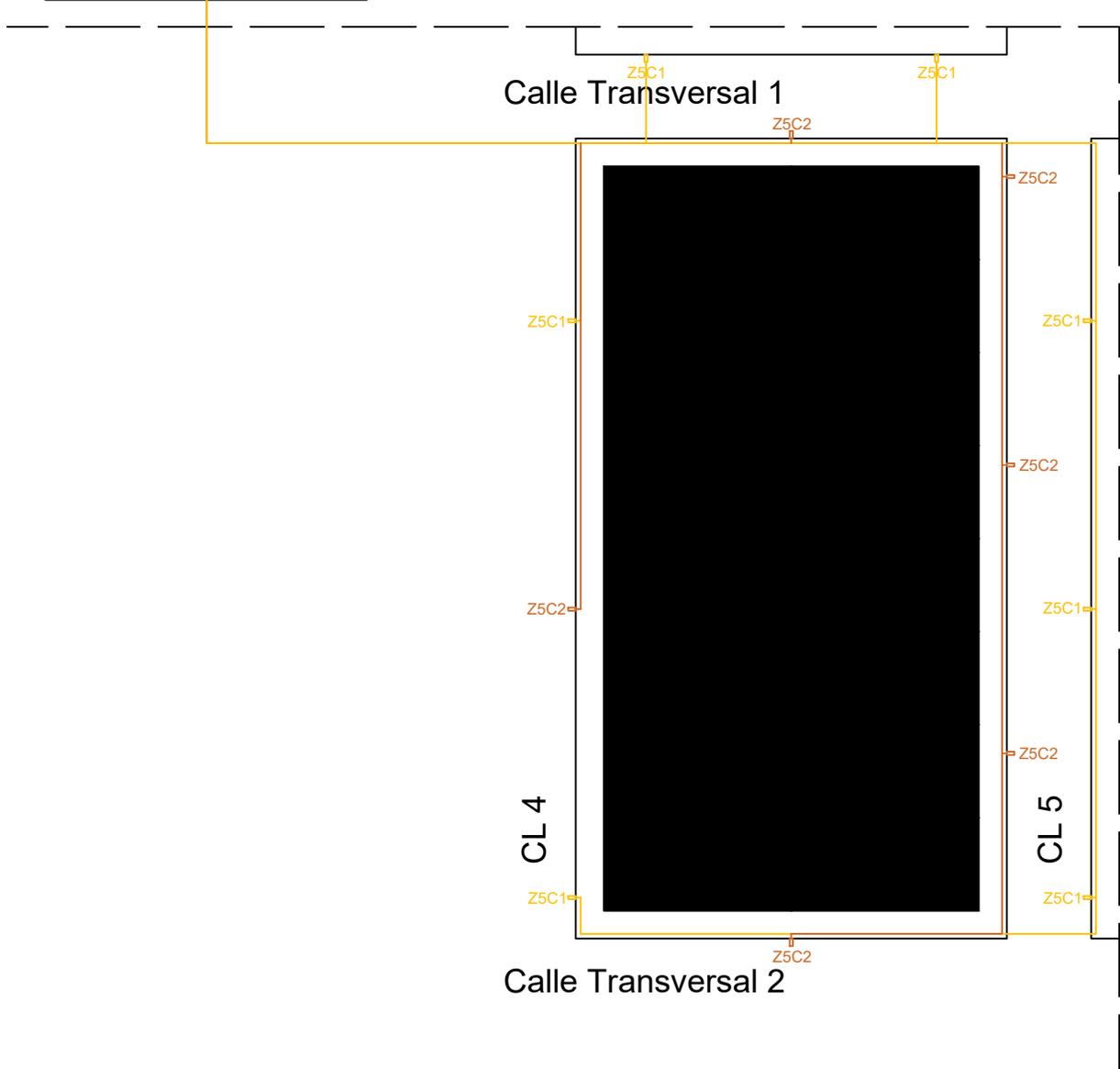


CT
prefabricado
compañía



"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"			
PLANO:	Distribución a alumbrado Zona 4	PLANO Nº:	17
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán		FECHA:	JUNIO 2019
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA:	S/E

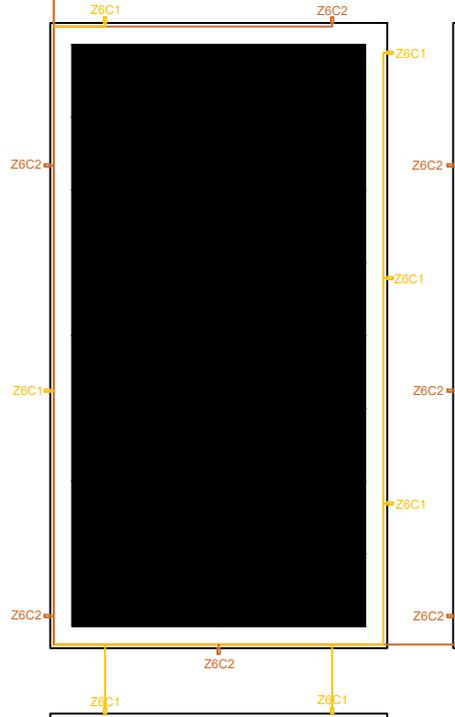
CT
prefabricado
compañía



"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión y Baja Tensión de un polígono industrial"	
PLANO: Distribución a alumbrado Zona 5	PLANO Nº: 18
C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA: JUNIO 2019
REALIZADO POR: SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA: S/E.
	

CT
prefabricado
compañía

Calle Transversal 2



**"Diseño y cálculo de la red de Media Tensión
y Baja Tensión de un polígono industrial"**

PLANO:	Distribución a alumbrado Zona 6	PLANO Nº:	19
	C/ Ferrocarril Secundario 13-15, 47610 Zaratán	FECHA:	JUNIO 2019
REALIZADO POR:	SERGIO IGLESIAS MARTÍN	ESCALA:	S/E

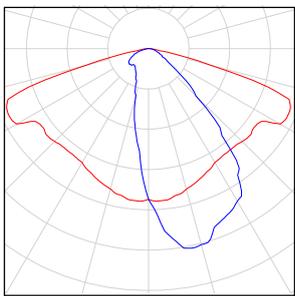
Apéndice B

DOCUMENTO DIALUX

Índice

Poligono	
Lista de luminarias.....	2
Poligono	
ES-SYSTEM - Racer Smart Mini 826.LED 740 9300lm 100W RAL7042 DRV DIM DALI (1xLED).....	3
Poligono	
Plano de situación de luminarias.....	6
Resumen de resultados de superficies.....	9
Objeto de resultado de carreteras / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	12
Objeto de resultado de carreteras / Densidad lumínica.....	16
Objeto de resultado de acera 1 / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	20
Objeto de resultado de acera 1 / Densidad lumínica.....	21
Objeto de resultado de acera 13 / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente).....	22
Objeto de resultado de acera 13 / Densidad lumínica.....	26
Calle poligono: Alternativa 6	
Resultados de planificación.....	30
Calle poligono: Alternativa 6 / Acera 1 (P4)	
Resumen de resultados.....	32
Tablas.....	33
Isolíneas.....	34
Gráfico de valores.....	35
Calle poligono: Alternativa 6 / Carretera (M4)	
Resumen de resultados.....	36
Tablas.....	37
Isolíneas.....	40
Gráfico de valores.....	45
Calle poligono: Alternativa 6 / Acera 2 (P4)	
Resumen de resultados.....	50
Tablas.....	51
Isolíneas.....	52
Gráfico de valores.....	53

Poligono

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
88	ES-SYSTEM - 5147320 Racer Smart Mini 826.LED 740 9300lm 100W RAL7042 DRV DIM DALI Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED Grado de eficacia de funcionamiento: 100% Flujo luminoso de lámparas: 5400 lm Flujo luminoso de las luminarias: 5400 lm Potencia: 55.0 W Rendimiento lumínico: 98.2 lm/W		

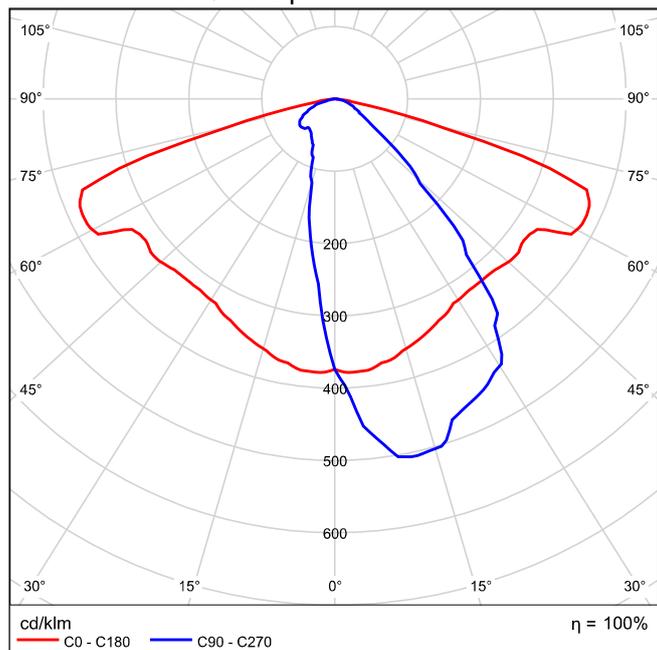
Flujo luminoso total de lámparas: 475200 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 475200 lm, Potencia total: 4840.0 W, Rendimiento lumínico: 98.2 lm/W

ES-SYSTEM 5147320 Racer Smart Mini 826.LED 740 9300lm 100W RAL7042 DRV DIM DALI 1xLED



Grado de eficacia de funcionamiento: 100%
 Flujo luminoso de lámparas: 5400 lm
 Flujo luminoso de las luminarias: 5400 lm
 Potencia: 55.0 W
 Rendimiento lumínico: 98.2 lm/W

Emisión de luz 1 / CDL polar

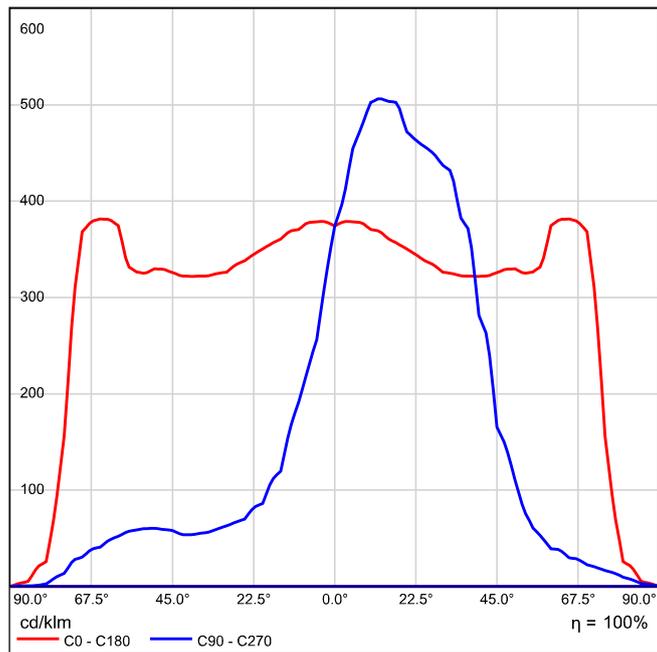


Oprawa do montażu na słupie lub wysięgniku o średnicy 48÷60 mm
 OBUDOWA: odlew aluminiowy, lakierowany
 DYFUZOR: szkło hartowane, przezroczyste
 ZASILACZ: elektroniczny z opcją termicznego zabezpieczenia i funkcją CLO
 INNE: beznarzędziowy dostęp do komory osprzętu, linka zabezpieczająca panel osprzętu, płynna regulacja kąta nachylenia, oddzielona komora optyczna od komory osprzętu elektrycznego, sterowanie bezprzewodowe w systemie Zig Bee Pro, zakres temp. pracy -40 do +35°C

Pole top or side entry luminaires for 48÷60 mm diameter poles
 BODY: painted die-cast aluminum
 DIFFUSER: transparent hardened glass
 POWER SUPPLY: electronic driver with thermal protection and CLO function
 OTHER: tool-free access to the geartray and light source, a safety lanyard protecting the geartray, adjustable light distribution, the control gear compartment separated from the lamp compartment, wireless control within the Zig Bee Pro system, operating temperature range: -40 to +35°C

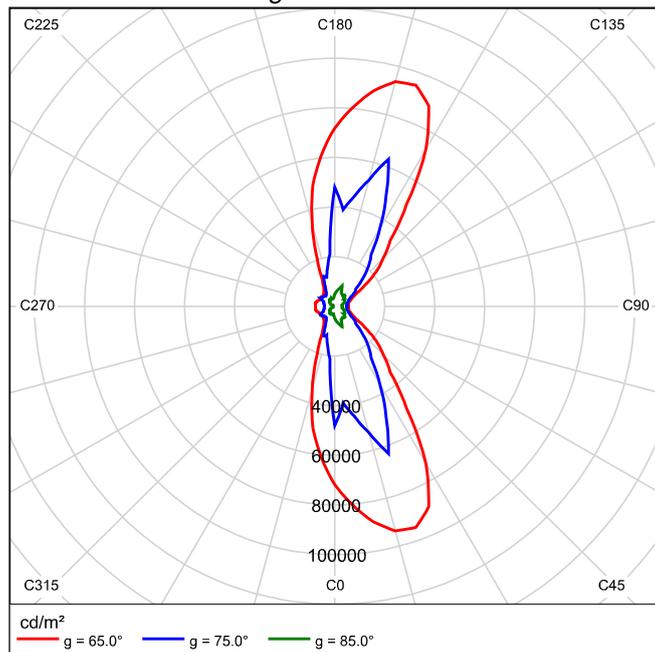
Straßenleuchte für die Montage auf einem Mast oder Rohrausleger Ø 48÷60 mm
 GEHÄUSE: Aluminiumguss, lackiert
 DIFFUSOR: Schutzglas gehärtet, transparent
 STROMVERSORGUNG: elektronisches Vorschaltgerät mit Temperaturüberwachung und CLO Funktion
 SONSTIGES: werkzeugloser Zugang zum Geräteträger, stufenlose Einstellung des Neigungswinkels und der Lichtverteilung, Optik und Betriebsgerät in getrenntem Gehäuse, drahtlose Steuerung im Zig Bee Pro System, Betriebstemperaturbereich: -40 bis +35°C

Emisión de luz 1 / CDL lineal

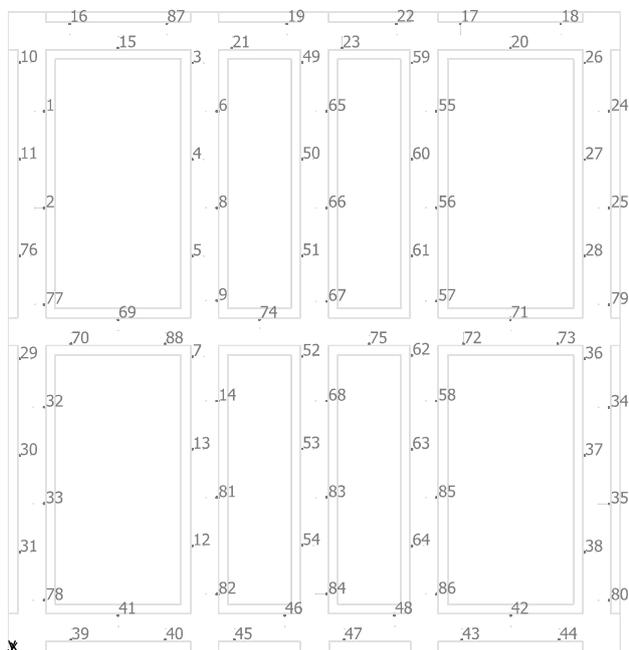


No se puede crear un diagrama de cono porque la distribución luminosa es asimétrica.

Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad luminica



Poligono



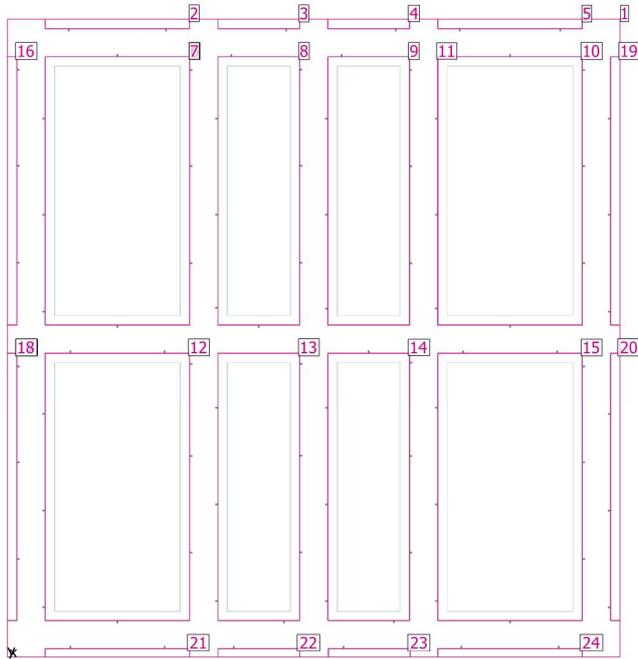
ES-SYSTEM 5147320 Racer Smart Mini 826.LED 740 9300lm 100W RAL7042 DRV DIM DALI

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
1	11.580	173.260	6.785	0.80
2	11.580	142.260	6.785	0.80
3	58.420	188.775	8.000	0.80
4	58.420	157.775	8.000	0.80
5	58.420	126.775	8.000	0.80
6	66.600	173.265	8.000	0.80
7	58.420	94.535	8.000	0.80
8	66.600	142.265	8.000	0.80
9	66.580	112.518	8.000	0.80
10	3.420	188.898	8.000	0.80
11	3.420	157.898	8.000	0.80
12	58.420	33.775	8.000	0.80
13	58.420	64.775	8.000	0.80
14	66.600	80.265	8.000	0.80
15	35.006	193.420	8.000	0.80
16	19.502	201.580	8.000	0.80
17	143.981	201.610	8.000	0.80
18	175.981	201.610	8.000	0.80
19	88.737	201.607	8.000	0.80
20	160.000	193.407	8.000	0.80
21	71.244	193.420	8.000	0.80
22	123.630	201.610	8.000	0.80

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
23	106.370	193.400	8.000	0.80
24	191.580	173.253	8.000	0.80
25	191.580	142.253	8.000	0.80
26	183.420	188.759	8.000	0.80
27	183.420	157.759	8.000	0.80
28	183.420	126.759	8.000	0.80
29	3.420	93.761	8.000	0.80
30	3.420	62.761	8.000	0.80
31	3.420	31.761	8.000	0.80
32	11.580	78.302	8.000	0.80
33	11.580	47.302	8.000	0.80
34	191.580	78.255	8.000	0.80
35	191.580	47.255	8.000	0.80
36	183.420	93.762	8.000	0.80
37	183.420	62.762	8.000	0.80
38	183.420	31.762	8.000	0.80
39	20.044	3.420	8.000	0.80
40	50.044	3.420	8.000	0.80
41	35.000	11.586	8.000	0.80
42	160.011	11.567	7.829	0.80
43	144.488	3.420	8.000	0.80
44	175.488	3.420	8.000	0.80
45	72.034	3.420	8.000	0.80
46	88.001	11.580	8.000	0.80
47	106.997	3.420	8.000	0.80
48	123.012	11.653	8.000	0.80
49	93.400	188.898	8.000	0.80
50	93.400	157.898	8.000	0.80
51	93.400	126.898	8.000	0.80
52	93.420	94.635	8.000	0.80
53	93.400	64.898	8.000	0.80
54	93.400	33.898	8.000	0.80
55	136.600	173.270	8.000	0.80
56	136.600	142.270	8.000	0.80
57	136.580	112.320	8.000	0.80
58	136.600	80.270	8.000	0.80
59	128.400	188.770	8.000	0.80
60	128.400	157.770	8.000	0.80
61	128.400	126.770	8.000	0.80
62	128.420	94.969	8.000	0.80
63	128.400	64.770	8.000	0.80
64	128.400	33.770	8.000	0.80
65	101.580	173.252	8.000	0.80
66	101.580	142.252	8.000	0.80
67	101.580	112.252	8.000	0.80
68	101.580	80.252	8.000	0.80
69	35.010	106.580	8.000	0.80
70	20.033	98.420	8.000	0.80
71	159.997	106.603	8.000	0.80
72	145.010	98.420	8.000	0.80
73	175.010	98.420	8.000	0.80

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]	Factor de degradación
74	80.003	106.580	8.000	0.80
75	114.999	98.413	8.000	0.80
76	3.420	126.898	8.000	0.80
77	11.580	111.260	6.785	0.80
78	11.580	16.302	8.000	0.80
79	191.580	111.253	8.000	0.80
80	191.580	16.255	8.000	0.80
81	66.600	49.265	8.000	0.80
82	66.600	18.265	8.000	0.80
83	101.580	49.252	8.000	0.80
84	101.580	18.252	8.000	0.80
85	136.600	49.270	8.000	0.80
86	136.600	18.270	8.000	0.80
87	50.502	201.580	8.000	0.80
88	50.033	98.420	8.000	0.80

Poligono



Factor de degradación: 0.80

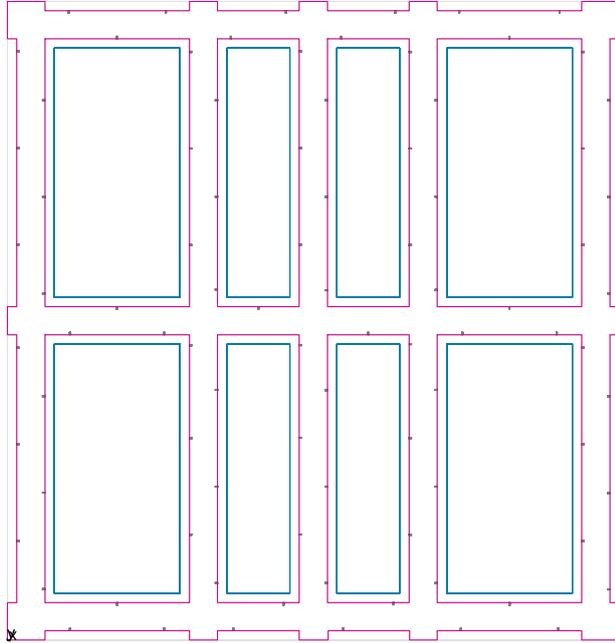
Objetos de resultado de superficies

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Objeto de resultado de carreteras	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	16.2	1.82	33.8	0.11	0.054
	Densidad lumínica [cd/m ²]	1.03	0.12	2.15	0.12	0.056
2 Objeto de resultado de acera 1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.13	4.45	12.4	0.62	0.36
	Densidad lumínica [cd/m ²]	0.45	0.28	0.79	0.62	0.35
3 Objeto de resultado de acera 2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.39	5.90	13.1	0.70	0.45
	Densidad lumínica [cd/m ²]	0.53	0.38	0.83	0.72	0.46
4 Objeto de resultado de acera 3	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.97	5.38	13.7	0.68	0.39
	Densidad lumínica [cd/m ²]	0.51	0.34	0.87	0.67	0.39
5 Objeto de resultado de acera 4	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	6.84	4.02	12.0	0.59	0.34
	Densidad lumínica [cd/m ²]	0.44	0.26	0.76	0.59	0.34
6 Objeto de resultado de superficies 6	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	10.3	6.78	14.1	0.66	0.48

		Densidad luminica [cd/m ²]	0.65	0.43	0.89	0.66	0.48
7	Objeto de resultado de acera 6	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	2.01	0.00	18.1	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.13	0.00	1.15	0.00	0.00
8	Objeto de resultado de acera 7	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	2.90	0.00	17.4	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.18	0.00	1.11	0.00	0.00
9	Objeto de resultado de acera 8	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	3.05	0.00	18.9	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.19	0.00	1.20	0.00	0.00
10	Objeto de resultado de acera 9	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	2.03	0.00	19.0	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.13	0.00	1.21	0.00	0.00
11	Objeto de resultado de superficies 11	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	11.0	7.37	17.5	0.67	0.42
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.70	0.47	1.12	0.67	0.42
12	Objeto de resultado de acera 12	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	1.95	0.00	17.9	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.12	0.00	1.14	0.00	0.00
13	Objeto de resultado de acera 13	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	3.01	0.00	17.6	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.19	0.00	1.12	0.00	0.00
14	Objeto de resultado de acera 14	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	2.86	0.00	16.3	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.18	0.00	1.04	0.00	0.00
15	Objeto de resultado de acera 15	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	1.89	0.00	16.1	0.00	0.00
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.12	0.00	1.03	0.00	0.00
16	Objeto de resultado de acera 5	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.73	5.19	13.8	0.67	0.38
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.49	0.33	0.88	0.67	0.38
17	Objeto de resultado de superficies 17	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	10.7	7.35	16.9	0.69	0.43
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.68	0.47	1.08	0.69	0.44
18	Objeto de resultado de acera 11	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.09	5.60	13.0	0.69	0.43
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.51	0.36	0.83	0.71	0.43
19	Objeto de resultado de acera 10	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.26	5.77	13.0	0.70	0.44
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.53	0.37	0.83	0.70	0.45
20	Objeto de resultado de acera 16	Intensidad luminica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.97	5.23	13.2	0.66	0.40
		Densidad luminica [cd/m ²]	0.51	0.33	0.84	0.65	0.39

21	Objeto de resultado de acera 17	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	6.80	3.74	12.3	0.55	0.30
		Densidad lumínica [cd/m ²]	0.43	0.24	0.78	0.56	0.31
22	Objeto de resultado de acera 18	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.89	5.12	13.3	0.65	0.38
		Densidad lumínica [cd/m ²]	0.50	0.33	0.85	0.66	0.39
23	Objeto de resultado de acera 19	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.27	6.12	12.9	0.74	0.47
		Densidad lumínica [cd/m ²]	0.53	0.39	0.82	0.74	0.48
24	Objeto de resultado de acera 20	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.09	4.47	12.5	0.63	0.36
		Densidad lumínica [cd/m ²]	0.45	0.28	0.79	0.62	0.35

Objeto de resultado de carreteras / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



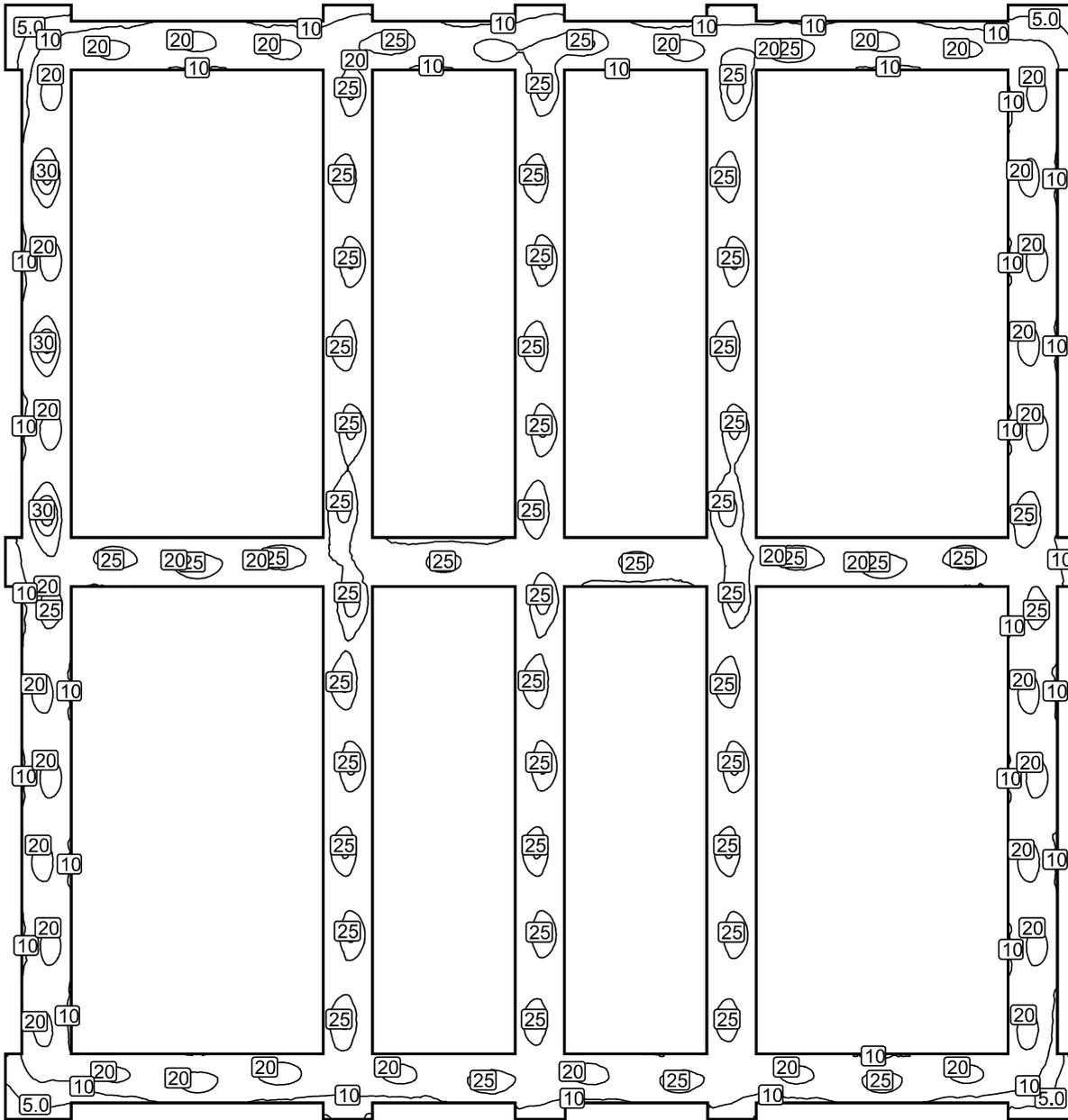
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de carreteras: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

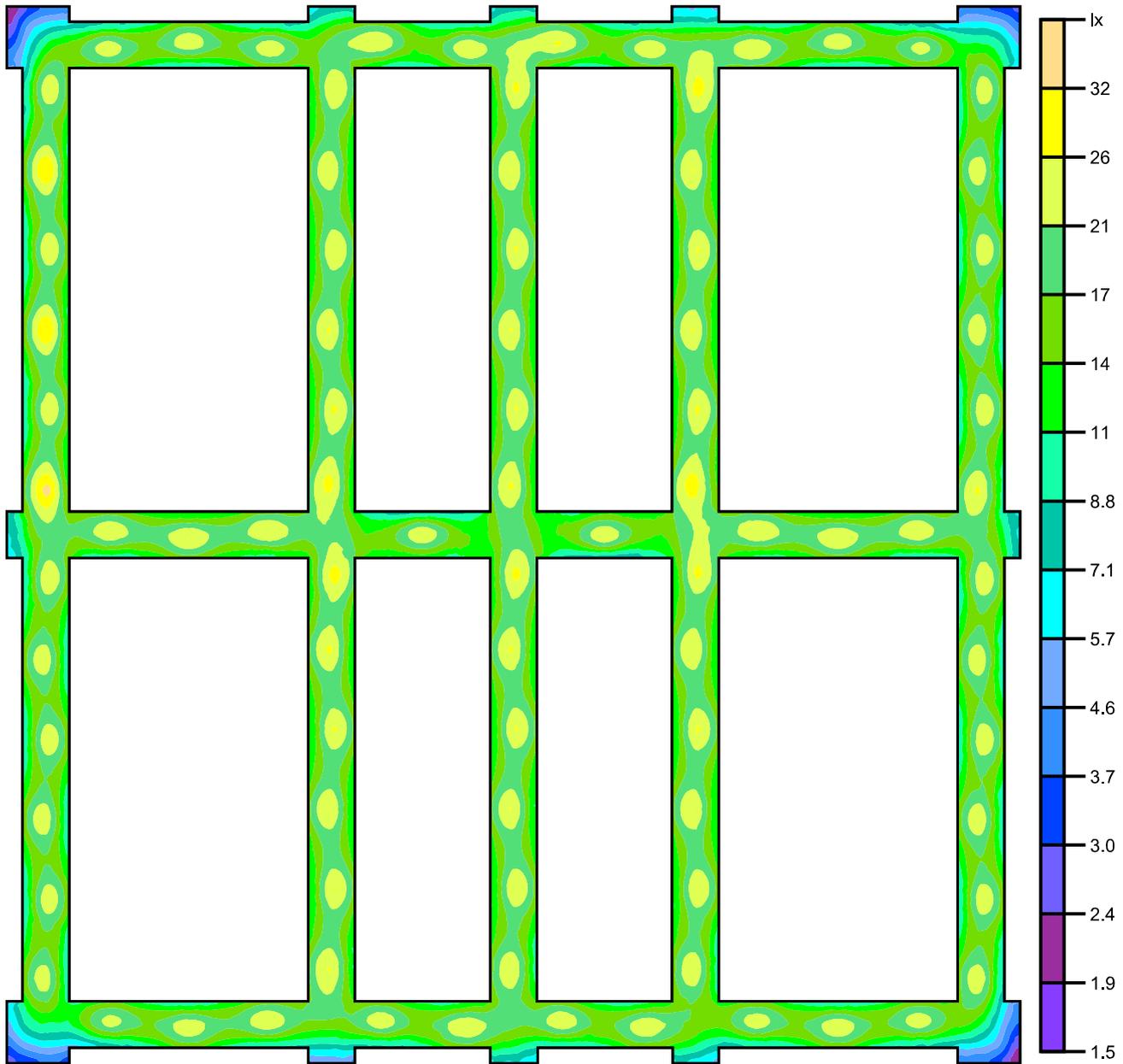
Media: 16.2 lx, Min: 1.82 lx, Max: 33.8 lx, Mín./medio: 0.11, Mín./máx.: 0.054

Isolíneas [lx]



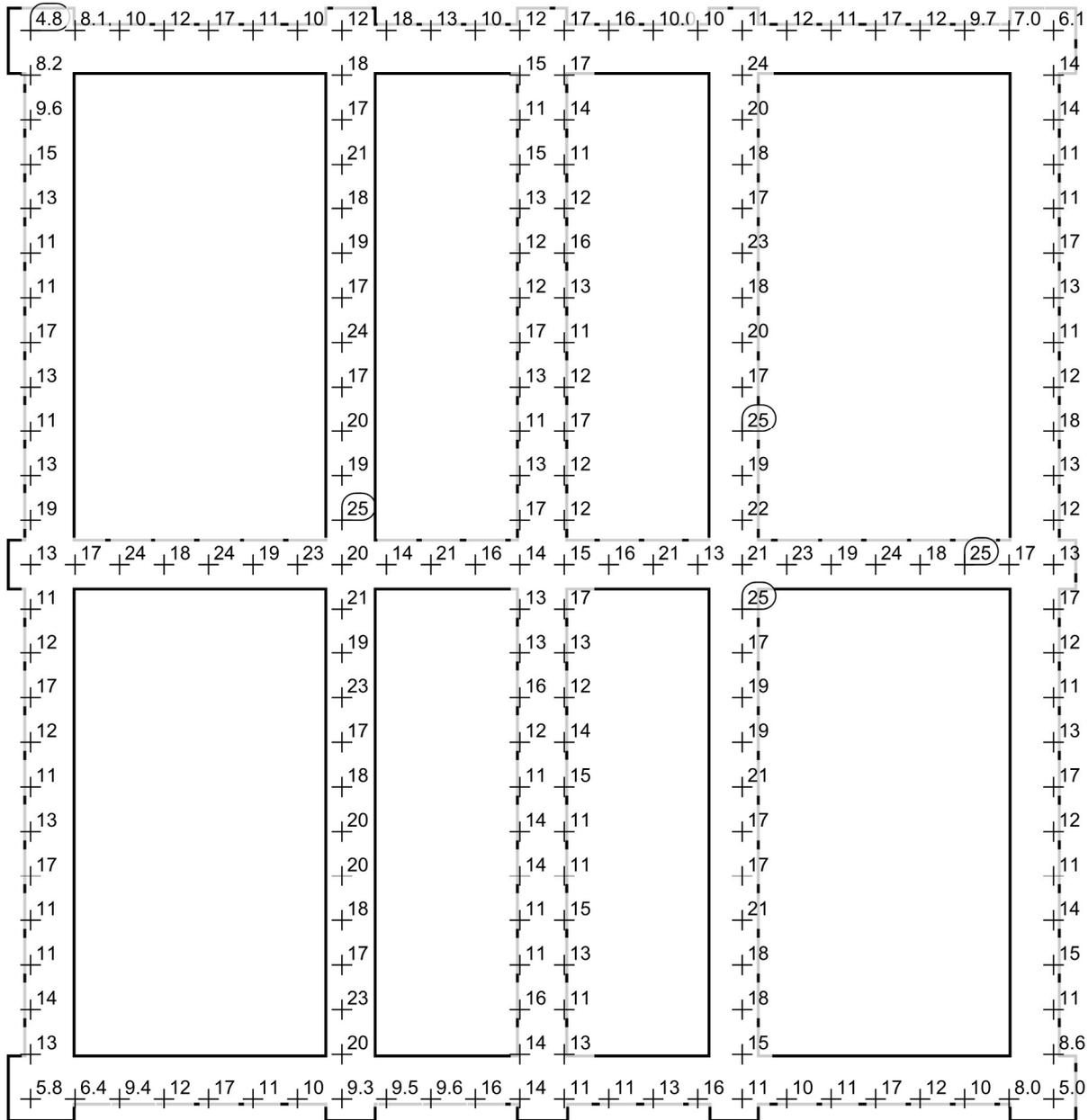
Escala: 1 : 1250

Colores falsos [lx]



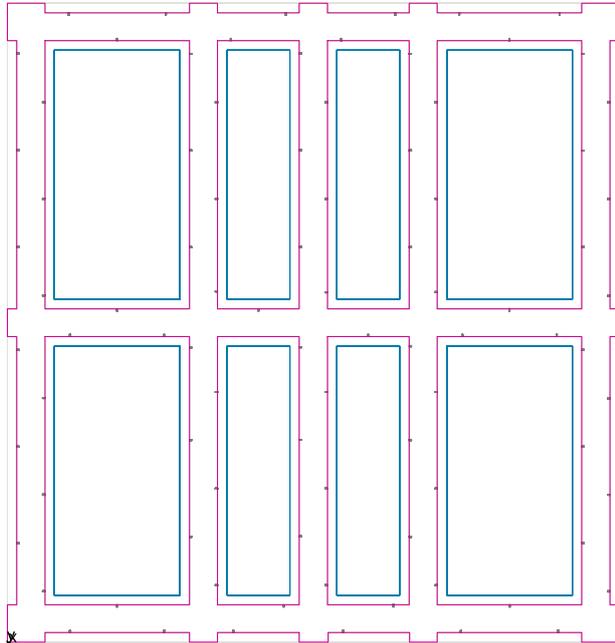
Escala: 1 : 1250

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 1250

Objeto de resultado de carreteras / Densidad lumínica



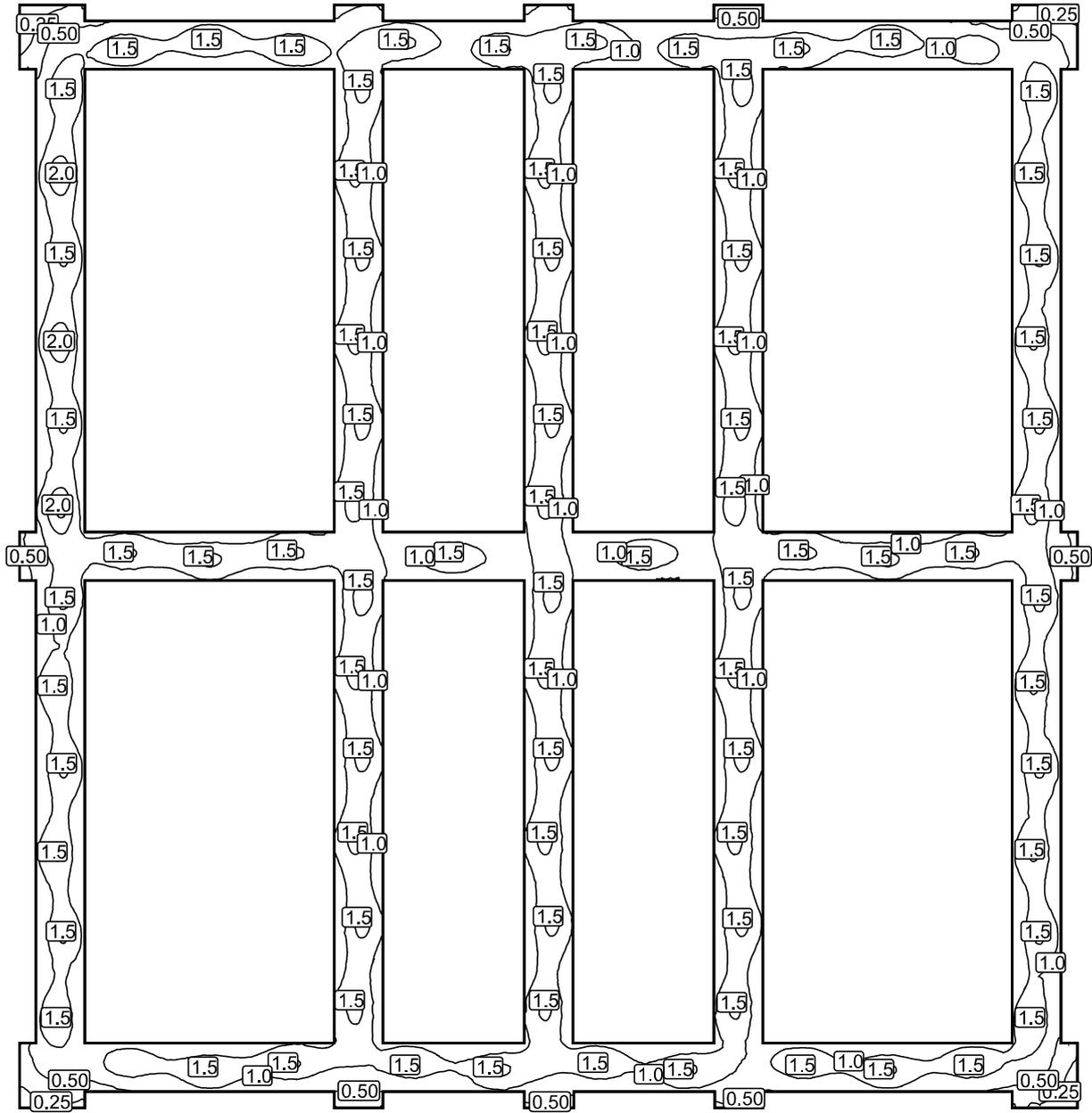
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de carreteras: Densidad lumínica (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

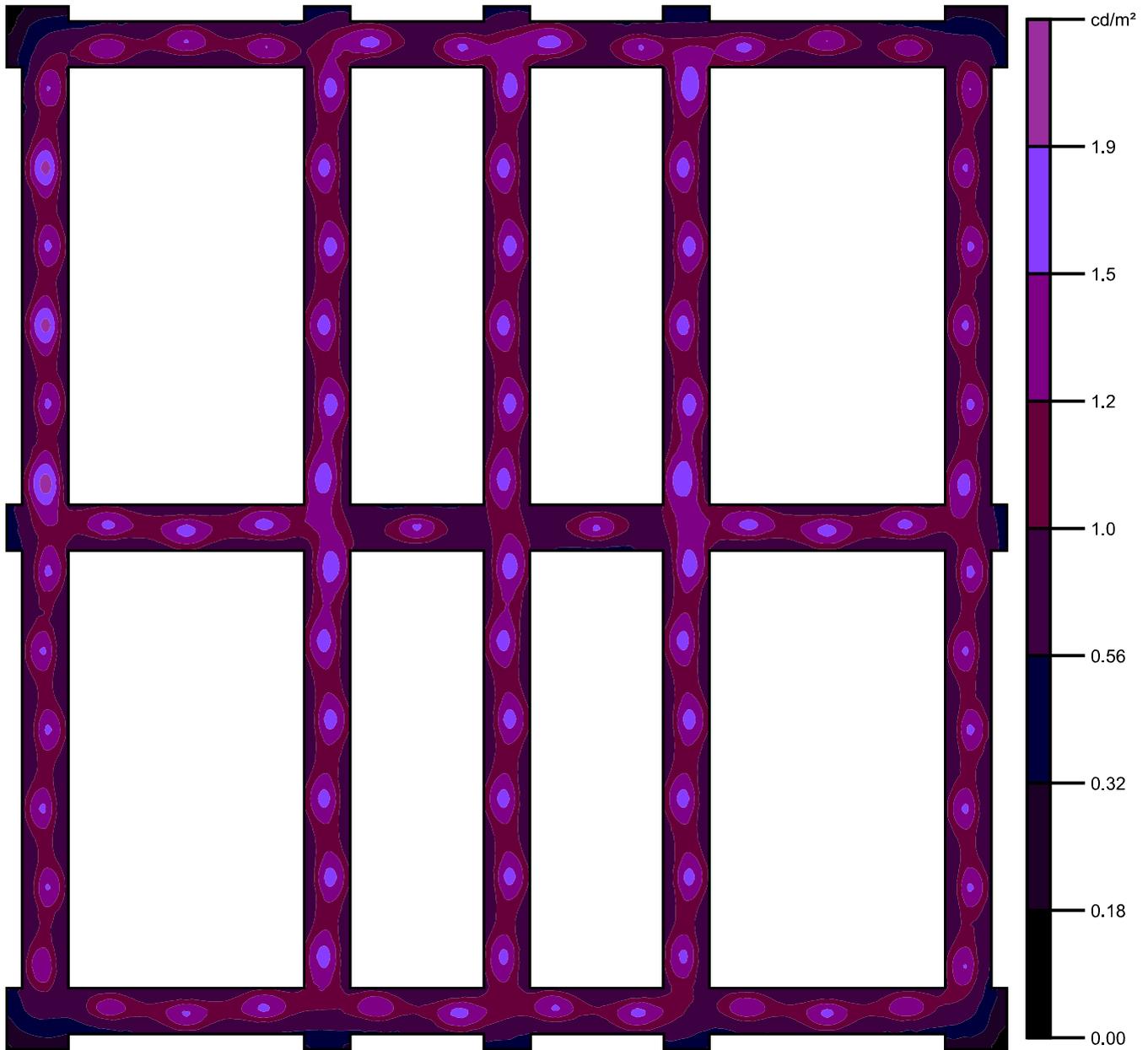
Media: 1.03 cd/m², Min: 0.12 cd/m², Max: 2.15 cd/m², Mín./medio: 0.12, Mín./máx.: 0.056

Isolíneas [cd/m²]



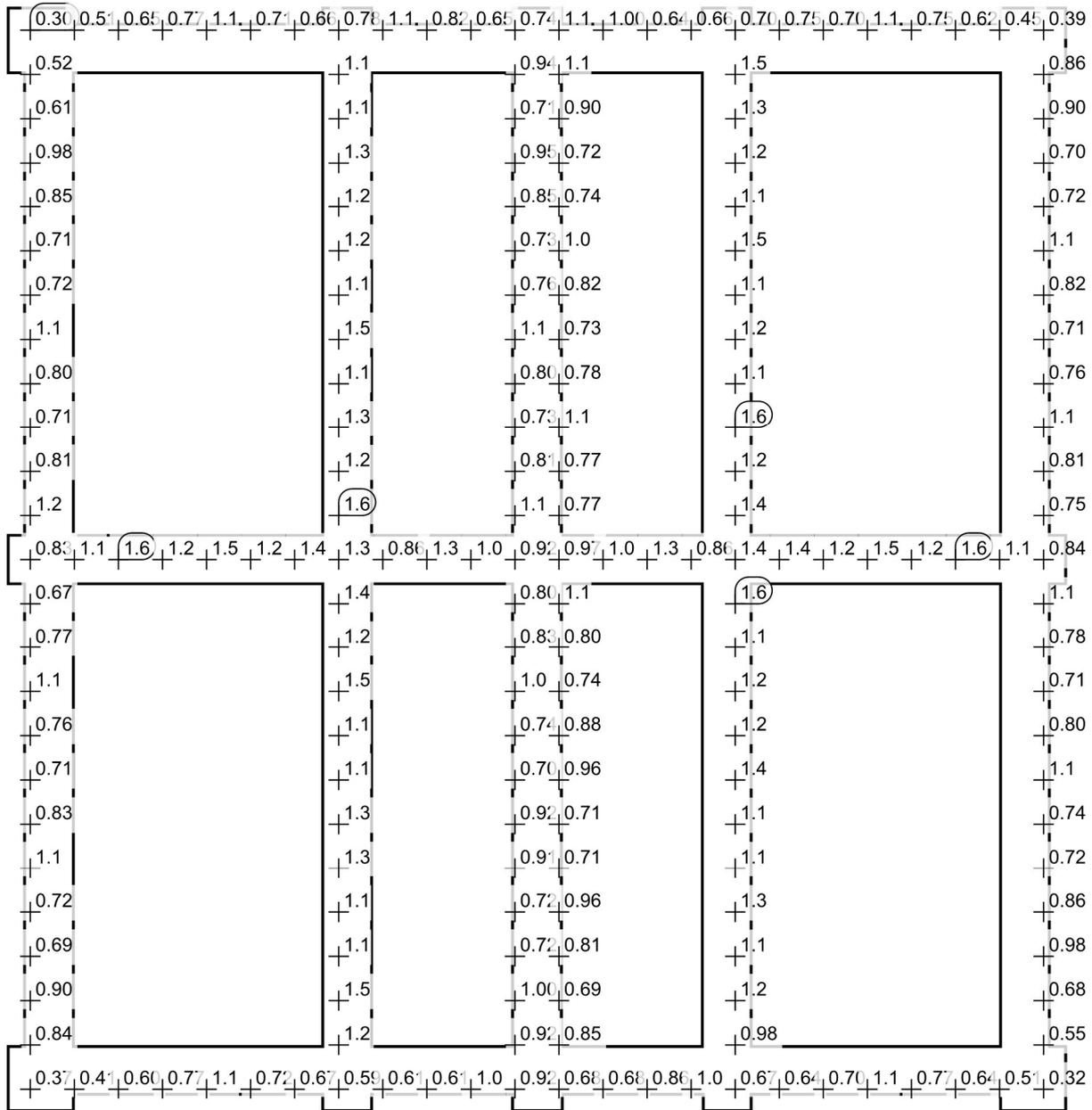
Escala: 1 : 1250

Colores falsos [cd/m²]



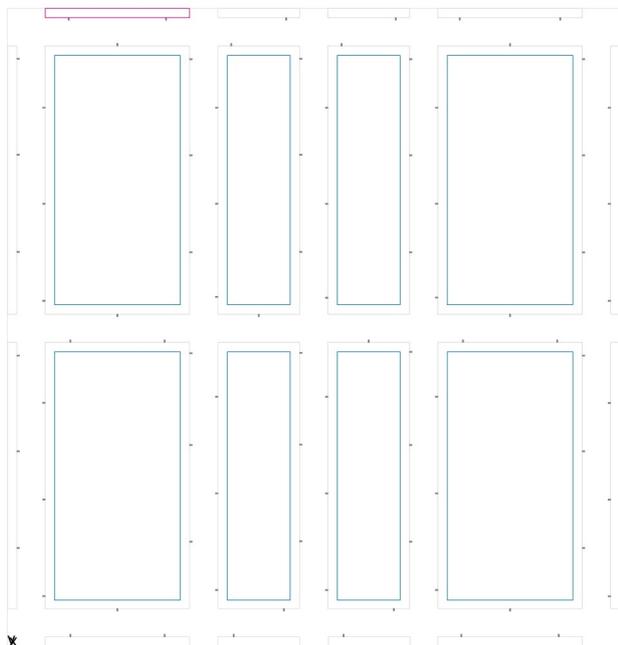
Escala: 1 : 1250

Sistema de valores [cd/m²]



Escala: 1 : 1250

Objeto de resultado de acera 1 / Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente)



Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de acera 1: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

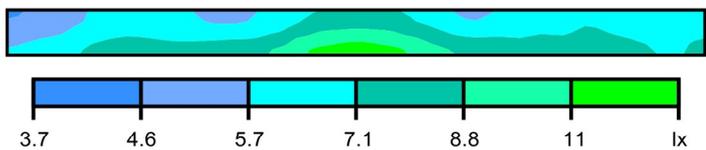
Media: 7.13 lx, Min: 4.45 lx, Max: 12.4 lx, Mín./medio: 0.62, Mín./máx.: 0.36

Isolíneas [lx]



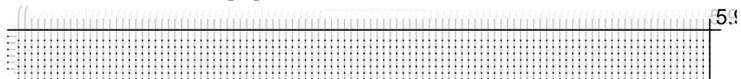
Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



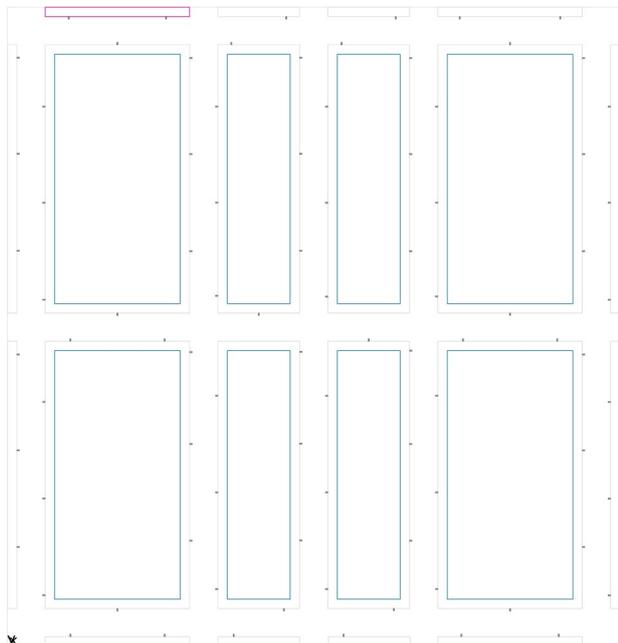
Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]



Escala: 1 : 500

Objeto de resultado de acera 1 / Densidad lumínica



Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de acera 1: Densidad lumínica (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

Media: 0.45 cd/m², Min: 0.28 cd/m², Max: 0.79 cd/m², Mín./medio: 0.62, Mín./máx.: 0.35

Isolíneas [cd/m²]



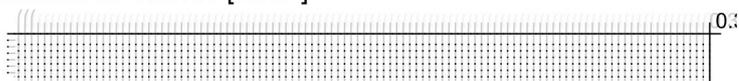
Escala: 1 : 500

Colores falsos [cd/m²]

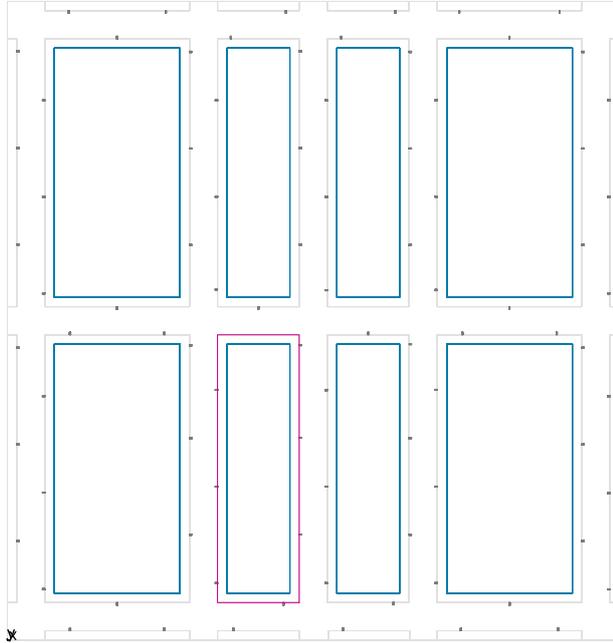


Escala: 1 : 500

Sistema de valores [cd/m²]



Escala: 1 : 500

**Objeto de resultado de acera 13 / Intensidad lumínica perpendicular
(Adaptativamente)**

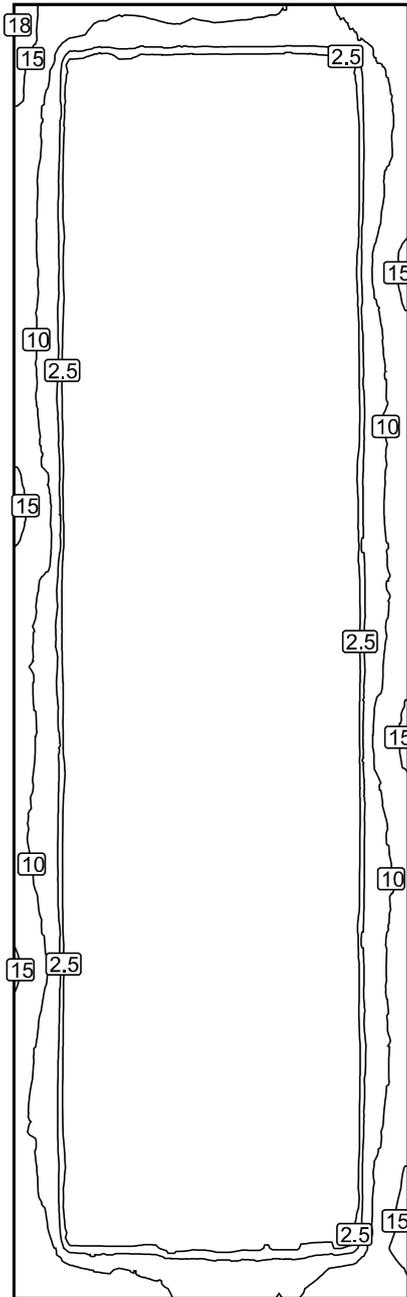
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de acera 13: Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

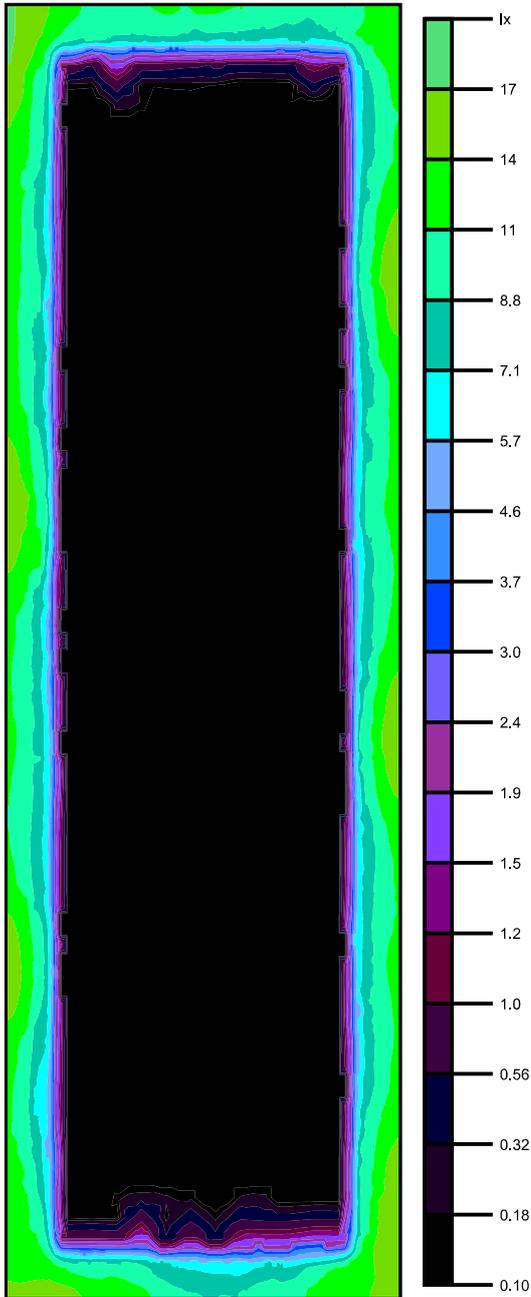
Media: 3.01 lx, Min: 0.00 lx, Max: 17.6 lx, Mín./medio: 0.00, Mín./máx.: 0.00

Isolíneas [lx]



Escala: 1 : 500

Colores falsos [lx]



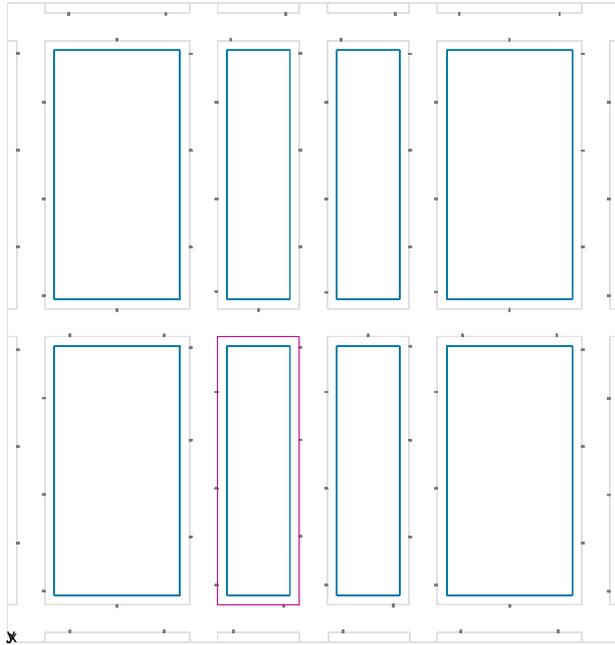
Escala: 1 : 500

Sistema de valores [lx]

16	13	10	9.7	9.9	10	10	10	9.6	9.19	3	10	12		
15	9.24	84	73	63	64	03	93	93	84	33	0	12		
14	5.7	0.29	87	28	27	24	17	16	27	53	1	10		
13	6.2	0.01	17	10	05	04	02	01	07	01	8	10		
12	5.10	0.01	00	00	00	00	00	00	00	00	01	5	10	
11	4.6	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	5	11	
11	4.3	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	7	12	
11	4.5	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	6	13	
11	4.6	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	9	14	
11	4.5	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	5	14	
11	4.2	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	6	13	
11	4.3	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	8	12	
11	3.9	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	9	11	
11	3.9	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	1	11	
12	4.5	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	3	11	
13	5.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	8	11	
14	5.2	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	8	11
14	5.4	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	7	11
13	4.4	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	3	10
11	3.6	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	0	10
10	3.7	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01	0	11
10	3.7	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	1	11
10	3.9	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	1	12
10	4.3	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	1	13
11	5.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0	14
10	4.7	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	5	13
10	4.4	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	1	12
9.9	4.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0	11
10	4.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	1	10
11	4.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	3	10
12	4.7	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	7	10
13	5.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	7	11
13	5.5	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	4	11
12	4.9	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	3	10
11	4.5	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	8	10
10	4.2	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	9	10
9.9	4.0	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	2	11
9.9	4.10	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	5	12
11	4.7	0.00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	2	13
11	4.5	0.03	07	18	14	12	14	16	00	00	00	00	2	14
11	5.10	0.29	28	00	31	41	57	68	70	80	7	15		
12	8.94	55	04	73	23	23	43	94	25	03	03	115		
14	14	12	12	10	8	53	07	99	03	31	13	14		

Escala: 1 : 500

Objeto de resultado de acera 13 / Densidad lumínica



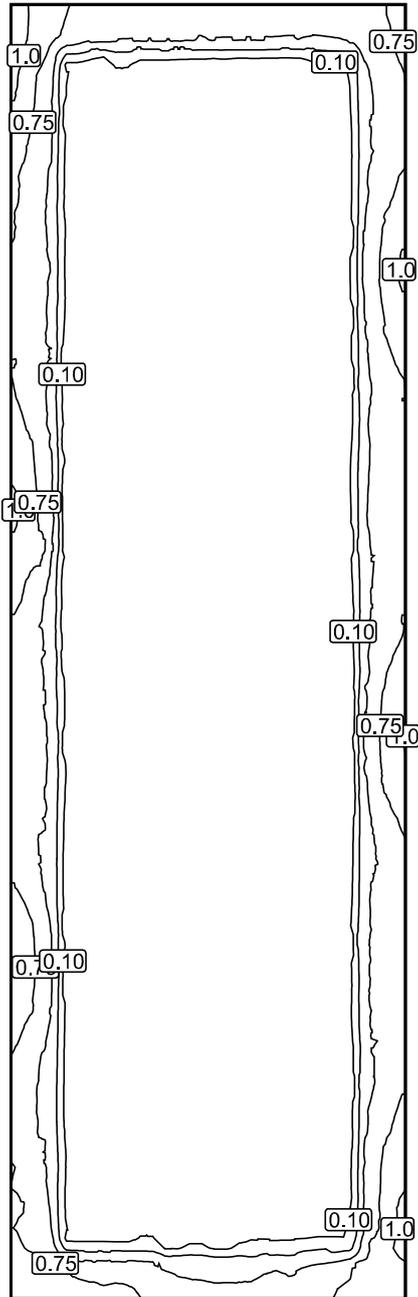
Factor de degradación: 0.80

Objeto de resultado de acera 13: Densidad lumínica (Superficie)

Escena de luz: Escena de luz 1

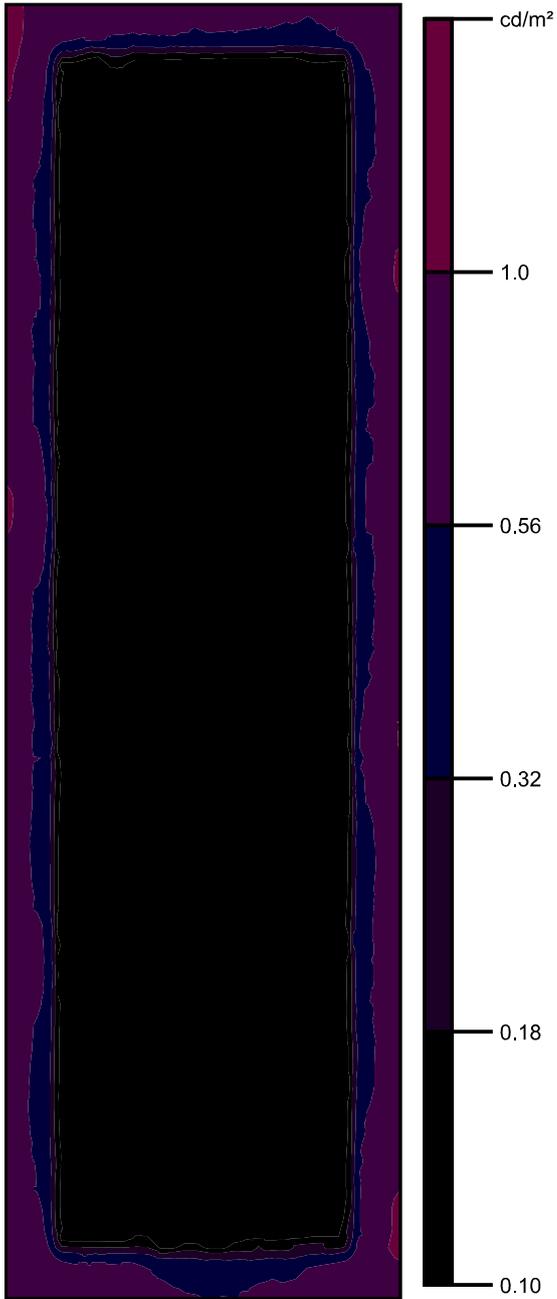
Media: 0.19 cd/m², Min: 0.00 cd/m², Max: 1.12 cd/m², Mín./medio: 0.00, Mín./máx.: 0.00

Isolíneas [cd/m²]



Escala: 1 : 500

Colores falsos [cd/m²]



Escala: 1 : 500

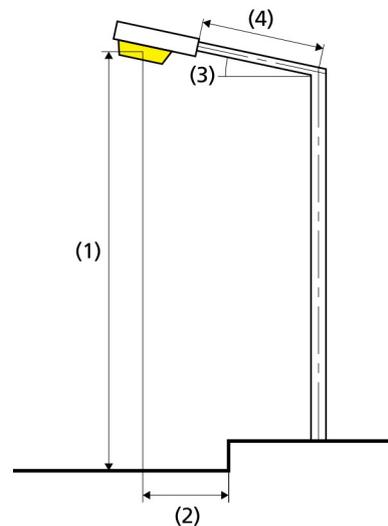
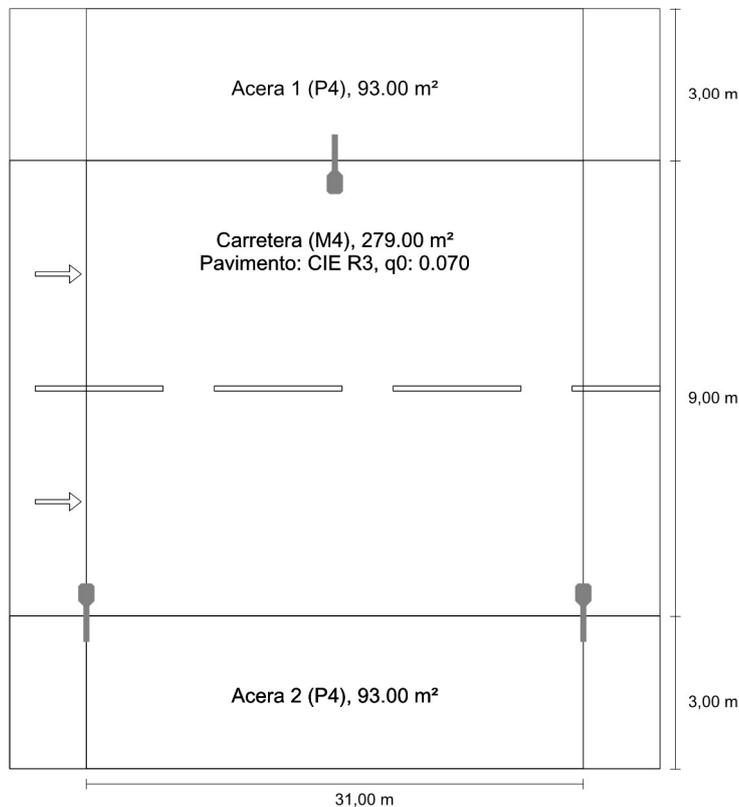
Sistema de valores [cd/m²]

1.00	0.82	0.66	0.62	0.63	0.66	0.65	0.64	0.61	0.58	0.59	0.66	0.71
0.97	0.58	0.31	0.30	0.23	0.23	0.25	0.25	0.25	0.24	0.27	0.51	0.74
0.89	0.36	0.02	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.32	0.61
0.82	0.39	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.64
0.76	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.64
0.70	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.61
0.70	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.74
0.70	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.81
0.69	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.90
0.69	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.81
0.68	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.81
0.68	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.71
0.69	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.61
0.71	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.61
0.79	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.61
0.85	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.61
0.92	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.71
0.88	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.61
0.81	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.61
0.73	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.61
0.66	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.61
0.65	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.71
0.65	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.71
0.66	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.81
0.68	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.81
0.66	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.81
0.64	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.71
0.63	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.61
0.65	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.61
0.70	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.61
0.79	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.61
0.85	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.61
0.85	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.61
0.79	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.61
0.68	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.61
0.66	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.61
0.63	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.61
0.63	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.71
0.70	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.81
0.71	0.29	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.33	0.81
0.72	0.32	0.02	0.02	0.07	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.36	0.91
0.76	0.57	0.29	0.32	0.30	0.20	0.20	0.21	0.25	0.27	0.32	0.58	0.91
0.86	0.88	0.78	0.75	0.67	0.54	0.51	0.50	0.57	0.59	0.72	0.81	0.91

Escala: 1 : 500

Calle poligono hacia EN 13201:2015

ES-SYSTEM 5147320 Racer Smart Mini 826.LED
740 9300lm 100W RAL7042 DRV DIM DALI



Resultados para campos de evaluación

Factor de degradación: 0.67

Acera 1 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.55	✓ 4.96

Carretera (M4)

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.76	✓ 0.51	✓ 0.62	✓ 7	* 0.45

Acera 2 (P4)

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.56	✓ 4.90

* Informativo, no es parte de la evaluación

Resultados para indicadores de eficiencia energética

Indicador de la densidad de potencia (Dp) 0.023 W/lxm²
Densidad de consumo de energía

Lámpara:	1xLED
Flujo luminoso (luminaria):	5399.95 lm
Flujo luminoso (lámpara):	5400.00 lm
Horas de trabajo	
4000 h:	100.0 %, 55.0 W
W/km:	3520.0
Organización:	bilateral en alternancia
Distancia entre mástiles:	31.000 m
Inclinación del brazo (3):	25.0°
Longitud del brazo (4):	0.993 m
Altura del punto de luz (1):	8.000 m
Saliente del punto de luz (2):	0.400 m

ULR:	0.02
ULOR:	0.00

Valores máximos de la intensidad lumínica

sobre 70°	509 cd/klm *
sobre 80°	462 cd/klm *
sobre 90°	90.9 cd/klm *

Clase de potencia lumínica: /

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

* Luminous intensity values in [cd/klm] for calculating luminous intensity class refer to the output flux of the luminaire, according EN 13201:2015.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0

Organización: Racer Smart Mini 826.LED 740 9300lm 100W 0.9 kWh/m² año
RAL7042 DRV DIM DALI (440.0 kWh/año)

Acera 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 11 x 3 Puntos

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.55	✓ 4.96

Acera 1 (P4)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

14.500	6.42	5.65	4.98	4.96	5.40	5.92	5.40	4.96	4.98	5.65	6.42
13.500	7.93	6.92	5.86	5.73	5.92	6.28	5.92	5.73	5.86	6.92	7.93
12.500	9.82	8.29	7.06	6.70	6.81	7.04	6.81	6.70	7.06	8.29	9.82
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 3 Puntos

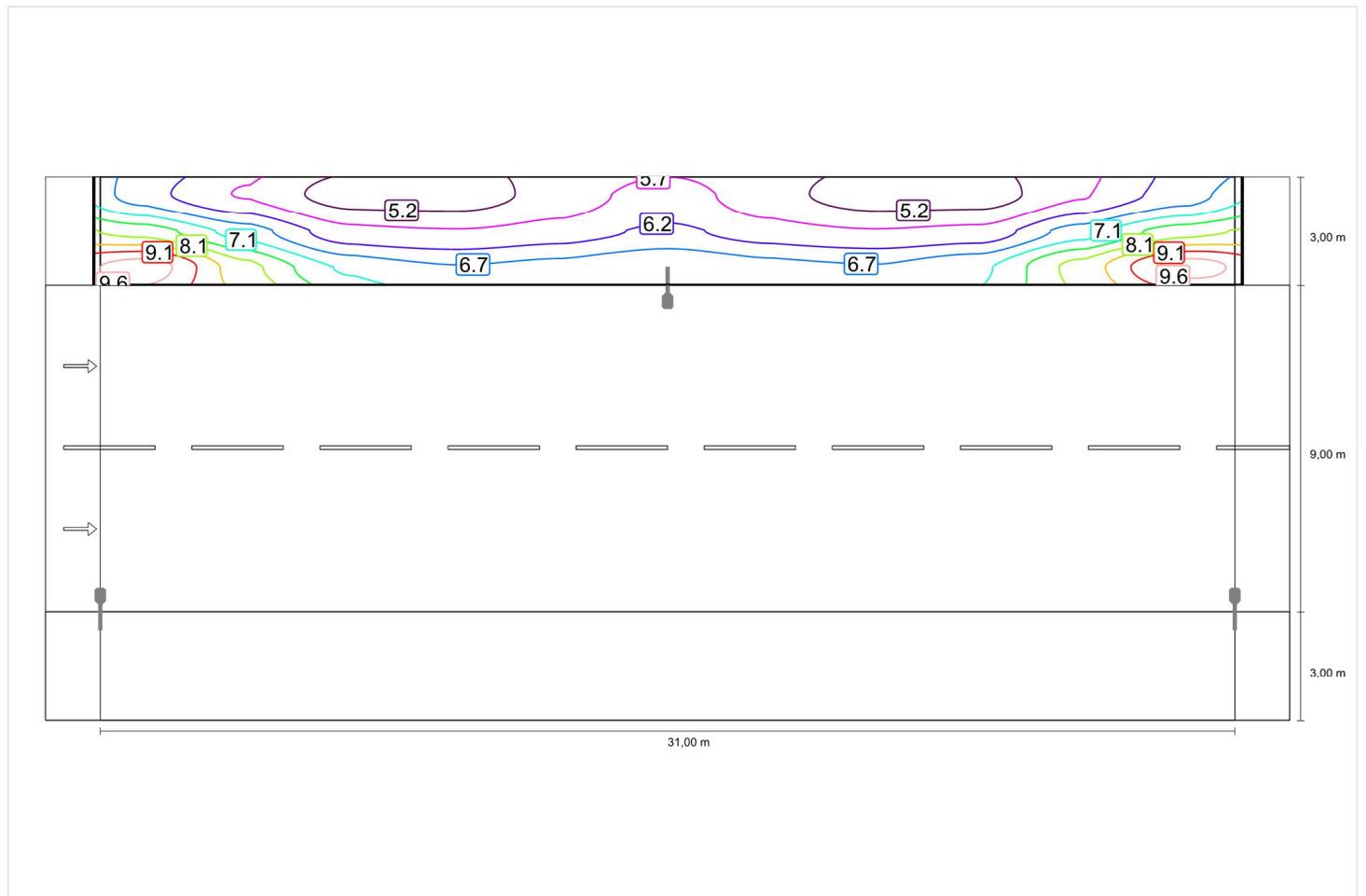
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
6.55	4.96	9.82	0.758	0.506

Acera 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67
 Trama: 11 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.55	✓ 4.96

Intensidad luminica horizontal

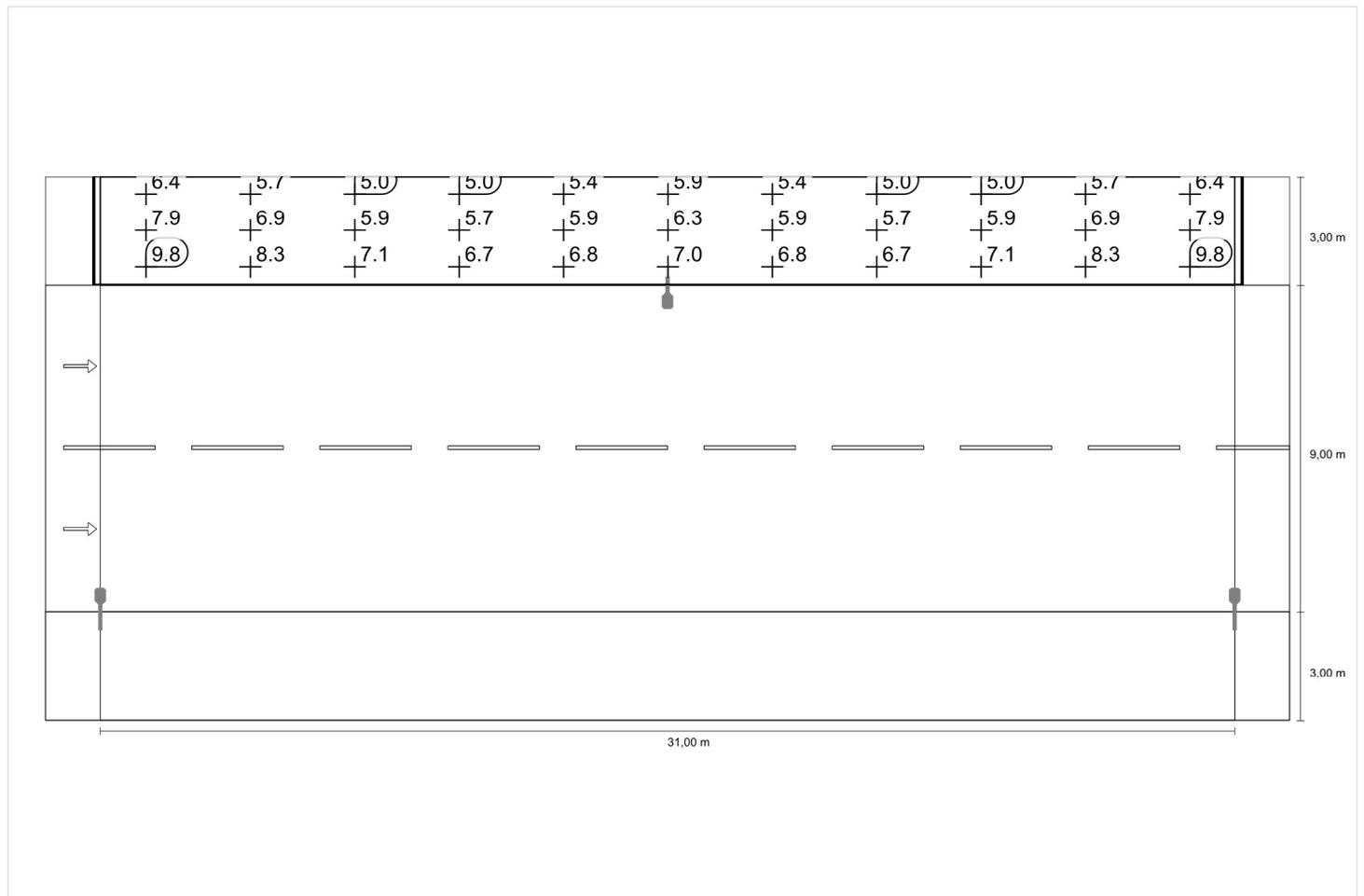


Acera 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67
 Trama: 11 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.55	✓ 4.96

Intensidad luminica horizontal



Carretera (M4)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.76	✓ 0.51	✓ 0.62	✓ 7	* 0.45

* Informativo, no es parte de la evaluación

Observador respectivo (2):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m ²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15
Observador 1	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.76	0.53	0.62	7
Observador 2	(-60.000, 9.750, 1.500)	0.76	0.51	0.63	7

Carretera (M4)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

11.250	13.0	10.8	9.23	8.61	8.08	8.35	8.08	8.61	9.23	10.8	13.0
9.750	17.0	14.0	11.9	11.6	12.0	12.8	12.0	11.6	11.9	14.0	17.0
8.250	19.6	15.6	13.5	13.8	15.9	18.5	15.9	13.8	13.5	15.6	19.6
6.750	17.2	14.6	13.4	14.2	17.4	20.7	17.4	14.2	13.4	14.6	17.2
5.250	12.4	11.6	11.7	12.6	15.5	17.6	15.5	12.6	11.7	11.6	12.4
3.750	8.23	8.17	9.04	9.86	12.1	13.1	12.1	9.86	9.04	8.17	8.23
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 6 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
13.0	8.08	20.7	0.623	0.391

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.250	0.79	0.65	0.54	0.48	0.42	0.40	0.41	0.49	0.59	0.70	0.85
9.750	1.05	0.87	0.77	0.70	0.64	0.63	0.66	0.75	0.82	0.97	1.07
8.250	1.03	0.91	0.83	0.84	0.84	0.86	0.85	0.87	0.90	0.95	1.02
6.750	0.84	0.84	0.82	0.84	0.92	1.00	0.93	0.85	0.83	0.83	0.84
5.250	0.62	0.68	0.74	0.80	0.96	1.01	0.92	0.78	0.72	0.67	0.63
3.750	0.44	0.49	0.60	0.68	0.84	0.88	0.78	0.62	0.55	0.47	0.45
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m ²]	Lmin [cd/m ²]	Lmax [cd/m ²]	g1	g2
0.76	0.40	1.07	0.534	0.380

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.250	1.19	0.97	0.81	0.72	0.62	0.60	0.61	0.73	0.88	1.04	1.27
9.750	1.57	1.30	1.14	1.05	0.96	0.94	0.99	1.13	1.22	1.45	1.59
8.250	1.53	1.35	1.24	1.26	1.26	1.29	1.28	1.30	1.35	1.41	1.52
6.750	1.25	1.25	1.23	1.25	1.38	1.49	1.38	1.26	1.23	1.24	1.26
5.250	0.93	1.02	1.11	1.19	1.43	1.50	1.38	1.17	1.08	1.00	0.94
3.750	0.65	0.72	0.89	1.02	1.25	1.31	1.17	0.93	0.82	0.71	0.67
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m ²]	Lmin [cd/m ²]	Lmax [cd/m ²]	g1	g2
1.13	0.60	1.59	0.534	0.380

Observador 2

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

11.250	0.85	0.68	0.57	0.51	0.45	0.44	0.45	0.54	0.65	0.75	0.89
9.750	0.99	0.84	0.75	0.71	0.65	0.62	0.64	0.72	0.76	0.89	1.00
8.250	0.97	0.89	0.82	0.85	0.84	0.86	0.83	0.83	0.84	0.87	0.98
6.750	0.86	0.88	0.89	0.92	1.00	1.04	0.95	0.86	0.82	0.83	0.84
5.250	0.62	0.71	0.79	0.88	1.05	1.08	0.96	0.80	0.73	0.67	0.63
3.750	0.39	0.42	0.52	0.60	0.77	0.83	0.75	0.60	0.53	0.45	0.42
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m ²]	Lmin [cd/m ²]	Lmax [cd/m ²]	g1	g2
0.76	0.39	1.08	0.510	0.359

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

11.250	1.27	1.02	0.85	0.77	0.67	0.66	0.67	0.81	0.97	1.12	1.33
9.750	1.48	1.26	1.12	1.06	0.97	0.93	0.96	1.07	1.13	1.33	1.49
8.250	1.45	1.33	1.23	1.26	1.26	1.29	1.23	1.24	1.25	1.30	1.46
6.750	1.28	1.32	1.33	1.38	1.49	1.56	1.42	1.28	1.23	1.24	1.26
5.250	0.93	1.06	1.18	1.31	1.56	1.61	1.44	1.20	1.09	1.00	0.95
3.750	0.58	0.63	0.78	0.90	1.14	1.24	1.12	0.89	0.79	0.67	0.62
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m ²]	Lmin [cd/m ²]	Lmax [cd/m ²]	g1	g2
1.13	0.58	1.61	0.510	0.359

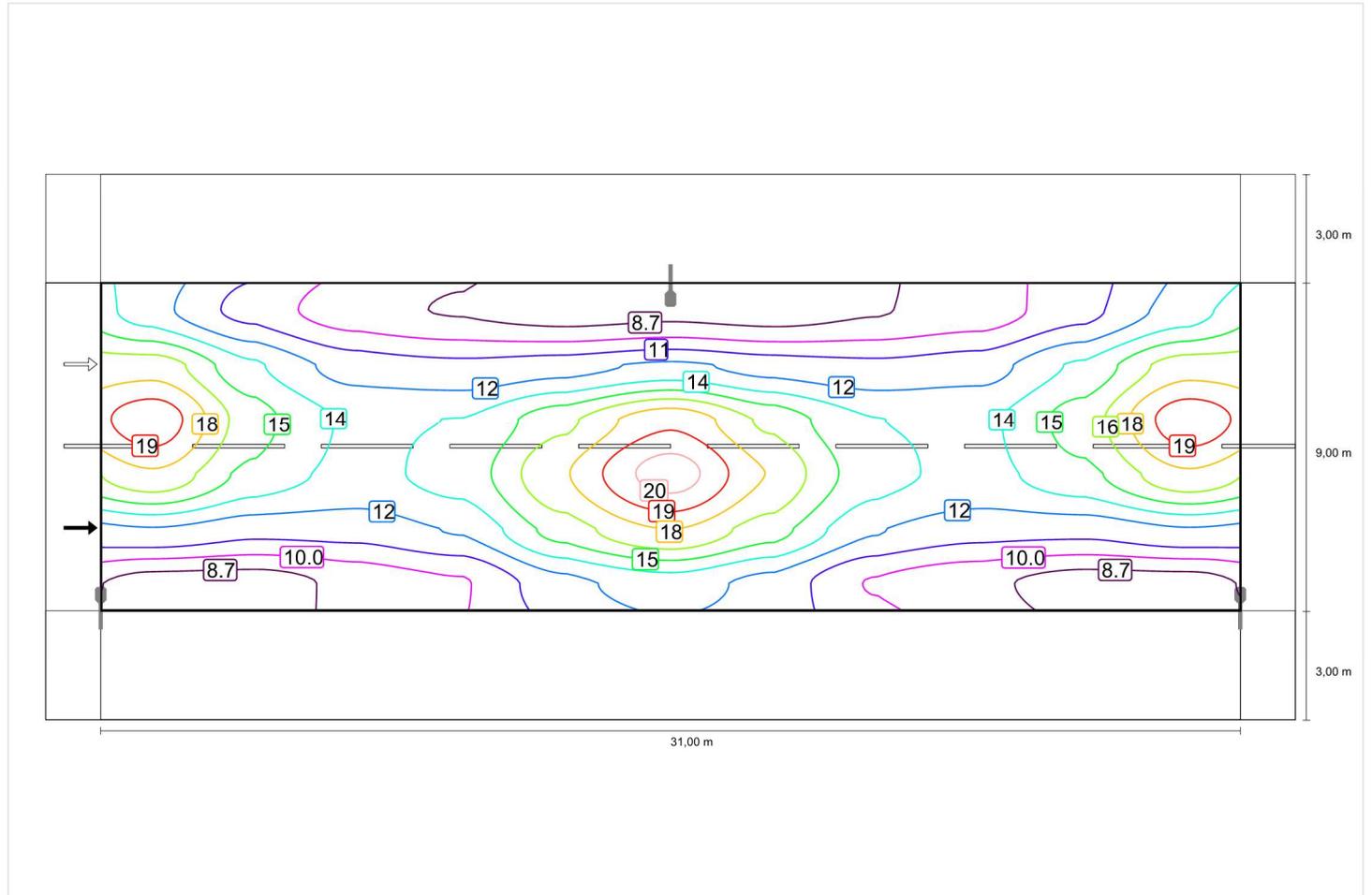
Carretera (M4)

Factor de degradación: 0.67
 Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.76	✓ 0.51	✓ 0.62	✓ 7	* 0.45

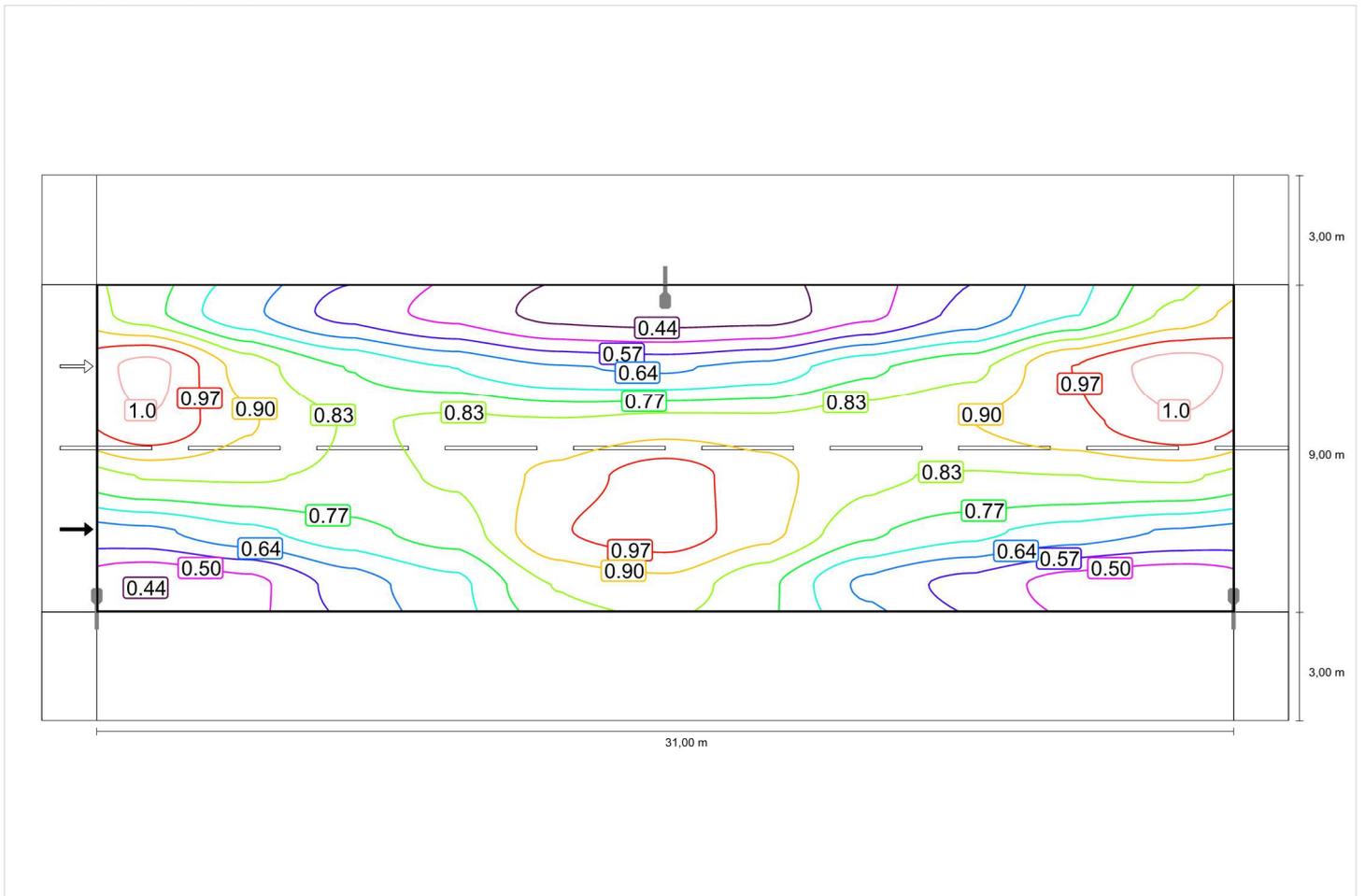
* Informativo, no es parte de la evaluación

Intensidad luminica horizontal

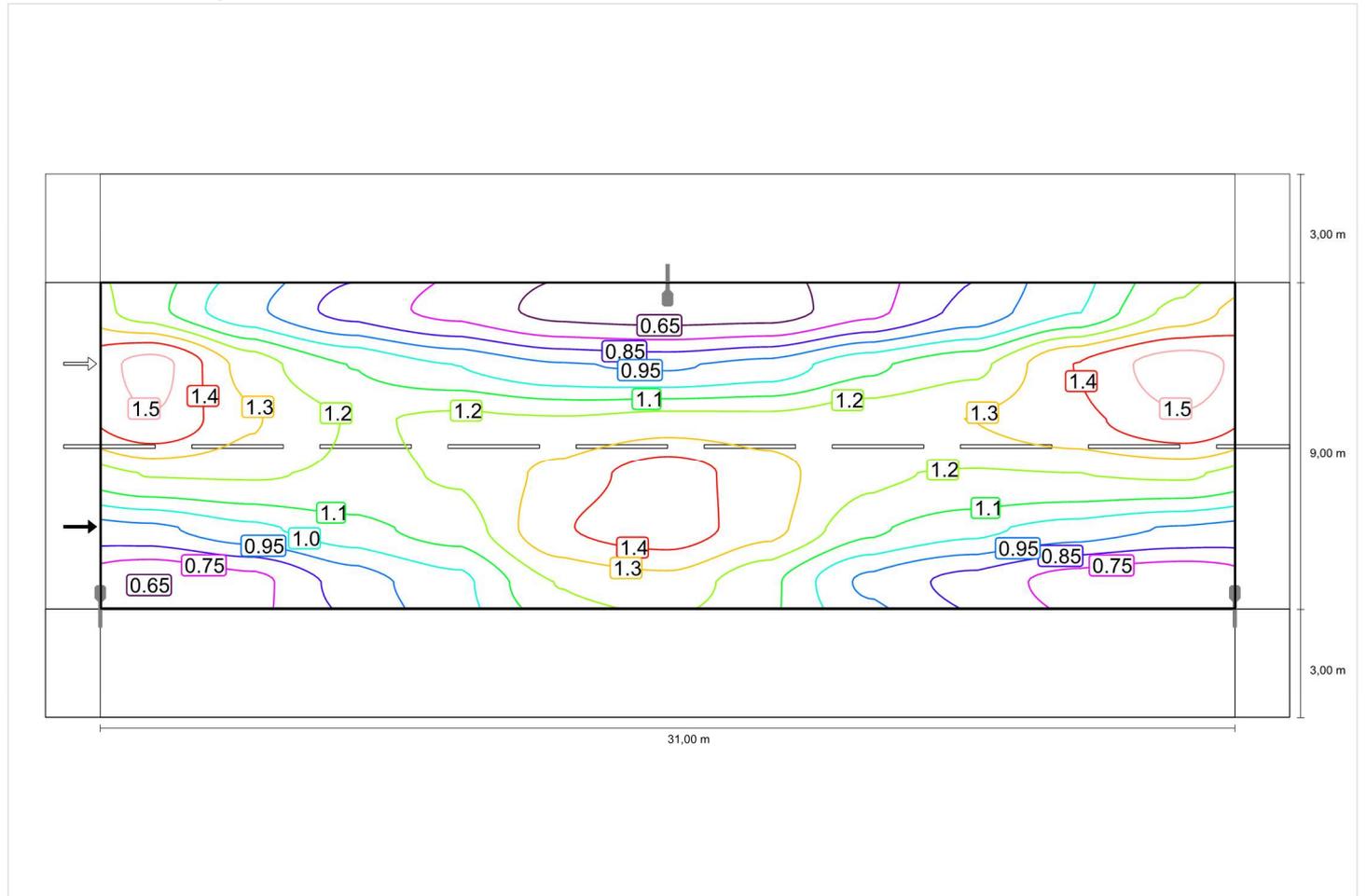


Observador 1

Luminancia en calzada seca

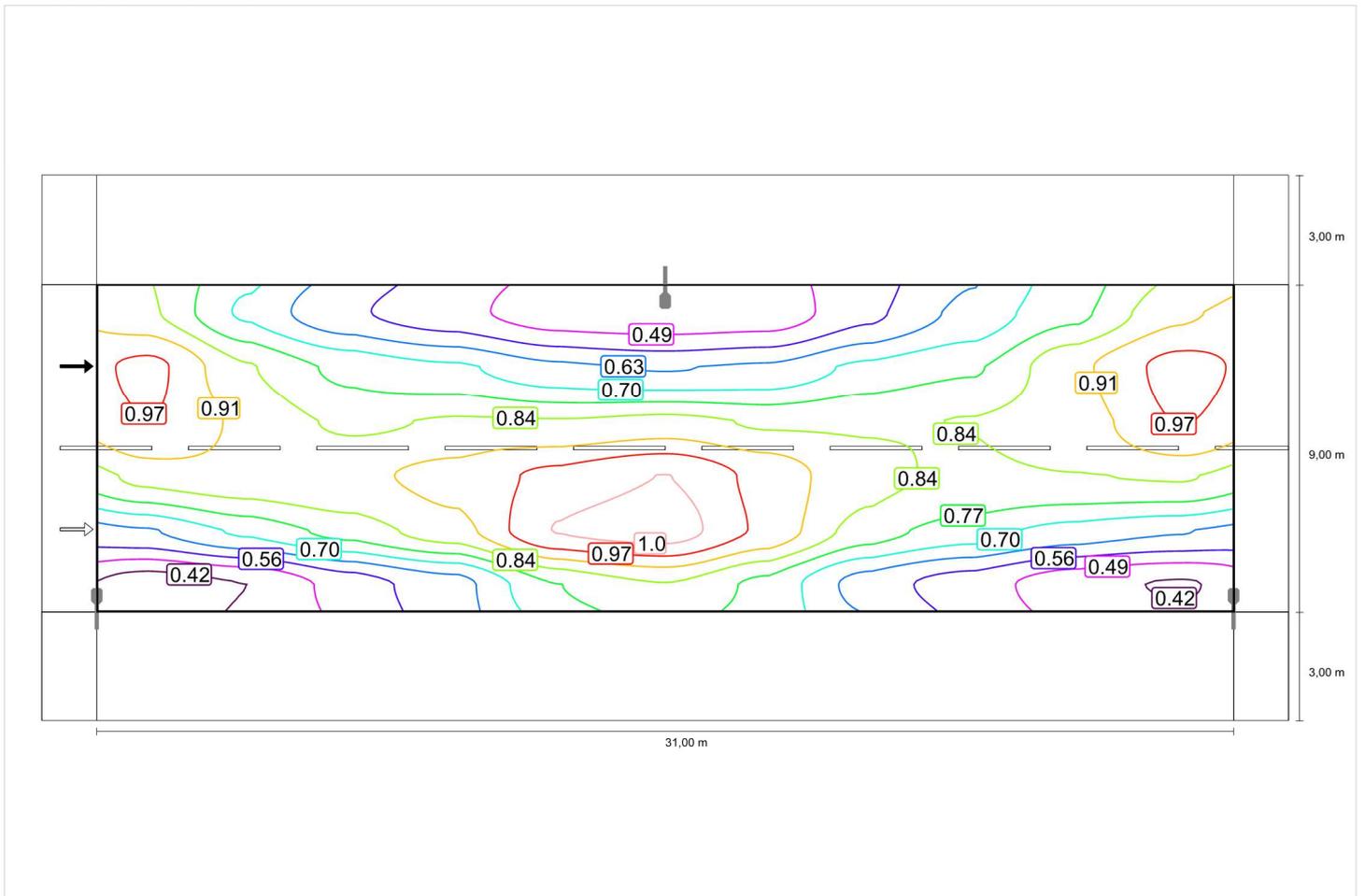


Luminancia de lámpara nueva

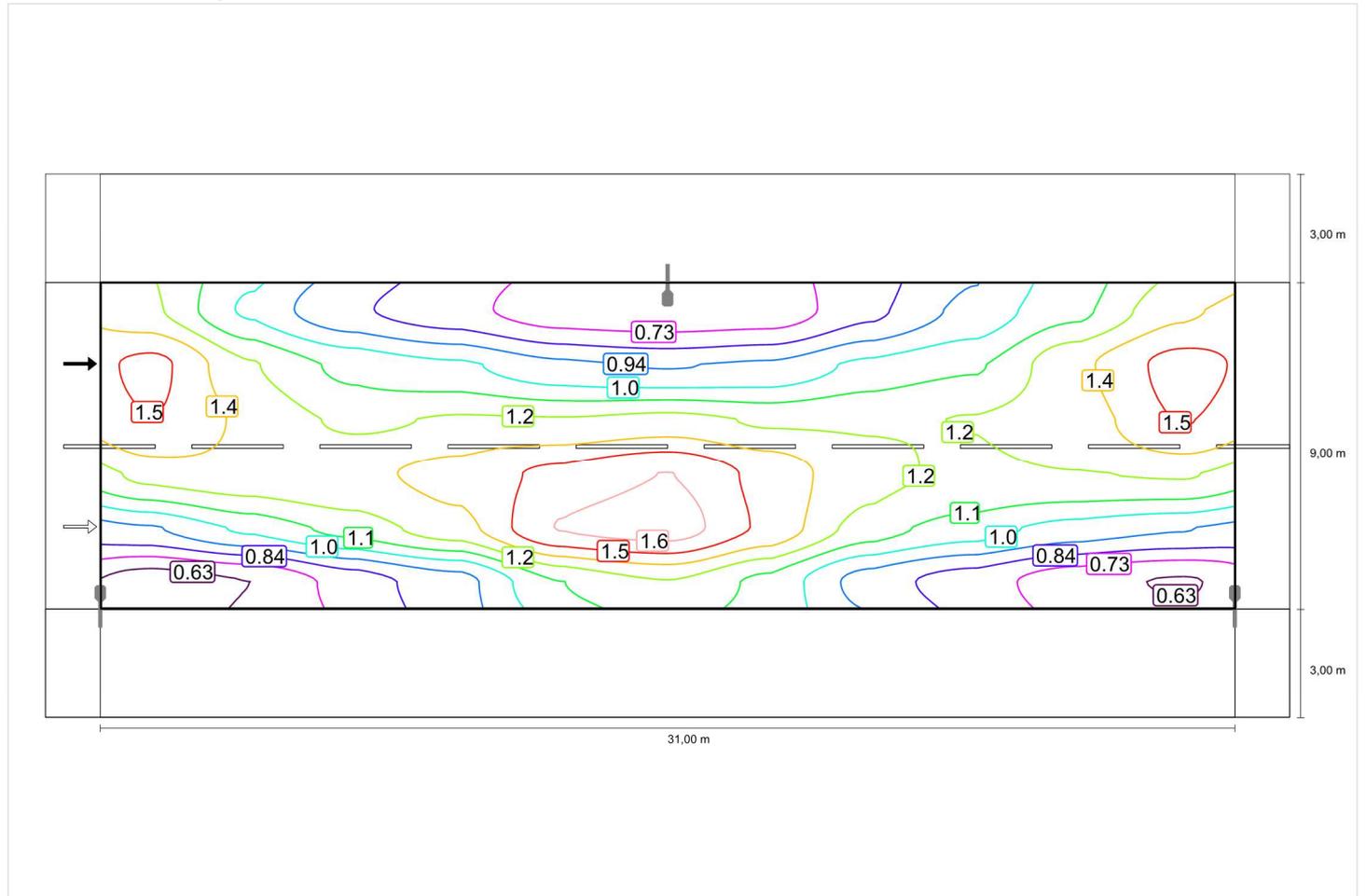


Observador 2

Luminancia en calzada seca



Luminancia de lámpara nueva



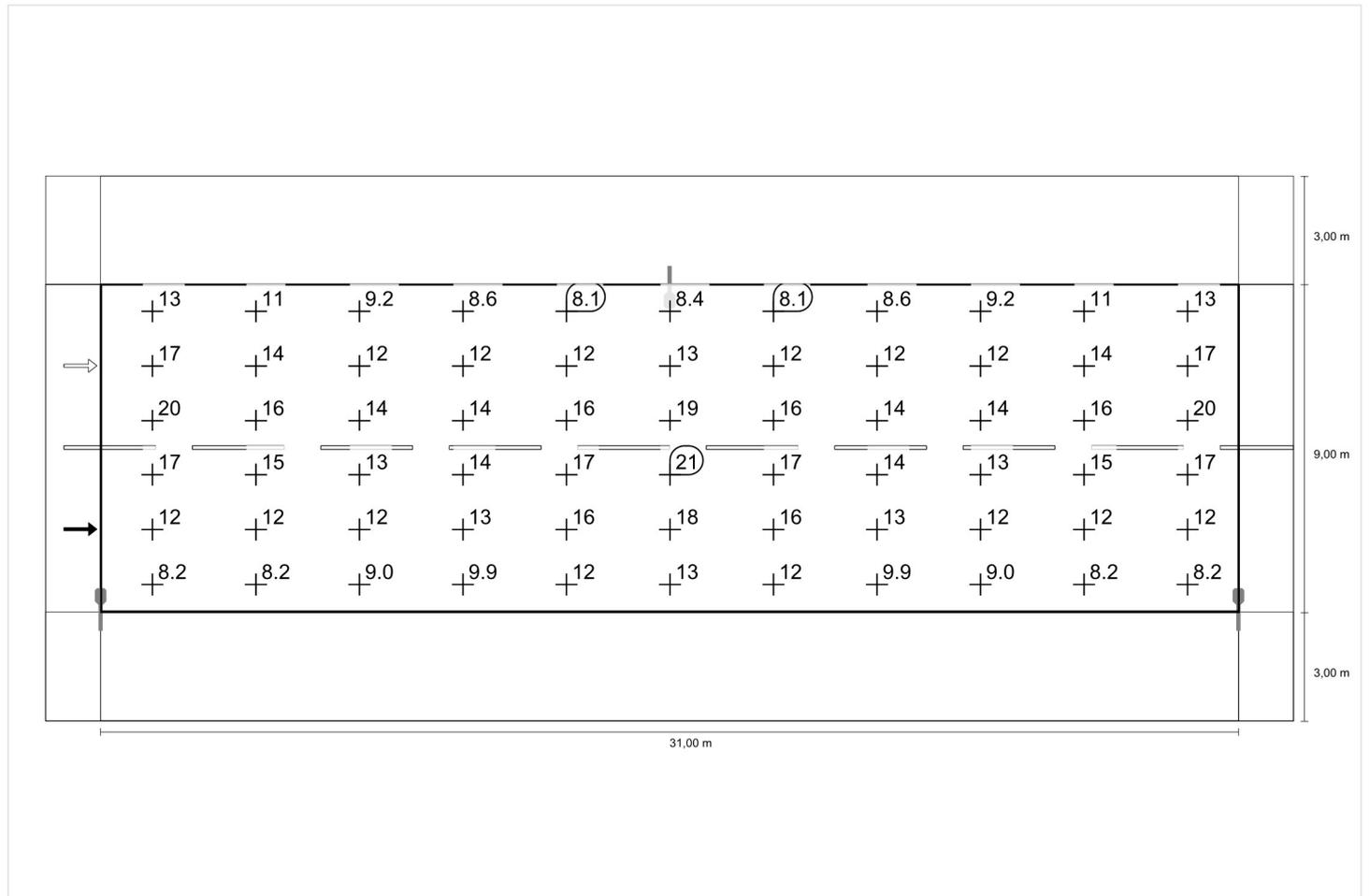
Carretera (M4)

Factor de degradación: 0.67
 Trama: 11 x 6 Puntos

Lm [cd/m²] ≥ 0.75	Uo ≥ 0.40	UI ≥ 0.60	TI [%] ≤ 15	EIR
✓ 0.76	✓ 0.51	✓ 0.62	✓ 7	* 0.45

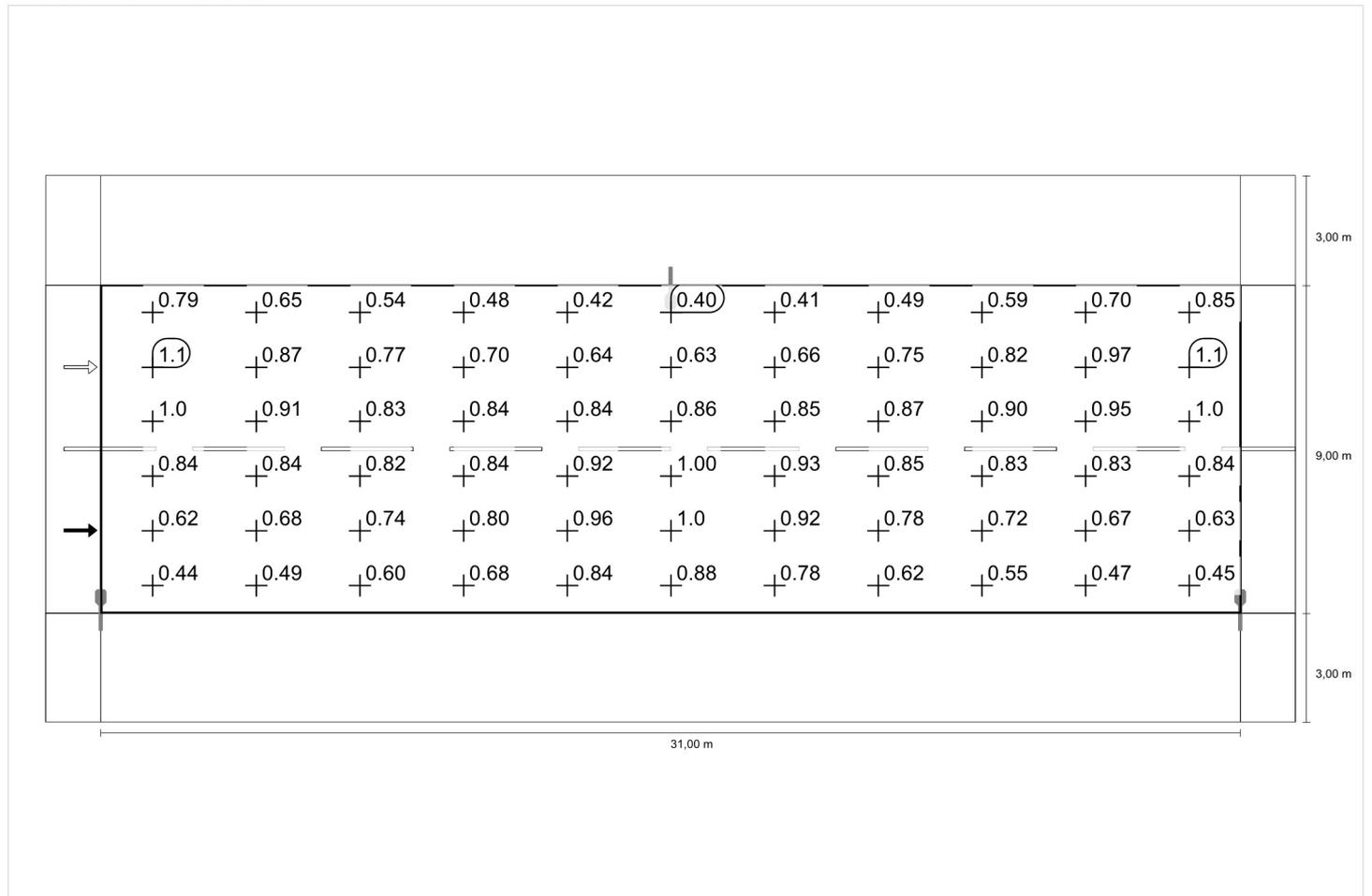
* Informativo, no es parte de la evaluación

Intensidad luminica horizontal

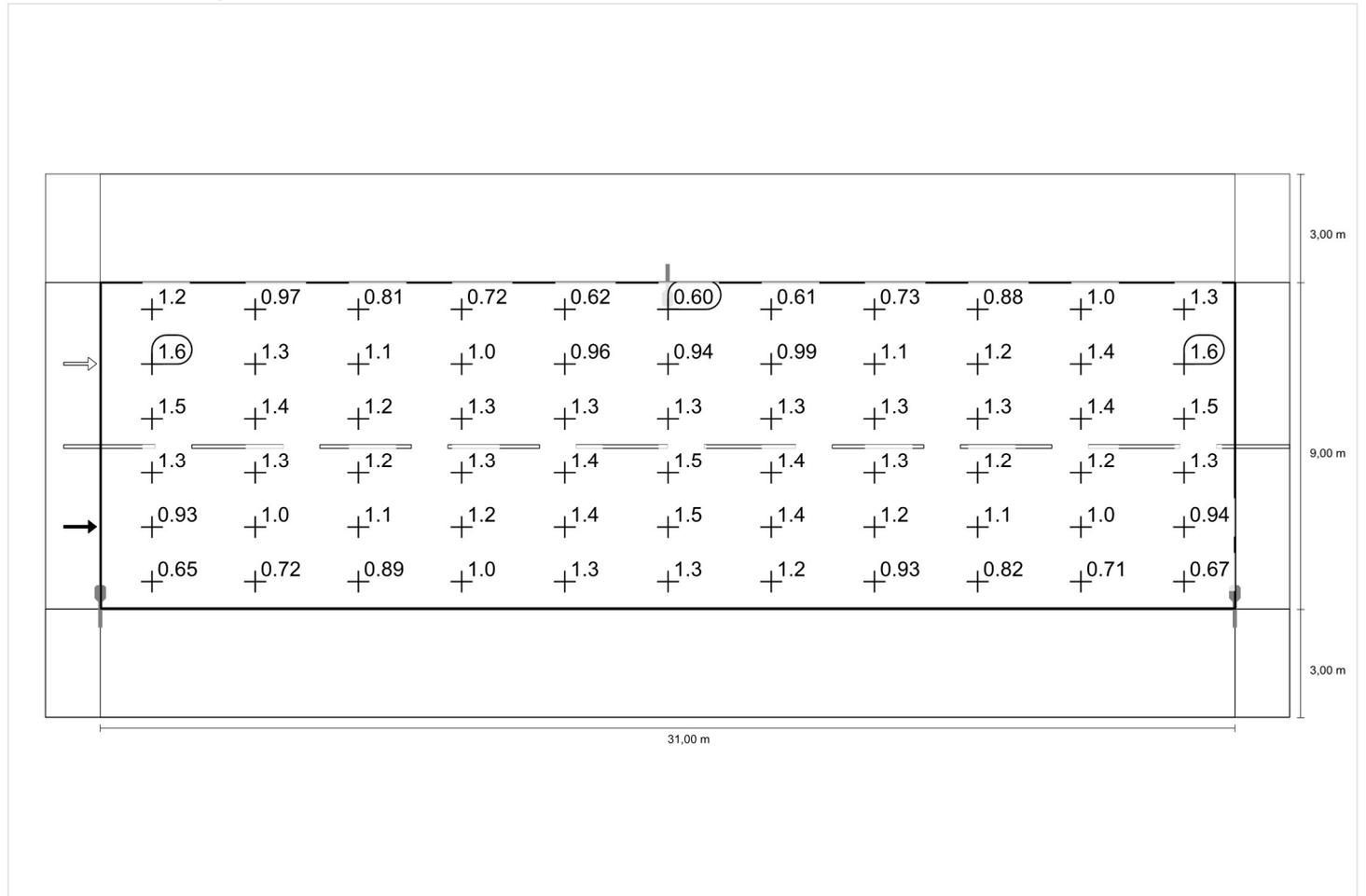


Observador 1

Luminancia en calzada seca

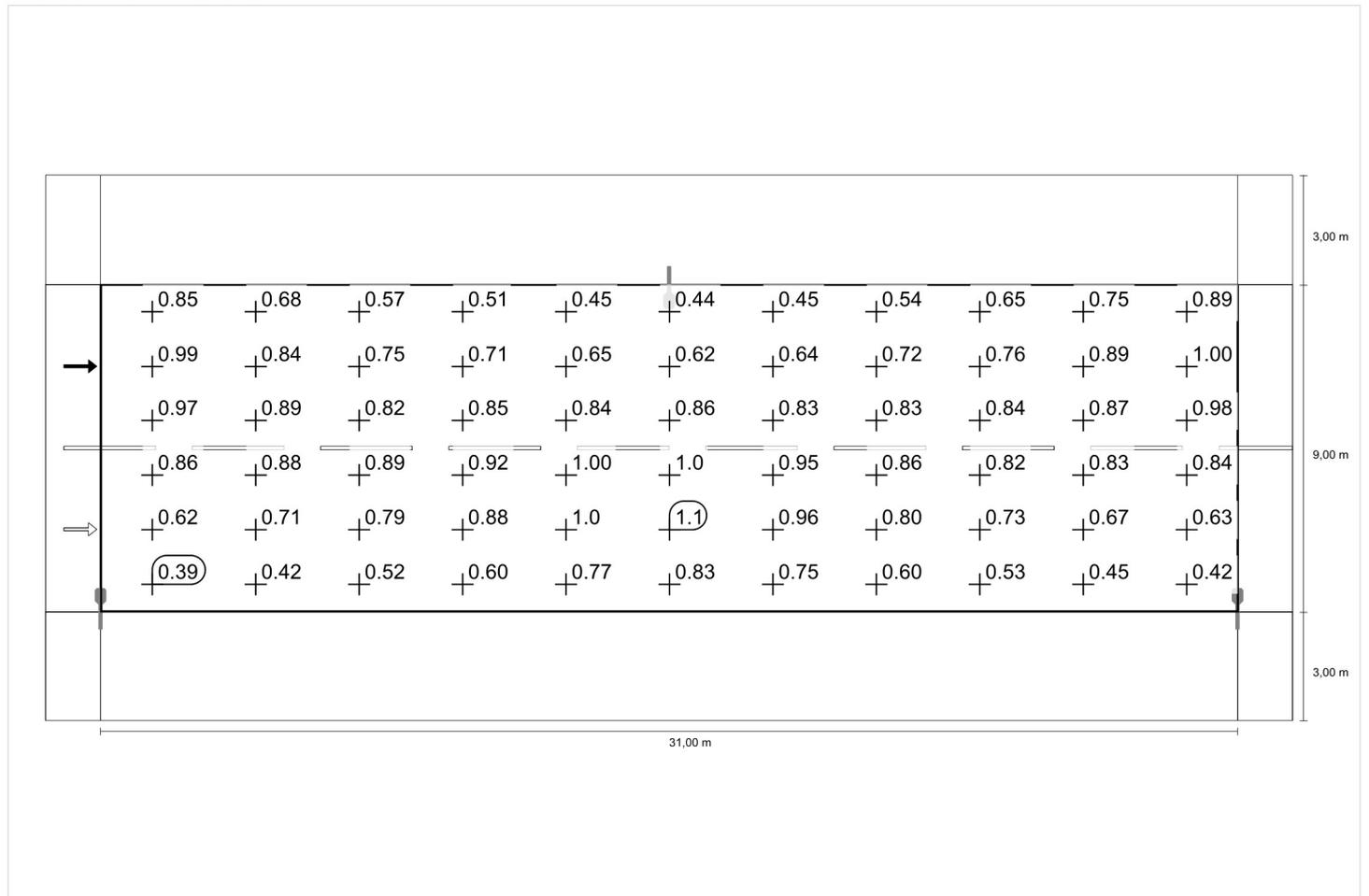


Luminancia de lámpara nueva

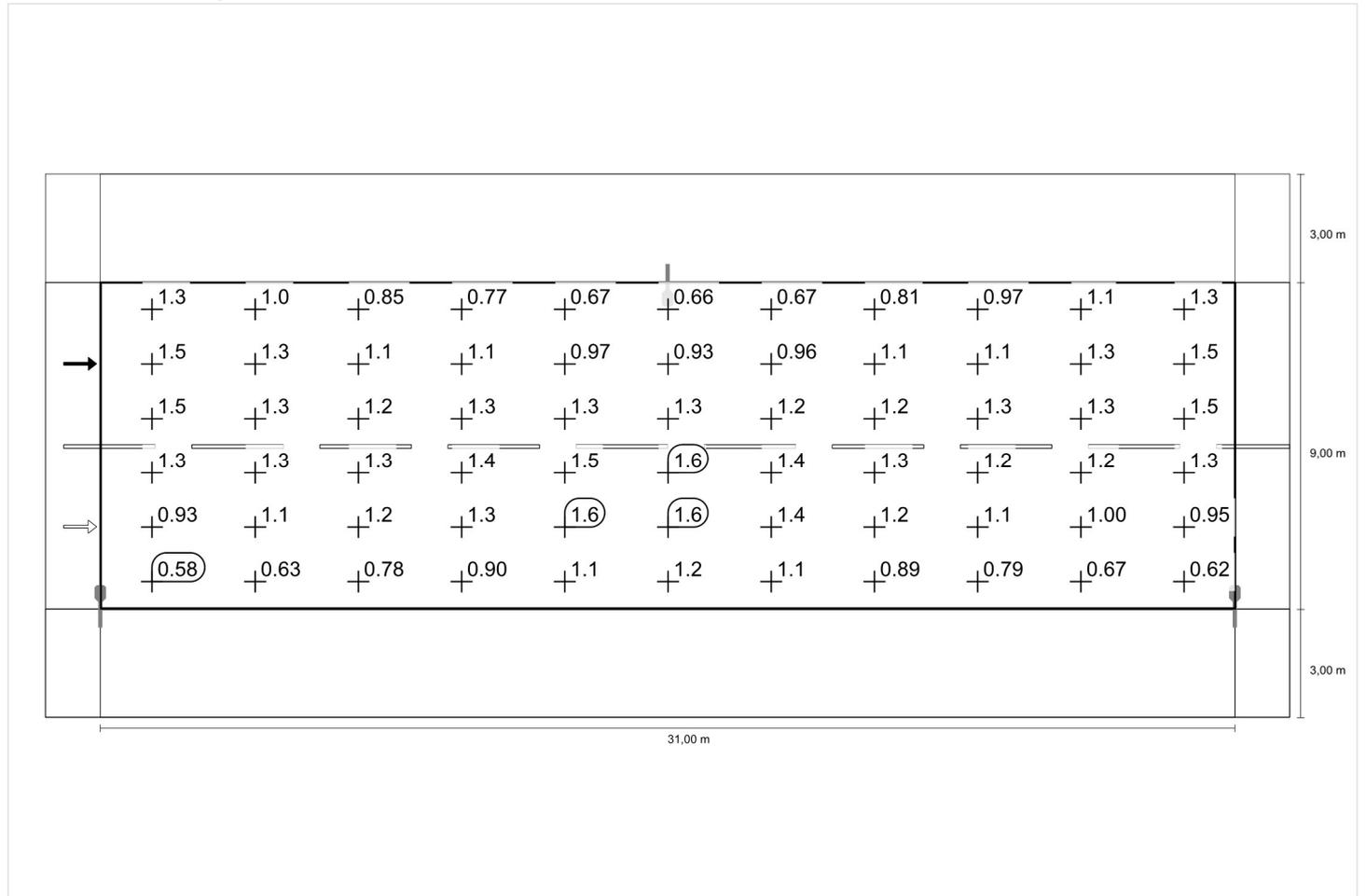


Observador 2

Luminancia en calzada seca



Luminancia de lámpara nueva



Acera 2 (P4)

Factor de degradación: 0.67

Trama: 11 x 3 Puntos

Em [lx] ≥ 5.00 ≤ 7.50	Emin [lx] ≥ 1.00
✓ 6.56	✓ 4.90

Acera 2 (P4)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

2.500	6.92	6.61	6.85	7.58	9.25	10.1	9.25	7.58	6.85	6.61	6.92
1.500	6.12	5.78	5.71	6.25	7.51	8.17	7.51	6.25	5.71	5.78	6.12
0.500	5.72	5.18	4.90	5.22	6.14	6.54	6.14	5.22	4.90	5.18	5.72
m	1.409	4.227	7.045	9.864	12.682	15.500	18.318	21.136	23.955	26.773	29.591

Trama: 11 x 3 Puntos

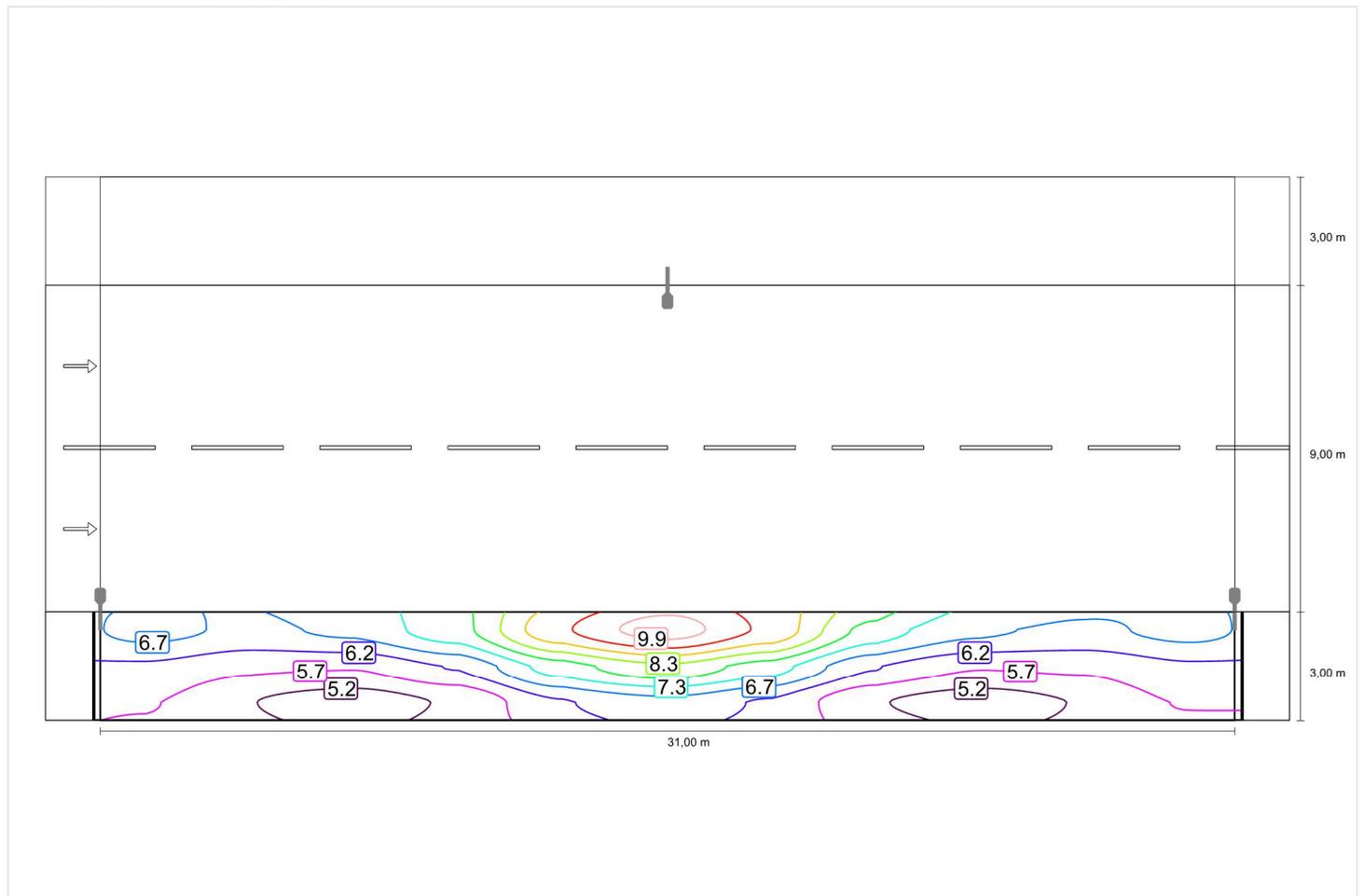
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
6.56	4.90	10.1	0.747	0.483

Acera 2 (P4)

Factor de degradación: 0.67
 Trama: 11 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.56	✓ 4.90

Intensidad luminica horizontal



Acera 2 (P4)

Factor de degradación: 0.67
 Trama: 11 x 3 Puntos

Em [lx]	Emin [lx]
≥ 5.00	≥ 1.00
≤ 7.50	
✓ 6.56	✓ 4.90

Intensidad luminica horizontal

