



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Grado en Ingeniería de la Energía

DISEÑO Y ANÁLISIS DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

AUTOR: CARLOS MASSÓ GARCÍA

TUTOR: SATURNINO CATALÁN
IZQUIERDO

Curso Académico: 2018-2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este proyecto a mi familia y, especialmente a mis padres María y José, por todo el esfuerzo que ha supuesto para ellos brindarme ésta oportunidad, y por apoyarme en mi camino.

También me gustaría mencionar a mi novia, mis amigos, y compañeros de carrera, los cuales han hecho más llevadero el camino, y a los que siempre estaré agradecido.

Por último, agradecer la colaboración de Fernando y del Ayuntamiento de La Gineta.

RESUMEN

En este proyecto, se realizará el diseño del alumbrado público del alumbrado de La Gineta (Albacete), un municipio de aproximadamente 2500 habitantes, y 91 zonas lumínicas a estudiar.

Para ello, se empleará, principalmente, el software DIALux 4.XX, mediante el cual, en base a unos cálculos preliminares, se buscará la solución lumínica más apropiada (potencia lumínica, óptica, dimensiones, etc.), ajustándose a aspectos como la normativa actual y la adaptación al entorno de las luminarias (limitaciones físicas), tratando de llegar a la mejor solución posible tanto económica como energética. Se comprenden zonas de diseño como calles, plazas, pistas deportivas y un tramo de autovía, 91 en total. De este diseño principal, se obtendrán los planos de situación de las luminarias, y las propias luminarias (y sus características) empleadas en cada zona lumínica.

Sustentándose en esta base, también se aportará el diseño unifilar del dimensionado eléctrico, sus componentes, así como la contratación eléctrica para nuestra instalación eléctrica y una simulación de su funcionamiento, en la que se analizará el consumo y coste, evaluando distintos escenarios de funcionamiento, modificando la configuración de los drivers. Y, finalmente, un resumen del presupuesto de la instalación y sus costes asociados.

Palabras Clave: Diseño Alumbrado público, Alumbrado, La Gineta, Albacete, Luminaria, DIALux, Gineta.

ABSTRACT

In this project, the design of the street lightning of La Gineta (Albacete) will be carried out, a municipality of approximately 2500 inhabitants, and 91 lighting areas to be studied.

With this purpose, the DIALux 4.XX software will be used, through which, based on preliminary calculations, we will look for the most appropriate lighting solution (light power, optics, dimensions, etc.), adjusting to aspects such as, the current regulation, and the adaptation to the environment of the luminaries (physical limitations), trying to reach the best economic and energetic solution possible. It includes design areas such as streets, squares, sports areas, and a section of highway, 91 in total. From this main design, the layout of the luminaires, and the luminaires themselves (and their specifications) used in each lighting area, will be obtained.

Based on this, the line diagram design of the electrical dimensioning, its components, as well as the electrical contracting for our electrical installation and simulation of its operation will be provided, in which the consumption and cost will be analysed, evaluating different operating scenarios, modifying the driver's configuration. And finally, a summary of the budget of the installation and its associated costs.

Keywords: Design, Street lightning, Lightning, La Gineta, Albacete, Luminarie, DIALux, Gineta

ÍNDICE Y CONTENIDO

Documentos contenidos en el TFG, en la siguiente página se encuentra el índice del documento.

- MEMORIA
- PRESUPUESTO
- PLANOS
- ANEJOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS MEMORIA.....	11
Síntesis del Proyecto	15
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objeto del proyecto	1
1.2 Alcance del proyecto.....	1
1.3 Normativa aplicable	1
1.4 Situación y contexto.....	1
1.5 Calles y zonas a iluminar	3
2 DISEÑO LUMINOTÉCNICO	5
2.1 Introducción	5
2.2 Proceso de cálculo y diseño	5
2.3 Normativa a aplicar	6
2.4 Cálculo Preliminar	13
2.4.1 Introducción	13
2.4.2 Definiciones.....	13
2.4.3 Hipótesis y suposiciones de cálculo	13
2.4.4 Cálculo.....	14
2.5 Simulaciones en DIALux y Cálculo real.....	25
2.5.1 Selección de luminarias y simulación en DIALux.....	25
2.5.2 Primera Simulación en DIALux	27
2.5.3 Cálculo del Factor de mantenimiento real.....	28
2.5.4 Segunda simulación en DIALux.....	32
2.6 Inventario, resultados luminotécnicos y de simulación.....	33
2.6.1 Introducción	33
2.6.2 Inventario de luminarias y características del área por código	33
2.6.3 Simulación Plaza mayor.....	39
2.6.4 Simulación Campo de fútbol municipal	41
2.6.5 Simulación municipio	42
2.6.6 Rendimiento, calificación energética y Flujo hemisférico superior	44
2.6.7 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta.....	49
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTRATACIÓN.....	51
3.1 Introducción	51
3.2 Instalación eléctrica.....	51
3.2.1 Diseño de cuadros eléctricos y sus líneas	51
3.2.2 Dimensionado eléctrico	55

3.3	Contratación eléctrica y consumo.....	56
3.3.1	Introducción	56
3.3.2	Consumo.....	56
3.3.3	Contratación eléctrica	57
	PRESUPUESTO	59
1	Introducción	57
2	Resumen presupuesto	57
3	Costes de explotación	57
3.1	Introducción	57
3.2	Resultados costes de explotación	58
4	Conclusión	58
	PLANOS	58
	ANEJOS	59
	Anejo I Detalle constructivo	60
	Anejo II Presupuesto	61
	Anejo III Comparación con situación actual (Plaza Mayor) y mediciones lumínicas	62
	Anejo IV Resultados Luminotécnicos	64
	Anejo V Instalación eléctrica	65
	BIBLIOGRAFÍA	66

MEMORIA

ÍNDICE DE CONTENIDOS MEMORIA

Síntesis del Proyecto	15
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objeto del proyecto	1
1.2 Alcance del proyecto	1
1.3 Normativa aplicable	1
1.4 Situación y contexto	1
1.5 Calles y zonas a iluminar	3
2 DISEÑO LUMINOTÉCNICO	5
2.1 Introducción	5
2.2 Proceso de cálculo y diseño	5
2.3 Normativa a aplicar	6
2.4 Cálculo Preliminar	13
2.4.1 Introducción	13
2.4.2 Definiciones	13
2.4.3 Hipótesis y suposiciones de cálculo	13
2.4.4 Cálculo	14
2.5 Simulaciones en DIALux y Cálculo real	25
2.5.1 Selección de luminarias y simulación en DIALux	25
2.5.2 Primera Simulación en DIALux	27
2.5.3 Cálculo del Factor de mantenimiento real	28
2.5.4 Segunda simulación en DIALux	32
2.6 Inventario, resultados luminotécnicos y de simulación	33
2.6.1 Introducción	33
2.6.2 Inventario de luminarias y características del área por código	33
2.6.3 Simulación Plaza mayor	39
2.6.4 Simulación Campo de fútbol municipal	41
2.6.5 Simulación municipio	42
2.6.6 Rendimiento, calificación energética y Flujo hemisférico superior	44
2.6.7 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta	49
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTRATACIÓN	51
3.1 Introducción	51
3.2 Instalación eléctrica	51
3.2.1 Diseño de cuadros eléctricos y sus líneas	51
3.2.2 Dimensionado eléctrico	55

<u>3.3</u>	<u>Contratación eléctrica y consumo</u>	56
<u>3.3.1</u>	<u>Introducción</u>	56
<u>3.3.2</u>	<u>Consumo</u>	56
<u>3.3.3</u>	<u>Contratación eléctrica</u>	57

ÍNDICE DE TABLAS, ILUSTRACIONES, FIGURAS Y ECUACIONES

Tabla 1	Áreas a iluminar por zona.....	4
Tabla 2:	Clasificación de tipos de vía.....	6
Tabla 3:	Clasificación de vías, Table 1 CEN/TR 13201-1.....	7
Tabla 4:	Clases de alumbrado para vías tipo C, y D.....	8
Tabla 5:	Clase de alumbrado para vías de tipo E.....	8
Tabla 6:	Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación	9
Tabla 7:	Clases de alumbrado según nivel de importancia.....	9
Tabla 8:	Clases de alumbrado campo de fútbol 11 (NIDE 2005).....	9
Tabla 9:	Clasificación de las áreas según normativa	11
Tabla 10:	Requerimientos lumínicos en función de la clase de alumbrado (Tablas 8 y 9 de la ITC-EA-02).....	11
Tabla 11:	Códigos para cada tipo de calle.....	16
Tabla 12:	Resultados cálculo preliminar por calle.....	20
Tabla 13:	Resultados cálculo preliminar por código	22
Tabla 14:	Resultados cálculo preliminar de la Plaza Mayor	24
Tabla 15	Resultado cálculo preliminar campo fútbol.....	24
Tabla 16:	Modelos de luminaria seleccionados	27
Tabla 17:	Factor de ensuciamiento, (Tabla 3 GUÍA-EA-06).....	28
Tabla 18:	Factor de mantenimiento real por código.....	31
Tabla 19:	Inventario de luminaria	36
Tabla 20:	Número de luminarias por calle	38
Tabla 21:	Rendimiento por modelo de luminaria	45
Tabla 22:	Eficiencia energética de la instalación.....	48
Tabla 23:	Clasificación de zonas contra la contaminación luminosa	49
Tabla 24:	Límite del flujo superior instalado para cada zona	49
Tabla 25:	Resultados luz molesta	50
Tabla 26:	Asignación de cuadro eléctrico.....	53
Tabla 27:	Potencia eléctrica por cuadro eléctrico.....	53
Tabla 28:	Coordenadas cuadro eléctrico.....	54
Tabla 29:	Resumen contratación eléctrica.....	57
Tabla 30:	Clases de alumbrado para viales E	62
Ilustración 1:	Vista aérea del municipio de la Gineta.....	2
Ilustración 2:	Vista aérea del pueblo y la urbanización las casitas	2
Ilustración 3:	Vista aérea, de izquierda a derecha, Pol. Ind. Garysol, Pol. Ind. Torobizco, Urb. Las Casitas	2
Ilustración 4:	Diagrama de flujo del proceso de cálculo	5
Ilustración 5:	Alcance y dispersión de una luminaria.....	14
Ilustración 6:	Vista planta simulación Plaza Mayor.....	23
Ilustración 7:	División Campo fútbol 11 108mX72m.....	24

Ilustración 8: Ópticas del fabricante	25
Ilustración 9: Diagrama isolux de una luminaria.....	26
Ilustración 10: Detalle de catálogo PHILIPS, familia LUMA.....	29
Ilustración 11: Vista aérea Plaza Mayor	39
Ilustración 12: Vista 3D Plaza Mayor iluminada.....	40
Ilustración 13: Resultados Plaza Mayor	40
Ilustración 14: Vista 3D Campo de fútbol municipal.....	41
Ilustración 15: Resultados lumínicos Campo de fútbol municipal	41
Ilustración 16: Vista 3D del municipio.....	42
Ilustración 17: Vista 3D pueblo	42
Ilustración 18: Resultados lumínicos Glorieta.....	43
Ilustración 19: Resultados lumínicos de la Calle San Juan (2-12-2 CE2)	43
Ilustración 20: Detalla de las funcionalidades del driver Xitanium.....	56
Ilustración 21: Resumen presupuesto del proyecto.	57
Ilustración 22: Luxómetro	62
Ilustración 23: Imagen 3D diseño Plaza Mayor.....	63
Ilustración 24: Resultados lumínicos Plaza Mayor	63
Gráfico 1: Curva de depreciación para la familia BGP615(LUMA)	29
Gráfico 2: Porcentaje de consumo estimado por cuadro	57
Ecuación 1, Flujo luminoso.....	13
Ecuación 2: Factor de mantenimiento	28
Ecuación 3: Factor de depreciación a las 80.000 horas	29
Ecuación 4: Cálculo posición óptima coordenada X cuadro	54
Ecuación 5: Cálculo posición óptima coordenada Y cuadro.....	54
Ecuación 6: Consumo cuadro eléctrico con reducción de driver personalizada.....	56

Síntesis del Proyecto

En el presente proyecto, se aborda el diseño del alumbrado público para el municipio de La Gineta (Albacete).

La Gineta es una localidad de aproximadamente 2.500 habitantes, conformada por el pueblo, las urbanizaciones de las Casitas Nuevas y Los Olivos, y, dos polígonos industriales junto a la autovía de Albacete, Garysol y Torobizco.

Un buen diseño del alumbrado público es vital en la infraestructura de cualquier municipio, y es por ello que, en este diseño del alumbrado de La Gineta, priman una buena iluminación, eficiencia energética de la instalación, y además la decoración y adorno para mejorar la imagen de La Gineta.

Además, se ha puesto esmero en zonas como la Calle San Juan, protagonista del desfile de la localidad en la que se proyecta un alumbrado a la altura de éste, la Glorieta Amalio Fernández, en la cual se realizan conciertos, teatros y bailes además de las terrazas de verano y el juego infantil, con alumbrado decorativo y elegante, con tonos cálidos que generan una atmósfera de descanso.

En la Plaza Mayor, frente al Ayuntamiento, en el núcleo de la población, se aborda un replanteamiento de ésta zona, pobremente iluminada, partícipe de actos y festejos, que merece una iluminación de alta categoría, como es la propuesta en este documento, en la que como se ve en el Anejo IV, queda demostrado que el alumbrado actual de ésta zona es obsoleto frente al nuevo diseño.

Para ello, se ha dispuesto de una metodología de cálculo, donde en base a la normativa actual y las particularidades de cada zona se elige la mejor solución tecnológica y económica, de la mano de un fabricante de renombre como es Philips para las luminarias, y ATP para los brazos y las columnas.

Además, se ofrecen, con todo detalle: listas, planos y detalles constructivos que facilitan al Excmo. Ayuntamiento de la Gineta y los técnicos la implantación del proyecto y su ejecución.

Esta instalación está a la cabeza de la eficiencia, siendo la calificación de todas las áreas iluminadas, **A**, conseguida mediante el uso de la tecnología LED e implantación de drivers, mediante los cuales se podrá gestionar el alumbrado, pudiendo el municipio ajustar la potencia del alumbrado luminaria a luminaria desde cualquier lugar, conectados a un dispositivo electrónico, proporcionando una versatilidad y maniobra sinigual, con la que se reducirá el consumo en las horas con menos densidad de tráfico.

Finalmente, el costo total del diseño público del alumbrado de La Gineta propuesto, es de **119.30 €/año per cápita**, con una vida útil de 20 años, lo que hace de este diseño viable económicamente y más atractivo, ya que La Gineta se situaría a la vanguardia en lo que respecta a las instalaciones de alumbrado público.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del proyecto

Este proyecto, tiene como fin el diseño del alumbrado público del municipio de La Gineta de Albacete, atendiendo las necesidades de la población y exigencias del gobierno municipal.

1.2 Alcance del proyecto

El alcance de este Trabajo Fin de Grado es el de diseñar desde cero la instalación de alumbrado exterior, del municipio, así como, de la instalación eléctrica de éste y su respectiva contratación del suministro eléctrico, el presupuesto y los planos necesarios para su comprensión.

1.3 Normativa aplicable

El proyecto ha sido realizado sujeto a las indicaciones de la normativa que se indica a continuación:

- RD 814/2002, Reglamento Baja tensión.
- RD 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.
- Norma UNE-EN 12193, Iluminación de instalaciones deportivas.
- CEN/TR 13201-1, Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes.
- UNE-EN 13201-2:2016, Road lighting - Part 2: Performance requirements.

1.4 Situación y contexto

Este diseño tiene lugar en el municipio de La Gineta (Albacete), una población de 2.500 habitantes, de uso principalmente residencial.

Las áreas a proyectar son, el pueblo, sus 2 urbanizaciones y sus dos polígonos. Dentro de estas áreas se realiza el diseño luminotécnico de sus calles, plazas, parques y del campo de fútbol del municipio.

A continuación, se muestran las áreas a proyectar:

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)



Ilustración 1: Vista aérea del municipio de la Gineta



Ilustración 2: Vista aérea del pueblo y la urbanización las casitas



Ilustración 3: Vista aérea, de izquierda a derecha, Pol. Ind. Garysol, Pol. Ind. Torobizco, Urb. Las Casitas

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

1.5 Calles y zonas a iluminar

Las 72 áreas a iluminar y a qué zona pertenecen:

Zona	Área
Torobizco	Calle Albañiles
Pueblo	Calle Algibe
Pueblo	Calle Amargura
Pueblo	Calle Antonio Machado
Pueblo	Calle Antonio Machado(estrecha)
Pueblo	Calle Argollón
Pueblo	Calle Balsa
Casitas	Calle Barrax
Los Olivos	Calle Benjamín Palencia
Pueblo	Calle Calvario
Pueblo	Calle Camino Real (Ancho)
Pueblo	Calle Camino Real (estrecho)
Pueblo	Calle Cervantes
Garysol	Calle Chopo
Pueblo	Calle Colón
Pueblo	Calle de la Iglesia
Casitas	Calle de la Residencia
Pueblo	Calle el Río
Garysol	Calle Enea
Torobizco	Calle Ensogueadoras
Pueblo	Calle Federico García Lorca
Casitas	Calle Fuensanta
Pueblo	Calle Gabriel García Márquez
Pueblo	Calle Gabriel Piqueras
Pueblo	Calle Ganaderos
Pueblo	Calle Glorieta
Garysol	Calle Haya
Pueblo	Calle Ixchiguan
Garysol	Calle Juan García Rausell
Pueblo	Calle La Cañada
Pueblo	Calle La Guardería
Pueblo	Calle la Horca
Pueblo	Calle La Mancha
Casitas	Calle La Roda
Torobizco	Calle Labradores
Pueblo	Calle Lope de Vega
Pueblo	Calle Mariano Munera
Pueblo	Calle Miguel Hernández
Casitas	Calle Minaya
Casitas	Calle Montalvos

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área
Pueblo	Calle Nueva
Los Olivos	Calle Pablo Picasso
Pueblo	Calle Pedro Pérez
Garysol	Calle Pino
Los Olivos	Calle Pintor Alfonso Quijada
Los Olivos	Calle Pintor Antonio López
Pueblo	Calle Plaza Mayor
Pueblo	Calle Postigos
Pueblo	Calle Primero de Mayo
Pueblo	Calle Puerta de la Villa
Los Olivos	Calle Rafael Requena
Pueblo	Calle Real y Plaza(bhidro)
Pueblo	Calle Real y Plaza
Garysol	Calle Roble
Pueblo	Calle Sahuquillo
Pueblo	Calle San Juan
Pueblo	Calle San Martín
Pueblo	Calle Santa Ana Principal
Pueblo	Calle Santa Ana Guardería
Pueblo	Calle Santa Ana Escuela
Pueblo	Calle Santa Ana Parque
Torobizco	Calle Silleros
Pueblo	Calle Silo
Casitas	Calle Tarazona
Pueblo	Calle Vicente Aleixandre
Casitas	Calle Villalgordo
Pueblo	Glorieta Amalio Fernández
Pueblo	Plaza Mayor
Pueblo	Plaza La Balsa
Pueblo	Travesía Cervantes
Pueblo	Travesía San Juan
Pueblo	Campo Futbol

Tabla 1 Áreas a iluminar por zona.

2 DISEÑO LUMINOTÉCNICO

2.1 Introducción

En este apartado se procede a la realización del diseño luminotécnico, en el que, en función de las características de las zonas a iluminar, y la normativa, se aportará una solución tecnológica.

2.2 Proceso de cálculo y diseño

Para la elección una solución luminotécnica, se muestra en la siguiente ilustración, un diagrama de flujo, del proceso de cálculo que se ha llevado a cabo para el diseño lumínico. Dicho proceso será detallado en los siguientes apartados, para este proyecto se ha empleado el método del flujo, frente al de intensidad, o el de los (n) puntos, ya que es bastante ágil a la hora de realizar estimaciones, siendo el método más apropiado para alumbrado viario.

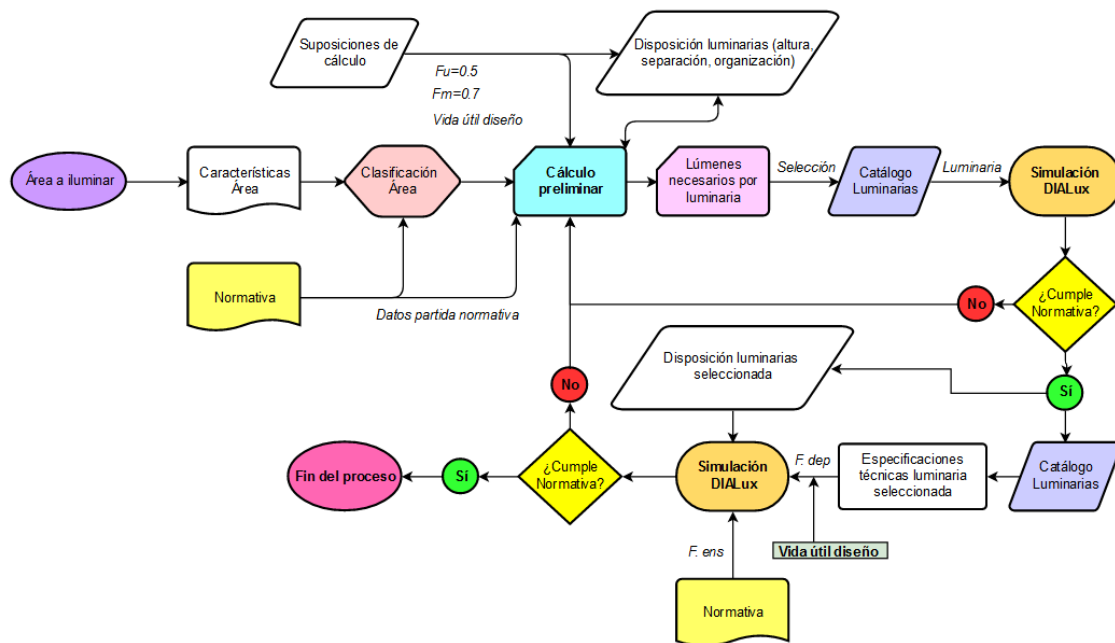


Ilustración 4: Diagrama de flujo del proceso de cálculo

El resumen del proceso a seguir es el siguiente:

En primer lugar, se selecciona el área que queremos iluminar, en función de sus características (dimensiones, tráfico, importancia, etc.), se le asigna una clasificación de tipo de vía, y de iluminación, siguiendo las pautas de la normativa, cuyo resultado será el de un requerimiento lumínico que habrá que cumplir. A su vez, se establecen las suposiciones de cálculo para nuestro proyecto, pues se desconocen las características técnicas de la luminaria que se utilizará, por ello, se parte de unos valores semilla basados en la experiencia, que más adelante podrán ser modificados, y se elige una disposición de las luminarias que depende de la geometría del área y del criterio del proyectista.

Con todos estos factores se realiza un cálculo preliminar, el cual nos da un valor orientativo de la potencia lumínica necesaria, éste servirá para seleccionar una luminaria del catálogo. Una vez seleccionada una luminaria que se ajuste al valor requerido, mediante el programa de cálculo lumínico DIALux, se realiza una simulación del área con las características tenidas en cuenta en el cálculo preliminar y la luminaria seleccionada. Si los resultados lumínicos no respetan las restricciones de la norma, se deberá volver al paso del cálculo preliminar, en caso contrario se pasará a la siguiente fase.

En este punto se recogen las especificaciones técnicas de la luminaria seleccionada, se introducen en la simulación para la vida útil de nuestro proyecto, así como de la disposición de las luminarias empleadas en la primera simulación, y el factor de mantenimiento (se detallará más adelante), realizar una segunda simulación, y si cumple se habrá acabado con el proceso, en caso negativo se volverá al paso del cálculo preliminar.

En los siguientes apartados, se detalla este proceso de cálculo.

2.3 Normativa a aplicar

La normativa que referencia será la correspondiente al RD 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior. Para ello, se muestra la información que atañe para la realización del proyecto.

Como se ha visto en el diagrama de flujo de la *Ilustración 4*, el primer paso en nuestro proceso de cálculo, es el de clasificar las vías y, asignarles un nivel de iluminación, en función de las características de éstas.

A continuación, se muestra un resumen de la normativa luminotécnica aplicada, para más detalle se recomienda consultar la normativa que se muestra en el apartado 1.3.

Según la normativa, esta clasificación, para vías, es la siguiente:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Tabla 2: Clasificación de tipos de vía

En nuestro proyecto, la clasificación de las vías y las áreas a iluminar se encuentran en las clasificaciones D y E, ya que la velocidad está muy limitada por la geometría de calles (con aceras, formas irregulares, estrechas y con resaltos), el flujo de peatones, y maquinaria agrícola pesada. Así pues, las vías tendrán una clasificación "D" según normativa, y las plazas y parques, al ser exclusivamente peatonales una clasificación "E".

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Además, para justificar esta elección se ha tomado como referencia, la guía CEN/TR 13201-1, de la norma en la cual se inspira la normativa actual (Road lighting - Part 2: Performance requirements), en la que aparece una tabla que arroja más detalles para realizar clasificación, la tabla se muestra a continuación:

Typical speed of main user km/h	User types in the same relevant area			Sets of lighting situations
	Main user	Other allowed user	Excluded user	
> 60	Motorised traffic		Slow moving vehicles Cyclists Pedestrians	A1
		Slow moving vehicles	Cyclists Pedestrians	A2
		Slow moving vehicles Cyclists Pedestrians		A3
> 30 and ≤ 60	Motorised traffic Slow moving vehicles	Cyclists Pedestrians		B1
	Motorised traffic Slow moving vehicles Cyclists	Pedestrians		B2
	Cyclists	Pedestrians	Motorised traffic Slow moving vehicles	C1
> 5 and ≤ 30	Motorised traffic Pedestrian		Slow moving vehicles Cyclists	D1
		Slow moving vehicles Cyclists		D2
	Motorised traffic Cyclists	Slow moving vehicles Pedestrians		D3
	Motorised traffic Slow moving vehicles			D4
Walking speed	Cyclists Pedestrians			
	Pedestrians		Motorised traffic Slow moving vehicles Cyclists	E1
Motorised traffic Slow moving vehicles Cyclists				E2

Tabla 3: Clasificación de vías, Table 1 CEN/TR 13201-1

Se observa que, para la situación descrita de las vías del municipio, las clasificaciones “D” y “E” son las que mejor se ajustan a las características de las vías, de hecho, dichas clasificaciones serán D3-D4 para las calles, y E2 para plazas y parques.

Para cada tipo de vía, según la norma existen distintas clases de alumbrado, que, para los tipos de vía de nuestro proyecto son los siguientes:

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

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

Tabla 4: Clases de alumbrado para vías tipo C, y D

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
E1	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. 	
	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto	CE1A / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4
E2	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. 	
	Flujo de tráfico de peatones	
	Alto	CE1A / CE2 / S1
	Normal	S2 / S3 / S4

Tabla 5: Clase de alumbrado para vías de tipo E

En estas, tablas se aprecian las clases de alumbrado para cada tipo, de izquierda a derecha la exigencia lumínica disminuye.

Para escoger la clase de alumbrado de las vías, se ha escogido el siguiente criterio: se establecen 3 niveles de importancia para cada vía (Alta, Media, Baja), que dependen principalmente de la densidad de tráfico, y se su importancia dentro del municipio (zonas de entrada al pueblo, zonas de ocio, etc.). Para el nivel alto, se asigna una clase de alumbrado para la calzada CE2, para el medio CE3, y para el bajo CE4, y para sus respectivas aceras la clase de alumbrado equivalente inmediatamente inferior, para las plazas y parques se toma la clase de alumbrado con el mismo criterio, según la tabla de equivalencias que aparece en la normativa, la cual es la siguiente:

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

	ME 1 MEW 1	ME 2 MEW 2	ME 3 MEW 3	ME 4 MEW 4	ME 5 MEW 5	ME 6
CEO	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5	
			S 1	S 2	S 3	S 4

Tabla 6: Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación

Por tanto, la distribución quedaría de esta forma:

Nivel de importancia	Clase alumbrado calzada	Clase alumbrado acera
Alta	CE2	S1
Media	CE3	S2
Baja	CE4	S3

Tabla 7: Clases de alumbrado según nivel de importancia

Para el caso de nuestro campo de fútbol existe la norma de iluminación de instalaciones deportivas (Norma UNE-EN 12193)

NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (exterior)	Iluminancia horizontal E med (lux)	Uniformidad E min/E med
Competiciones internacionales y nacionales	500	0,7
Competiciones regionales, entrenamiento alto nivel	200	0,6
Competiciones locales, entrenamiento, uso escolar y recreativo	75	0,5

Tabla 8: Clases de alumbrado campo de fútbol 11 (NIDE 2005)

El equipo del municipio participa en competiciones regionales por tanto el requerimiento luminotécnico será el que se indica en la tabla para ese nivel profesional.

Finalmente, la clasificación de nuestras áreas a iluminar queda de la siguiente forma:

Zona	Área	Tipo vía	Nivel Importancia	Clase alumbrado Calzada	Clase alumbrado Acera
Torobizco	Calle Albañiles	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Algibe	D3-D4	Media	CE3	S2
Pueblo	Calle Amargura	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Antonio Machado	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Antonio Machado(estrecha)	D3-D4	Baja	CE4	S2
Pueblo	Calle Argollón	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Balsa	D3-D4	Media	CE3	S2
Casitas	Calle Barrax	D3-D4	Baja	CE4	S3

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Tipo vía	Nivel Importancia	Clase alumbrado Calzada	Clase alumbrado Acera
Los Olivos	Calle Benjamín Palencia	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Calvario	D3-D4	Alta	CE2	S1
Pueblo	Calle Camino Real (Ancho))	D3-D4	Alta	CE2	S1
Pueblo	Calle Camino Real(estrecho)	D3-D4	Alta	CE2	S1
Pueblo	Calle Cervantes	D3-D4	Baja	CE4	S3
Garysol	Calle Chopo	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Colón	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle de la Iglesia	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle de la Residencia	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle el Río	D3-D4	Baja	CE4	S3
Garysol	Calle Enea	D3-D4	Baja	CE4	S3
Torobizco	Calle Ensogueadoras	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Federico García Lorca	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle Fuensanta	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Gabriel García Márquez	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Gabriel Piqueras	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Ganaderos	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Glorieta	D3-D4	Baja	CE4	S3
Garysol	Calle Haya	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Ixchiguan	D3-D4	Baja	CE4	S3
Garysol	Calle Juan García Rausell	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle La Cañada	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle La Guardería	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle la Horca	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle La Mancha	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle La Roda	D3-D4	Baja	CE4	S3
Torobizco	Calle Labradores	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Lope de Vega	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Mariano Munera	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Miguel Hernández	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle Minaya	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle Montalvos	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Nueva	D3-D4	Baja	CE4	S3
Los Olivos	Calle Pablo Picasso	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Pedro Pérez	D3-D4	Baja	CE4	S3
Garysol	Calle Pino	D3-D4	Baja	CE4	S3
Los Olivos	Calle Pintor Alfonso Quijada	D3-D4	Baja	CE4	S3
Los Olivos	Calle Pintor Antonio López	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Plaza Mayor	D3-D4	Alta	CE2	S1
Pueblo	Calle Postigos	D3-D4	Baja	CE4	S3

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Tipo vía	Nivel Importancia	Clase alumbrado Calzada	Clase alumbrado Acera
Pueblo	Calle Primero de Mayo	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Puerta de la Villa	D3-D4	Baja	CE4	S3
Los Olivos	Calle Rafael Requena	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Real y Plaza(bhidro)	D3-D4	Alta	CE2	S1
Pueblo	Calle Real y Plaza	D3-D4	Alta	CE2	S1
Garysol	Calle Roble	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Sahuquillo	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle San Juan	D3-D4	Alta	CE2	S1
Pueblo	Calle San Martín	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Santa Ana Principal	D3-D4	Media	CE3	S2
Pueblo	Calle Santa Ana Guardería	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Santa Ana Escuela	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Santa Ana Parque	D3-D4	Baja	CE4	S3
Torobizco	Calle Silleros	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Silo	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle Tarazona	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Calle Vicente Aleixandre	D3-D4	Baja	CE4	S3
Casitas	Calle Villalgordo	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Glorieta Amalio Fernández	E2	Alta	-	S1
Pueblo	Plaza Mayor	E2	Alta	-	S1
Pueblo	Plaza La Balsa	E2	Alta	-	S1
Pueblo	Travesía Cervantes	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Travesía San Juan	D3-D4	Baja	CE4	S3
Pueblo	Campo Futbol*	Instalación Deportiva	-	II	-

Tabla 9: Clasificación de las áreas según normativa

Una vez clasificadas nuestras vías, y conocida su clase de alumbrado, se agrupan los requerimientos lumínicos que nos servirán en el cálculo preliminar que ha sido mencionado anteriormente.

Dichos requerimientos son:

Clase de Alumbrado	Iluminancia horizontal		
	Iluminancia Media Em (lux)	Iluminancia mínima Emin (lux)	Uniformidad Media Um [mínima]
S1	15	5	-
S2	10	3	-
S3	7,5	1,5	-
CE2	20	-	0,4
CE3	15	-	0,4
CE4	10	-	0,4

Tabla 10: Requerimientos lumínicos en función de la clase de alumbrado (Tablas 8 y 9 de la ITC-EA-02)

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Además, los valores de la iluminancia media E_m , no pueden ser superiores al 120% del valor que establece la norma.

Cabe destacar, que el campo de fútbol es un área especial que será tratada aparte posteriormente, ya que no pertenece al alumbrado vial sino al de instalaciones deportivas, y, por tanto, requiere un proceso de cálculo y una normativa particular.

Finalmente, con la información de partida, en base a la norma, se procede a la siguiente fase, el cálculo preliminar.

2.4 Cálculo Preliminar

2.4.1 Introducción

Este capítulo abarcará el cálculo preliminar, cuyo objetivo es el de obtener la información necesaria, para seleccionar la luminaria que mejor se ajuste a los requerimientos, y posteriormente simular en DIALux nuestra solución luminotécnica y comprobar los resultados.

El método empleado es el método del flujo como se explicó anteriormente.

2.4.2 Definiciones

A continuación, se definen y ponen en conocimiento, las variables que serán empleadas en los apartados posteriores.

- Φ : Flujo luminoso (lm)
- ϵ : Eficiencia (lm/W)
- E_m : Iluminancia media (lux) ó (lm/m²)
- S : Área a iluminar por cada luminaria (m²)
- FU : Factor de utilización, relación entre el flujo útil de la luminaria que llega a la superficie y el emitido por la lámpara (≈ 0.5)
- $Fdep$: Factor de depreciación, relación entre el flujo útil de la lámpara al cabo de un tiempo t entre el flujo útil inicial.
- $Fens$: Factor de ensuciamiento, factor que depende del grado de protección (IP XX) de la luminaria, el grado de contaminación del ambiente, y del intervalo de limpieza.
- Fm : Factor de mantenimiento, producto de $Fens$ y $Fdep$, es la relación entre la E_m en la zona iluminada después de un cierto tiempo t de funcionamiento, y la E_m que se da al inicio de su vida útil.

2.4.3 Hipótesis y suposiciones de cálculo

Como se ha mencionado anteriormente, el método de cálculo que empleado es el de flujo, cuyo fin será obtener este valor. La expresión del flujo es la siguiente:

$$\Phi(lm) = \frac{Em(lux) * S(m^2)}{FU * FM}$$

Ecuación 1, Flujo luminoso

Como se observa, el valor del flujo, depende de:

1. El valor de la E_m (lux), el cual se obtiene de la *Tabla 9*, en función de la clase de alumbrado de nuestra área.
2. El FU , el cual se supone, en base a la experiencia de diversos diseños en 0,5.
3. El FM , el cual se estima entorno al 0,7 y que más tarde será modificado para la segunda simulación, si procede, en función de las características técnicas de la luminaria.
4. La superficie (S), la cual depende de nuestra organización y disposición de las luminarias. Y la cual debemos calcular.

5. La vida útil de nuestra instalación, que, posteriormente, servirá para calcular el factor de depreciación, en este caso la vida útil se proyecta en 80.000 horas de funcionamiento, funcionando aproximadamente 4000 horas al año, 20 años de vida útil.

2.4.4 Cálculo

Una vez definidas nuestra hipótesis de cálculo se procede, como se ha mencionado, el único factor que falta por determinar para llevar a cabo el cálculo es la superficie que iluminará cada luminaria, para ello se muestra el procedimiento que se ha llevado a cabo.

La superficie teórica, pues el área detrás de la luminaria también ha de tenerse en cuenta en el cálculo, cuyas dimensiones vienen determinadas por:

- **Dispersión(m)**, la dispersión viene dada en función de la altura de la luminaria (H), en función de si la dispersión es media, ancha o estrecha, tomara valores que oscilan entre 0,8 y 1,2 veces la relación entre el ancho a iluminar y la altura del punto de luz, en el caso de este proyecto la dispersión que se ha elegido varía entre una dispersión estrecha y una media, en el caso de que la organización sea bilateral, dicho valor será la mitad del ancho a iluminar y por tanto también la altura de la luminaria.
- **Alcance(m)**, el alcance varía entorno a 2H para un alcance corto, y por tanto una menor separación entre luminarias, 3H para un alcance medio y 5H para un alcance largo. Para este proyecto se ha tomado para todas las vías un alcance medio, pues un alcance largo dificulta enormemente que el diseño se ajuste a la normativa, y un alcance corto supondría la colocación de demasiadas columnas, por lo que el coste de nuestra instalación se incrementaría.

En la siguiente ilustración se muestran las dimensiones mencionadas:

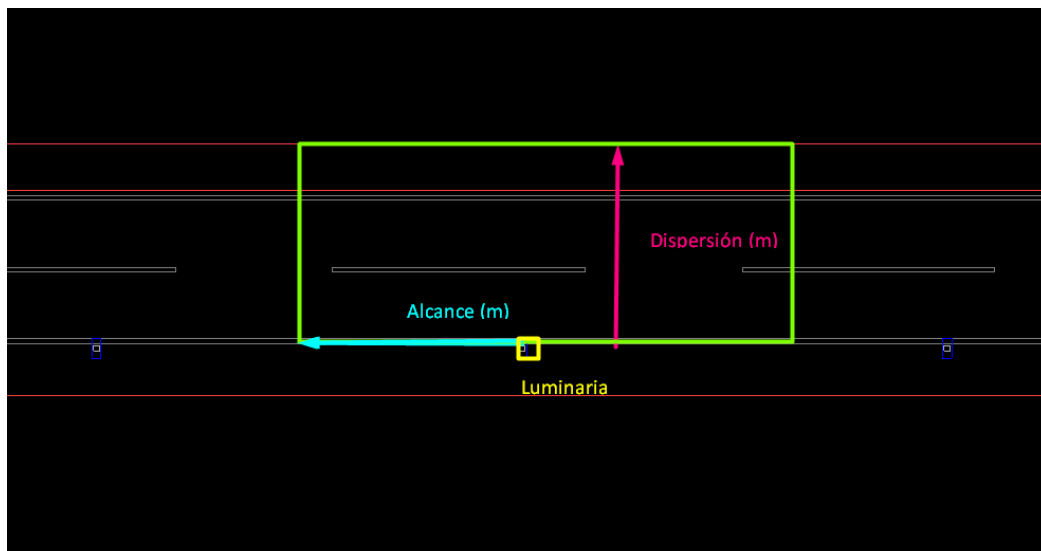


Ilustración 5: Alcance y dispersión de una luminaria.

Ahora, se puede calcular el flujo, para todas las áreas, el siguiente apartado abarca el cálculo específico de las calles, las plazas y parques y el campo de fútbol.

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

2.4.4.1 Cálculo de calles

Existen 69 calles en el municipio, para agilizar el cálculo, se ha decidido asimilar éstas en tipologías de calles, pues, el cálculo, depende del ancho de la acera y de la calzada, y del nivel de iluminación de éstas. Entonces, se ha asimilarado, empleando el código X-Y-X NI, la X representa el ancho de la acera, la Y el ancho total de la calle y NI el nivel de iluminación de la calzada, p.e. 2-20-2 CE4, una vía de 20 metros de ancho, de dos metros de acera a cada lado y un nivel de iluminación en calzada CE4, y como se ha mencionado ya, el nivel de iluminación de la acera sería el inmediatamente inferior según la tabla de equivalencias y por tanto se tomaría el S3.

Este código, asignado a cada calle, será útil posteriormente en la realización de planos e inventario, pues a cada tipología de calle irá asociada la información necesaria para la cada luminaria situada en el plano.

El resultado de la asimilación se presenta en la siguiente tabla:

Código
5-20-5 CE4
1,5-10-1,5 CE3
1-7-1 CE4
1,5-10-1,5 CE4
0,7-4-0,7 CE4
1-8-1 CE4
1,5-13-1,5 CE3
2-10-2 CE4
3,5-20-3,5 CE2
3,5-16,5-3,5 CE2
1-8-1 CE2
2-20-2 CE4
2-14-2 CE4
0-8-0 CE4
2-25-2 CE4
1,5-6,5-1,5 CE4
1,3-10-1,3 CE4
1,5-8-1,5 CE4
0,8-5-0,8 CE4
1-15-1 CE4
0,7-5-0,7 CE4
1,2-6,5-1,2 CE4
1,2-17-1,2 CE2
1,5-20-1,5 CE2
2-13-2 CE2
1-12-1 CE3
2-13-2 CE4
2-11-2 CE4
1,5-9-1,5 CE4
1-12-1 CE4

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código
1-6,5-1 CE4
1-5-1 CE4
1-6-1 CE2

Tabla 11: Códigos para cada tipo de calle

Mediante la asimilación se ha reducido el número de áreas de calle de 69 calles a 33, con lo cual el tiempo de cálculo y de trabajo se ha visto enormemente reducido.

Dicho esto se procede a calcular el flujo con las dispersiones y alcances mencionados anteriormente, en función del ancho a iluminar, la organización de las luminarias se ha dispuesto en función de las características de cada vía, para aquellas muy anchas y aquellas que requieren un alto nivel de iluminación y presentan un ancho medio, se ha elegido una disposición bilateral, para el resto unilateral, además, en aquellas cuyo ancho de acera es inferior a 1 metro el soporte se encuentra en la pared, con el fin de no obstaculizar. En caso de encontrarse en la calzada, la distancia del soporte a la acera será de 0,3 metros y los brazos de todas las luminarias de 0,3 metros.

El flujo a calcular, es el resultado del flujo de la acera más el flujo de la calzada, por tanto, la expresión quedaría:

$$\Phi_{calle}(lm) = \frac{Em\ acera * S\ acera + Em\ calzada * S\ calzada}{FU * FM}$$

El resumen del cálculo, es el que se muestra en la siguiente tabla para cada calle, con su código correspondiente, y después el resumen para cada código:

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Calle	Código	Situación luminaria	Tipo Alumbrado	Tipo Alumbrado (Acera)	Disposición	H(m)	Alcance (m)	Svía (m2)	Sacera (m2)	Óteótico (lux)
Torobizco	Calle Albañiles	5-20-5 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	6	18	180	180	4500
Municipio	Calle Algibe	1,5-10-1,5 CE3	Acera	CE3	S2	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	7870
Municipio	Calle Amargura	1-7-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6	63	25,2	2340
Municipio	Calle Antonio Machado	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle Antonio Machado(estrecha)	0,7-4-0,7 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	2,8	8,4	21,84	11,76	880
Municipio	Calle Argollón	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Municipio	Calle Balsa	1,5-13-1,5 CE3	Acera	CE3	S2	Unilateral	9,2	18	180	54	9260
Casitas	Calle Barrax	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,4	19,2	115,2	76,8	4940
Los Olivos	Calle Benjamín Palencia	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle Calvario	3,5-20-3,5 CE2	Acera	CE2	S1	Bilateral	4,95	14,85	193,05	103,95	7745
Municipio	Calle Camino Real	3,5-16,5-3,5 CE2	Acera	CE2	S1	Bilateral	4,55	13,65	129,675	95,55	5755
Municipio	Calle Camino Real(estrecho)	1-8-1 CE2	Pared	CE2	S1	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	6300
Municipio	Calle Cervantes	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Garysol	Calle Chopo	2-20-2 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	12,6	37,8	604,8	151,2	10260
Municipio	Calle Colón	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Municipio	Calle de la Iglesia	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Casitas	Calle de la Residencia	2-14-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	8,4	25,2	252	100,8	9360
Municipio	Calle el Río	0-8-0 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	5,6	16,8	134,4	0	3840
Garysol	Calle Enea	2-20-2 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	12,6	37,8	604,8	151,2	10260
Torobizco	Calle Ensogueadoras	5-20-5 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	6	18	180	180	4500

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Calle	Código	Situación luminaria	Tipo Alumbrado	Tipo Alumbrado (Acera)	Disposición	H(m)	Alcance (m)	Svía (m ²)	Sacera (m ²)	Φteórico (lux)
Municipio	Calle Federico García Lorca	1-7-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6	63	25,2	2340
Casitas	Calle Fuensanta	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	5,6	16,8	100,8	67,2	4320
Municipio	Calle Gabriel García Márquez	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Municipio	Calle Gabriel Piqueras	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Municipio	Calle Ganaderos	1-7-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6	63	25,2	2340
Municipio	Calle Glorieta	1-7-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6	63	25,2	2340
Garysol	Calle Haya	2-20-2 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	12,6	37,8	604,8	151,2	10260
Municipio	Calle Ixchiguan	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Garysol	Calle Juan García Rausell	2-25-2 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	12,65	37,95	796,95	151,8	13015
Municipio	Calle La Cañada	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle La Guardería	1,5-6,5-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	3,5	10,5	36,75	31,5	1730
Municipio	Calle la Horca	1,3-10-1,3 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	5,22	15,66	115,88 4	40,716	4190
Municipio	Calle La Mancha	1,5-8-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	4,55	13,65	68,25	40,95	2830
Casitas	Calle La Roda	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	5,6	16,8	100,8	67,2	4320
Torobizco	Calle Labradores	5-20-5 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	6	18	180	180	4500
Municipio	Calle Lope de Vega	0,8-5-0,8 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	3	9	30,6	14,4	1190
Municipio	Calle Mariano Munera	1-6,5-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	3,85	11,55	51,975	23,1	1980
Municipio	Calle Miguel Hernández	1-7-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6	63	25,2	2340
Casitas	Calle Minaya	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	5,6	16,8	100,8	67,2	4320
Casitas	Calle Montalvos	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	5,6	16,8	100,8	67,2	4320

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Calle	Código	Situación luminaria	Tipo Alumbrado	Tipo Alumbrado (Acera)	Disposición	H(m)	Alcance (m)	Svía (m2)	Sacera (m2)	Óteótico (lux)
Municipio	Calle Nueva	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Los Olivos	Calle Pablo Picasso	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle Pedro Pérez	1-15-1 CE4	Pared	CE4	S3	Bilateral	3,75	11,25	146,25	22,5	2335
Garysol	Calle Pino	2-25-2 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	12,65	37,95	796,95	151,8	13015
Los Olivos	Calle Pintor Alfonso Quijada	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Los Olivos	Calle Pintor Antonio López	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle Plaza Mayor	1-6-1 CE2	Pared	CE2	S1	Unilateral	3,6	10,8	43,2	21,6	3400
Municipio	Calle Postigos	0,7-5-0,7 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	3	9	32,4	12,6	1200
Municipio	Calle Primero de Mayo	1,2-6,5-1,2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	3,18	9,54	39,114	22,896	1610
Municipio	Calle Puerta de la Villa	1,5-8-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	4,55	13,65	68,25	40,95	2830
Los Olivos	Calle Rafael Requena	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle Real y Plaza(bhidro)	1,2-17-1,2 CE2	Acera	CE2	S1	Bilateral	4,74	14,22	207,61 2	34,128	6665
Municipio	Calle Real y Plaza	1,5-20-1,5 CE2	Acera	CE2	S1	Bilateral	6	18	306	54	9900
Garysol	Calle Roble	2-20-2 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	12,6	37,8	604,8	151,2	10260
Municipio	Calle Sahuquillo	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Municipio	Calle San Juan	2-13-2 CE2	Acera	CE2	S1	Unilateral	6,6	19,8	178,2	79,2	13580
Municipio	Calle San Martín	1,5-10-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4	142,8	61,2	5400
Municipio	Calle Santa Ana Principal	1-12-1 CE3	Pared	CE3	S2	Bilateral	4,2	12,6	126	25,2	3060
Municipio	Calle Santa Ana Guardería	2-13-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,6	19,8	178,2	79,2	6790

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Calle	Código	Situación luminaria	Tipo Alumbrado	Tipo Alumbrado (Acera)	Disposición	H(m)	Alcance (m)	Svía (m2)	Sacera (m2)	Φteórico (lux)
Municipio	Calle Santa Ana Escuela	2-11-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	6,3	18,9	132,3	75,6	5400
Municipio	Calle Santa Ana Parque	1,5-9-1,5 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	3,015	9,045	54,27	27,135	1070
Torobizco	Calle Silleros	5-20-5 CE4	Acera	CE4	S3	Bilateral	6	18	180	180	4500
Municipio	Calle Silo	1-12-1 CE4	Pared	CE4	S3	Bilateral	4,2	12,6	126	25,2	2070
Casitas	Calle Tarazona	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	8	24	144	96	6180
Municipio	Calle Vicente Aleixandre	1-7-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6	63	25,2	2340
Casitas	Calle Villalgordo	2-10-2 CE4	Acera	CE4	S3	Unilateral	8	24	144	96	6180
Municipio	Travesía Cervantes	1-8-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7	88,2	29,4	3150
Municipio	Travesía San Juan	1-5-1 CE4	Pared	CE4	S3	Unilateral	4	12	36	24	1550

Tabla 12: Resultados cálculo preliminar por calle

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Φteórico(lux)	Ancho total (m)	Ancho acera (solo 1)	TIPO ALUMBRADO	TIPO ALUMBRADO(Acera)	Disposición	H(m)	Alcance(m)
5-20-5 CE4	4500	20	5	CE4	S3	Bilateral	6	18
1,5-10-1,5 CE3	7870	10	1,5	CE3	S2	Unilateral	6,8	20,4
1-7-1 CE4	2340	7	1	CE4	S3	Unilateral	4,2	12,6
1,5-10-1,5 CE4	5400	10	1,5	CE4	S3	Unilateral	6,8	20,4
0,7-4-0,7 CE4	880	4	0,7	CE4	S3	Unilateral	2,8	8,4
1-8-1 CE4	3150	8	1	CE4	S3	Unilateral	4,9	14,7
1,5-13-1,5 CE3	9260	13	1,5	CE3	S2	Unilateral	9,2	18
2-10-2 CE4	4940	10	2	CE4	S3	Unilateral	6,4	19,2
3,5-20-3,5 CE2	7745	20	3,5	CE2	S1	Bilateral	4,95	14,85
3,5-16,5-3,5 CE2	5755	16,5	3,5	CE2	S1	Bilateral	4,55	13,65
1-8-1 CE2	6300	8	1	CE2	S1	Unilateral	4,9	14,7
2-20-2 CE4	10260	20	2	CE4	S3	Bilateral	12,6	37,8
2-14-2 CE4	9360	14	2	CE4	S3	Unilateral	8,4	18
0-8-0 CE4	3840	8	0	CE4	S3	Unilateral	5,6	16,8
2-25-2 CE4	13015	25	2	CE4	S3	Bilateral	12,65	37,95
1,5-6,5-1,5 CE4	1730	6,5	1,5	CE4	S3	Unilateral	3,5	10,5
1,3-10-1,3 CE4	4190	10	1,3	CE4	S3	Unilateral	5,22	15,66
1,5-8-1,5 CE4	2830	8	1,5	CE4	S3	Unilateral	4,55	13,65
0,8-5-0,8 CE4	1190	5	0,8	CE4	S3	Unilateral	3	9
1-15-1 CE4	2335	15	1	CE4	S3	Bilateral	3,75	11,25
0,7-5-0,7 CE4	1200	5	0,7	CE4	S3	Unilateral	3	9
1,2-6,5-1,2 CE4	1610	6,5	1,2	CE4	S3	Unilateral	3,18	9,54
1,2-17-1,2 CE2	6665	17	1,2	CE2	S1	Bilateral	4,74	14,22
1,5-20-1,5 CE2	9900	20	1,5	CE2	S1	Bilateral	6	18
2-13-2 CE2	13580	13	2	CE2	S1	Unilateral	8	19,8
1-12-1 CE3	3060	12	1	CE3	S2	Bilateral	4,2	12,6
2-13-2 CE4	6790	13	2	CE4	S3	Unilateral	6,6	19,8

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Φteórico(lux)	Ancho total (m)	Ancho acera (solo 1)	TIPO ALUMBRADO	TIPO ALUMBRADO(Acera)	Disposición	H(m)	Alcance(m)
2-11-2 CE4	5400	11	2	CE4	S3	Unilateral	6,3	18,9
1,5-9-1,5 CE4	1070	9	1,5	CE4	S3	Bilateral	3,015	9,045
1-12-1 CE4	2070	12	1	CE4	S3	Bilateral	4,2	12,6
1-6,5-1 CE4	1980	6,5	1	CE4	S3	Unilateral	3,85	11,55
1-5-1 CE4	1550	5	1	CE4	S3	Unilateral	4	12
1-6-1 CE2	3400	6	1	CE2	S1	Unilateral	3,6	10,8

Tabla 13: Resultados cálculo preliminar por código

Con estos resultados se dan por finalizados los cálculos preliminares para cada calle.

2.4.4.2 *Cálculo de plazas y parques*

En esencia, el procedimiento es similar al de la iluminación de las calles, la diferencia más importante, radica en que en el área a iluminar existen obstáculos, los cuales deben ser sorteados a la hora de realizar el diseño, pues éstos producen sombras que implicarían un incumplimiento de la norma, como se ha visto en el apartado de normativa, en el caso de las plazas, y parques el nivel de iluminación requiere de una iluminancia mínima.

Ya que, cada diseño es particular, se mostrará como ejemplo el diseño de la Plaza Mayor como ejemplo del procedimiento que se ha seguido para el cálculo preliminar de estas áreas.

La vista de planta de la plaza mayor sería la siguiente:

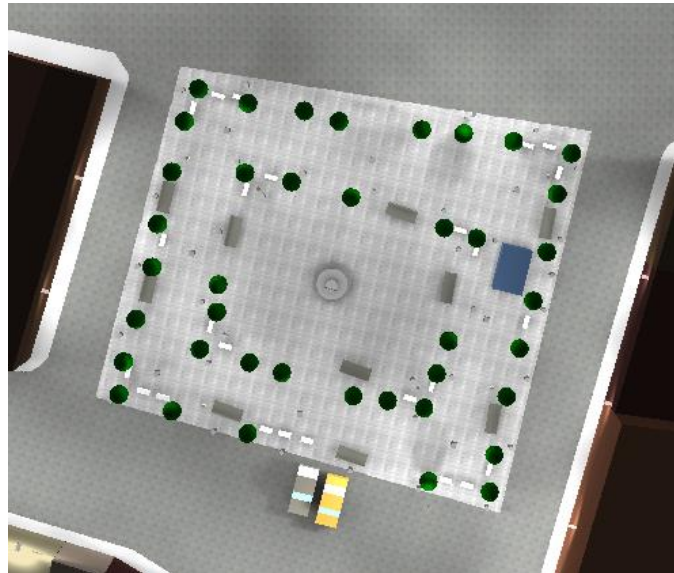


Ilustración 6: Vista planta simulación Plaza Mayor

Se observa s que los obstáculos forman dos rectángulos concéntricos, para evitar las sombras de esos obstáculos se han situado las luminarias entre ellos.

Además, alrededor de los rectángulos se colocarán unas balizas con un fin decorativo, y funcional, evitando unas posibles sombras de los elementos.

Para ello, se divide el rectángulo exterior en 8 áreas iguales, y el interior en 2, de tal forma que tendríamos 8 áreas de un mismo tamaño y 2 de otro. Mediante la información que disponemos de los planos, realizamos la división y calculamos esas superficies, y con ellas el flujo teórico:

Áreas	Área (m2)	TIPO VÍA	TIPO ALUMBRADO	H punto luz(m)	Φ teórico (lux)
Area Total	985	E2	S1		42214,28571
Area Int	305	E2	S1		
Area Ext	680	E2	S1		
Area lum ext	85	E2	S1	3,22684056	3642,857143
Area lum Int	152,5	E2	S1	6,03	6535,714286

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Tabla 14: Resultados cálculo preliminar de la Plaza Mayor

2.4.4.3 Cálculo de zonas deportivas

En este apartado el cálculo tiene sus peculiaridades, pues la iluminación se realizará mediante proyectores, y las zonas deportivas cuentan con una normativa especial, como se ha mencionado en el capítulo 1.3 Normativa aplicable.

Para calcular el flujo necesario, con las dimensiones de éste, y la iluminancia media requerida que es de 200 lux, se precisa conocer la superficie a iluminar.

Para establecer la superficie a iluminar dividiremos el campo en 4 rectángulos de igual tamaño.

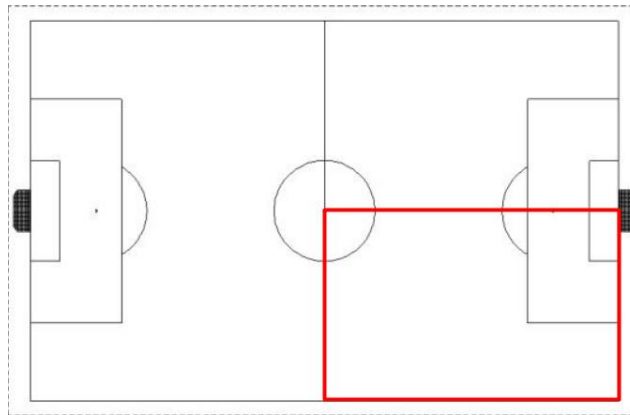


Ilustración 7: División Campo fútbol 11 108mX72m

Dicho rectángulo será dividido a su vez en 6 partes iguales, pues el requerimiento lumínico es muy elevado, lo cual dificultaría encontrar un proyector que se adaptara a nuestra situación. Cada proyector apuntará al centro de cada área, por ello, el soporte de los proyectores se colocará a 0.8 veces el largo del rectángulo, pues, la iluminancia media tiende a ser menor en el lado de la portería, de esta forma se compensa.

La altura será de 25m para los proyectores que alumbran las zonas más cercanas y de 25.5 para aquellos que iluminan las zonas más alejadas, de tal forma que éstos no interfieran entre sí, es por ello, que también son colocados en un orden tal que no se crucen sus haces.

El cálculo del flujo es exactamente igual que en los apartados anteriores y quedaría:

Áreas	S (m ²)	TIPO VÍA	TIPO ALUMBRADO	H punto luz(m)	Φ teórico (lux)
Campo de fútbol	7.776	Campo fut.	Clase II	-	4.443.428,571
Área Proyector Campo futbol	324	Campo fut.	Clase II	-	185.142,86

Tabla 15 Resultado cálculo preliminar campo fútbol

Y la orientación de los proyectores apuntando al centro del rectángulo que le corresponde a cada uno.

2.5 Simulaciones en DIALux y Cálculo real

2.5.1 Selección de luminarias y simulación en DIALux

En este capítulo se muestra el procedimiento que se ha tomado en la selección y simulación de éstas, y de todas las áreas, así como de los cálculos posteriores para realizar una segunda simulación teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de las luminarias que se van a emplear.

2.5.1.1 Selección de luminarias

El primer paso que se ha tomado es el de seleccionar en catálogo, la luminaria que mejor se ajusta a el flujo que se ha calculado anteriormente, el fabricante escogido es Philips, y el catálogo PHILIPS Alumbrado Exterior 2018-2019.

Para mostrar el proceso de selección se toma la vía Calle Real y Plaza. Cuyo código es: 1,5-20-1,5 CE2, y el resultado de su cálculo preliminar:

Zona	CALLE	Deno_DiaLux	Situación luminaria	Tipo alumbrado	Tipo alumbrado (Acera)	Disposición	H (m)	Alcan ce (m)	Svía (m2)	Sacera (m2)	Φ teórico (lux)
Municipio	Calle Real y Plaza	1,5-20-1,5 CE2	Acera	CE2	S1	Bilateral	6	18	306	54	9900

Por tanto, habrá que buscar, en teoría, una luminaria de 9900 lúmenes.

Además, otro aspecto importante en la selección de la luminaria es su óptica, pues esta determina la distribución del flujo luminoso, en el caso de nuestro fabricante, nos ofrece información de las situaciones en las que se sugiere la utilización de cada óptica, se muestra a continuación:

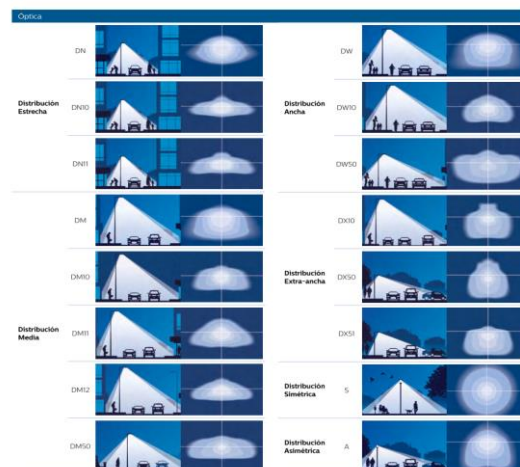


Ilustración 8: Ópticas del fabricante

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

En nuestro caso, la vía tiene un ancho de 20 metros, 10 para cada luminaria aproximadamente, por lo que una distribución ancha será la más apropiada, lo que conlleva la búsqueda de una luminaria con una óptica “DW5X”.

En el caso de la plaza, y los parques buscaremos distribuciones simétricas por lo que las ópticas “S” han sido escogidas.

Además, para orientarnos con mayor precisión a la hora de escoger las ópticas de las luminarias, el fabricante ofrece para cada una, diagramas que nos dan información más detallada, como el diagrama de curvas isolux relativo, el cual expresa la distribución del flujo de nuestra luminaria en función de la altura H del punto de luz:

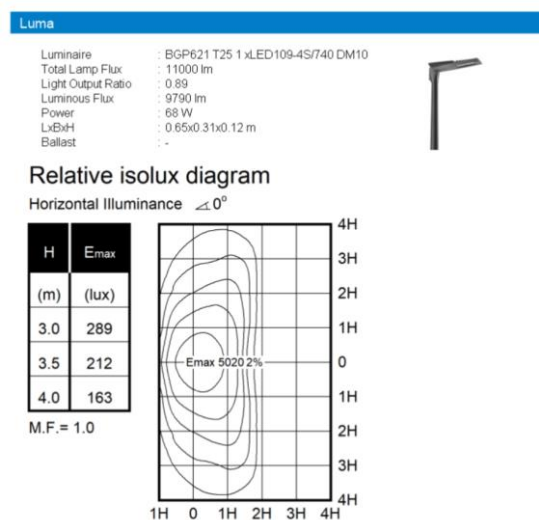


Ilustración 9: Diagrama isolux de una luminaria

Teniendo en cuenta todo lo anterior, las luminarias seleccionadas por código son:

Código	Modelo
5-20-5 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50 (Luma)
1,5-10-1,5 CE3	PHILIPS BGP630 T25 1 xLED80-4S/740 DM32 (LIBRA LED)
1-7-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/757 DX10 (Luma Micro)
1,5-10-1,5 CE4	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)
0,7-4-0,7 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 (Luma Micro)
1-8-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DX10 (Luma Micro)
1,5-13-1,5 CE3	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM33
2-10-2 CE4	PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM(Iridium gen 3 led medium)
3,5-20-3,5 CE2	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED69-4S/757 DW50 (Luma)
3,5-16,5-3,5 CE2	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED50-4S/740 DW50 (Luma)
1-8-1 CE2	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED70-4S/757 DX10 (Luma)
2-20-2 CE4	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DW52 (LUMA)
2-14-2 CE4	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Modelo
0-8-0 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED45-4S/830 DX50 (Luma)
2-25-2 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED119-4S/740 DW52 (LUMA)
1,5-6,5-1,5 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED16-4S/830 DW50 (Luma Micro)
1,3-10-1,3 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50_830 (Luma)
1,5-8-1,5 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50 (Luma Micro)
0,8-5-0,8 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)
1-15-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX50 (Luma Micro)
0,7-5-0,7 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)
1,2-6,5-1,2 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)
1,2-17-1,2 CE2	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED60-4S/830 DX50 (Luma)
1,5-20-1,5 CE2	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 (Luma)
2-13-2 CE2	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/830 DX50 (Luma)
1-12-1 CE3	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED24-4S/740 DX10 (Luma Micro)
2-13-2 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED59-4S/757 DX10 (Luma)
2-11-2 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED44-4S/740 DW10 (Luma Micro)
1,5-9-1,5 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DX50 (Luma Micro)
1-12-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX10 (Luma Micro)
1-6,5-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)
1-5-1 CE4	PHILIPS BGS451 1xECO28-2S/740 LPO
1-6-1 CE2	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 (Luma Micro)
Plaza mayor int	PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11
Plaza Mayor ext	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50
Glorieta	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED32-4S/830 DS50
Plaza Balsa	PHILIPS BSP794 MK-WH GF T25 1 xLED41-4S/830 DS50
Glorieta (2)	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50
Plaza Mayor Balizas	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50
Campo fútbol	PHILIPS MVF403 1xMHN-SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956

Tabla 16: Modelos de luminaria seleccionados

2.5.2 Primera Simulación en DIALux

El siguiente paso será comprobar en la herramienta de cálculo DIALux si las luminarias que seleccionadas cumplen con los requisitos, para ello se introducen dentro del programa las dimensiones de nuestra área, el tipo de alumbrado, la disposición y organización de las luminarias.

Se comprobará que la Em ponderada de la acera y la calzada es superior, al valor de la Em de la normativa ponderada, que no supera el 120% de ese valor, y que se cumplen aspectos como la uniformidad y la Emin en caso de ser requeridos.

Las luminarias que se muestran, ya han pasado por el todo proceso de cálculo por lo que los resultados se mostrarán más adelante.

2.5.3 Cálculo del Factor de mantenimiento real

En el cálculo preliminar, se ha supuesto un $F_m=0,7$ ya que no se disponía de la información de la luminaria, el siguiente paso será calcular este factor de mantenimiento real para cada modelo de luminaria.

Como se ha mencionado anteriormente, el factor de mantenimiento F_m , es el producto del factor de ensuciamiento (F_{ens}), y el de depreciación (F_{dep}), por lo que se abordarán dichos aspectos para obtener el F_m , y así poder simular con mayor fidelidad como se comportarían las luminarias seleccionadas en la realidad.

$$F_m = F_{ens} * F_{dep}$$

Ecuación 2: Factor de mantenimiento

2.5.3.1 Cálculo del factor de ensuciamiento F_{ens} .

Según la norma RD 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior, el factor de ensuciamiento viene recogido en una tabla en función del índice de protección de nuestra luminaria, el grado de contaminación del entorno y del intervalo de limpieza.

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

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

Tabla 17: Factor de ensuciamiento, (Tabla 3 GUÍA-EA-06)

En este proyecto, todas las luminarias tienen un grado de protección IP 6X, el grado de contaminación de un municipio como este debido a las partículas en suspensión en el aire se puede considerar medio, y el intervalo de limpieza se establece cada 3 años.

Por tanto, todas nuestras luminarias tendrán un factor de ensuciamiento $F_{ens}=0,87$.

2.5.3.2 Cálculo del factor de depreciación F_{dep} .

Este factor, es distinto para cada modelo de familia de las luminarias, viene indicado en las especificaciones técnicas del fabricante. Se toma, para mostrar cómo se ha realizado el cálculo de éste para la vida útil de nuestra instalación, la familia BGP615 (Luma) para mostrar el desarrollo del cálculo.

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Familia	Luma	Configuraciones de control disponibles	DALI (D9) DynaDimmer regulación de 5 pasos (DDF1,DDF2,DDF3,DDF27) LumiStep, doble nivel (LS) Hilo de mando (D12) Regulación en cabecera (D13) Flujo luminoso constante (CLO) Flujo de luz ajustable (ALO) CityTouch connect application (LW). Versiones con conectores SR superior (SRT) e inferior (SRB) para futuras actualizaciones con nodos de comunicación y/o sensores. Consultar disponibilidad. CityTouch cabinet para control y regulación desde cuadro (consultar disponibilidad)
Versiones	BGP615 (Luma Micro) BGP621 (Luma Mini) BGP623 (Luma 1) BGP625 (Luma 2) BGP627 (Luma 3)	Clase eléctrica	I ó II
Material	Carcasa de aluminio inyectado a alta presión Cierre de vidrio plano templado Fijación reversible en aluminio Ópticas PMMA (polimetil metacrilato)	Color / Acabados	Color Gris 900 Sablé. Otros RAL disponibles bajo pedido
Flujo sistema de familia	Luma Micro: 288 a 6138 lm Luma Mini: 1680 a 10120 lm Luma 1: 2880 a 21600 lm Luma 2: 6240 a 36000 lm Luma 3: 9120 a 58740 lm	IP	66
Consumo sistema de familia	Luma Micro: 5,6 a 43,5 W Luma Mini: 23,0 a 84,0 W Luma 1: 36 a 154 W Luma 2: 76 a 250 W Luma 3: 110 a 405,0 W	IK	09
Ópticas y difusores	Distribución estrecha DN10, DN11 Distribución media: DM10, DM11, DM12, DM30, DM31, DM50, DM70 Distribución ancha DW10, DW12, DW50, DX10, DX50, DX51, DX70 Distribución simétrica: D550 Distribución para pasos peatonales: DPL1, DPR1 Paralúmenes de control de luz hacia fachada BL1, BL2 Ópticas ClearStar homologadas por el IAC.	Protección contra sobretensiones	4kV/6kV, 10 kV opcional
Eficacia del sistema de la familia	Luma Micro: 51 a 150 lm/W Luma Mini: 51 a 149 lm/W Luma 1: 61 a 159 lm/W Luma 2: 60 a 159 lm/W Luma 3: 61 a 159 lm/W	Marcado CE	SI
Temperatura de color	3000K, 4000K, 5700K (opcional)	Marcado ENEC	SI
Índice de reproducción cromática	70 (4000K, 5700K), 80 (3000K)	Vida útil	Luma Micro: mínimo 100000h L90B10 Luma Mini: mínimo 100000h L90B10 Luma 1: mínimo 100000h L92B10 Luma 2: mínimo 100000h L91B10 Luma 3: mínimo 100000h L89B10
Índice cromaticidad	Cromaticidad Inicial (0,38, 0,38). Tolerancia SDCM <5 para 4000K	Temperatura de funcionamiento	-20°C a 35°C
Driver (Integrado)	Philips Xitanium	Peso	Luma Micro: 6,6 Kg Luma Mini: 9,5 Kg Luma 1: 11 Kg Luma 2: 14,7 Kg Luma 3: 19,4 Kg
Cierre	Vidrio Plano	Superficie al viento (SCX)	Luma Micro: 0,049 m ² Luma Mini: 0,055 m ² Luma 1: 0,057 m ² Luma 2: 0,067 m ² Luma 3: 0,079 m ²
Posibilidad de regulación	SI	Instalación (tipo de montaje)	Luma Micro/Luma Mini/Luma1/Luma2/Luma3 Entrada post-top: Ø32-48, Ø48-60 y Ø76mm. Inclinación 0°/5°/10° Entrada lateral: Ø48-60 y Ø76mm. Inclinación -5°/0°/10°
		Otras opciones bajo pedido	Posibilidad de pintura especial para ambientes marinos. Otras curvas de Dynadimmer diferentes a las estándar tendrán un incremento Configuradores: BGP615i, BGP620i, BGP622i, BGP624i, BGP626i

Ilustración 10: Detalle de catálogo PHILIPS, familia LUMA

Para la familia BGP615, el fabricante, en su código indica que el flujo será un 90% del inicial, a las 100.000h, un $F_{dep}(100)=0,9$. En nuestro diseño, se calcula dicha depreciación para la vida útil de éste, que son 80.000 horas, suponiendo que ésta depreciación se aproxima a una recta. Por tanto, habrá que calcular el factor de depreciación para las 80.000 horas.

$$F_{dep}(80) = F_{dep}(100) + \frac{(100.000 - 80.000) * (1 - F_{dep}(100))}{100.000}$$

Ecuación 3: Factor de depreciación a las 80.000 horas

Para la familia BGP615 $F_{dep}(100)=0,9$, por tanto su $F_{dep}(80)=0,92$.

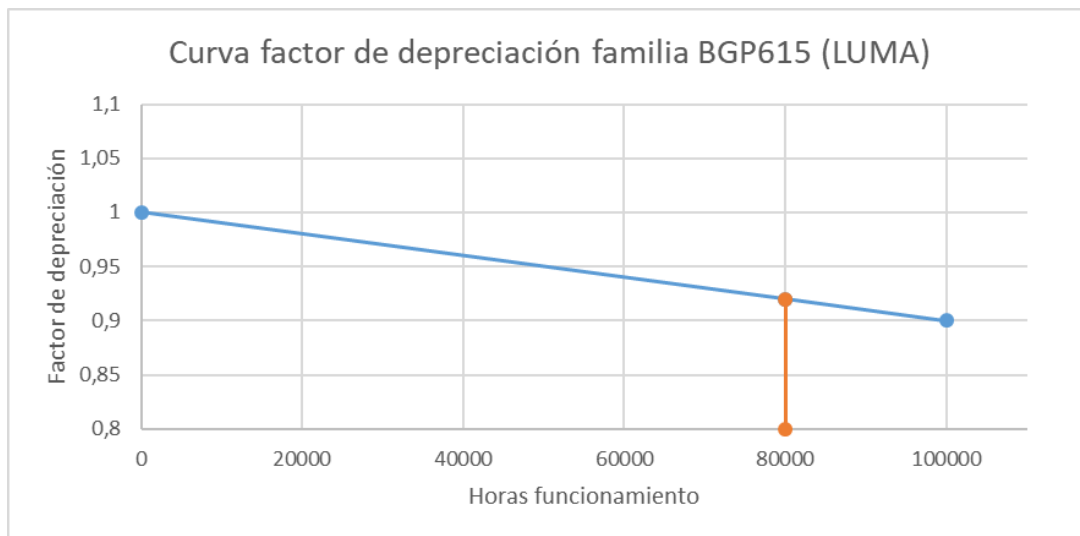


Gráfico 1: Curva de depreciación para la familia BGP615(LUMA)

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

2.5.3.3 Resultados cálculo Factor de mantenimiento real

Se arrojan los resultados del cálculo obtenidos mediante el proceso anterior para cada tipología de área a iluminar:

Código	Modelo	Fdep (100)	Fdep (80)	Fens	FM REAL
5-20-5 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
1,5-10-1,5 CE3	PHILIPS BGP630 T25 1 xLED80-4S/740 DM32 (LIBRA LED)	0,90	0,92	0,87	0,80
1-7-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/757 DX10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1,5-10-1,5 CE4	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)	0,90	0,92	0,87	0,80
0,7-4-0,7 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1-8-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DX10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1,5-13-1,5 CE3	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM33	0,91	0,93	0,87	0,81
2-10-2 CE4	PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM(Iridium gen 3 led medium)	0,80	0,84	0,87	0,73
3,5-20-3,5 CE2	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED69-4S/757 DW50 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
3,5-16,5-3,5 CE2	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED50-4S/740 DW50 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
1-8-1 CE2	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED70-4S/757 DX10 (Luma)	0,92	0,94	0,87	0,81
2-20-2 CE4	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DW52 (LUMA)	0,92	0,94	0,87	0,81
2-14-2 CE4	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)	0,90	0,92	0,87	0,80
0-8-0 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED45-4S/830 DX50 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
2-25-2 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED119-4S/740 DW52 (LUMA)	0,91	0,93	0,87	0,81
1,5-6,5-1,5 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED16-4S/830 DW50 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1,3-10-1,3 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50_830 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
1,5-8-1,5 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
0,8-5-0,8 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1-15-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
0,7-5-0,7 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Modelo	Fdep (100)	Fdep (80)	Fens	FM REAL
1,2-6,5-1,2 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1,2-17-1,2 CE2	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED60-4S/830 DX50 (Luma)	0,92	0,94	0,87	0,81
1,5-20-1,5 CE2	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
2-13-2 CE2	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/830 DX50 (Luma)	0,92	0,94	0,87	0,81
1-12-1 CE3	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED24-4S/740 DX10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
2-13-2 CE4	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED59-4S/757 DX10 (Luma)	0,91	0,93	0,87	0,81
2-11-2 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED44-4S/740 DW10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1,5-9-1,5 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1-12-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1-6,5-1 CE4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
1-5-1 CE4	PHILIPS BGS451 1xECO28-2S/740 LPO	0,80	0,84	0,87	0,73
1-6-1 CE2	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 (Luma Micro)	0,90	0,92	0,87	0,80
Plaza mayor int	PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11	0,93	0,94	0,87	0,82
Plaza Mayor ext	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50	0,80	0,84	0,87	0,73
Glorieta	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED32-4S/830 DS50	0,80	0,84	0,87	0,73
Plaza Balsa	PHILIPS BSP794 MK-WH GF T25 1 xLED41-4S/830 DS50	0,80	0,84	0,87	0,73
Glorieta (2)	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50	0,82	0,86	0,87	0,74
Plaza Mayor Balizas	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50	0,82	0,86	0,87	0,74
Campo fútbol	PHILIPS MVF403 1xMHN-SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	0,80	0,77	0,90	0,69

Tabla 18: Factor de mantenimiento real por código

2.5.4 Segunda simulación en DIALux

Este paso, es el último para la validación diseño, en él se debe proceder de la misma forma que en la primera simulación, con la única diferencia de que se introducirá el nuevo factor de mantenimiento.

Si cumple con las exigencias, el proceso de cálculo se dará por terminado. En caso negativo, habrá que replantear la distribución y organización de las luminarias y/o cambiar de modelo, repitiendo el proceso.

En este caso, las luminarias seleccionadas ya han pasado por este proceso, y cumplen con todas las exigencias.

Los resultados de todas las simulaciones se muestran en el Anejo IV Resultados Luminotécnicos.

2.6 Inventario, resultados luminotécnicos y de simulación

2.6.1 Introducción

En esta fase, se muestra, el inventario por código, los resultados del diseño luminotécnico, en primer lugar, la simulación 3D de la Plaza Mayor y las calles adyacentes, la simulación 3D del campo de fútbol y la de todo el municipio. El apartado del municipio, sirve para comprobar que, efectivamente, en una situación real, nuestras luminarias cumplen con el diseño.

Para las simulaciones, se ha tomado un Fm medio, ya que el programa sólo permite incluir uno para toda la escena.

2.6.2 Inventario de luminarias y características del área por código

En la siguiente página, se muestra el desglose final el inventario, por área tipo de estudio, que servirá de guía para el instalador, y el número de éstas por área:

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Disposición	H (m)	Alcance (m)	Modelo	Fm Real	Nº lum	Potencia (W/ud)	Flujo Lamp (lm)	Flujo Lum (lm)
5-20-5 CE4	Bilateral	6	18	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50 (Luma)	0,81	122	33	4000	3520
1,5-10-1,5 CE3	Unilateral	6,8	20,4	PHILIPS BGP630 T25 1 xLED80-4S/740 DM32 (LIBRA LED)	0,80	11	48	8000	7120
1-7-1 CE4	Unilateral	4,2	12,6	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/757 DX10 (Luma Micro)	0,80	102	17	2700	2349
1,5-10-1,5 CE4	Unilateral	6,8	20,4	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)	0,80	139	43	5600	4984
0,7-4-0,7 CE4	Unilateral	2,8	8,4	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 (Luma Micro)	0,80	10	9	1000	890
1-8-1 CE4	Unilateral	4,9	14,7	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DX10 (Luma Micro)	0,80	166	22	3400	2958
1,5-13-1,5 CE3	Unilateral	9,2	18	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM33	0,81	20	46	7400	6808
2-10-2 CE4	Unilateral	6,4	19,2	PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM(Iridium gen 3 led medium)	0,73	100	36	5046	4642
3,5-20-3,5 CE2	Bilateral	4,95	14,85	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED69-4S/757 DW50 (Luma)	0,81	41	43	7000	6090
3,5-16,5-3,5 CE2	Bilateral	4,55	13,65	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED50-4S/740 DW50 (Luma)	0,81	160	31	5000	4350
1-8-1 CE2	Unilateral	4,9	14,7	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED70-4S/757 DX10 (Luma)	0,81	26	42	7000	6090
2-20-2 CE4	Bilateral	12,6	37,8	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DW52 (LUMA)	0,81	72	59	10000	8900
2-14-2 CE4	Unilateral	8,4	18	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)	0,80	15	43	5600	4984
0-8-0 CE4	Unilateral	5,6	16,8	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED45-4S/830 DX50 (Luma)	0,81	21	38	4500	3915
2-25-2 CE4	Bilateral	12,65	37,95	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED119-4S/740 DW52 (LUMA)	0,81	89	75	12000	10440
1,5-6,5-1,5 CE4	Unilateral	3,5	10,5	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED16-4S/830 DW50 (Luma Micro)	0,80	9	13	1600	1392

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Disposición	H (m)	Alcance (m)	Modelo	Fm Real	Nº lum	Potencia (W/ud)	Flujo Lamp (lm)	Flujo Lum (lm)
1,3-10-1,3 CE4	Unilateral	5,22	15,66	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50_830 (Luma)	0,81	18	33	4000	3520
1,5-8-1,5 CE4	Unilateral	4,55	13,65	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50 (Luma Micro)	0,80	19	21	2700	2349
0,8-5-0,8 CE4	Unilateral	3	9	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,80	12	12	1400	1232
1-15-1 CE4	Bilateral	3,75	11,25	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,80	17	15	1800	1584
0,7-5-0,7 CE4	Unilateral	3	9	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,80	11	12	1400	1232
1,2-6,5-1,2 CE4	Unilateral	3,18	9,54	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)	0,80	4	12	1400	1218
1,2-17-1,2 CE2	Bilateral	4,74	14,22	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED60-4S/830 DX50 (Luma)	0,81	19	45	6000	5280
1,5-20-1,5 CE2	Bilateral	6	18	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 (Luma)	0,81	35	67	8000	6960
2-13-2 CE2	Unilateral	8	19,8	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/830 DX50 (Luma)	0,81	27	98	13000	11310
1-12-1 CE3	Bilateral	4,2	12,6	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED24-4S/740 DX10 (Luma Micro)	0,80	64	16	2400	2088
2-13-2 CE4	Unilateral	6,6	19,8	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED59-4S/757 DX10 (Luma)	0,81	16	37	6000	5220
2-11-2 CE4	Unilateral	6,3	18,9	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED44-4S/740 DW10 (Luma Micro)	0,80	7	28	4400	4004
1,5-9-1,5 CE4	Bilateral	3,01 5	9,045	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DX50 (Luma Micro)	0,80	46	9	1000	880
1-12-1 CE4	Bilateral	4,2	12,6	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX10 (Luma Micro)	0,80	8	15	1800	1566
1-6,5-1 CE4	Unilateral	3,85	11,55	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)	0,80	10	12	1400	1218
1-5-1 CE4	Unilateral	4	12	PHILIPS BGS451 1xECO28-2S/740 LPO	0,73	4	27	2830	2236
1-6-1 CE2	Unilateral	3,6	10,8	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 (Luma Micro)	0,80	6	24	3000	2730
Plaza mayor int	-	6	-	PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11	0,82	2	14,4	1800	1296

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Código	Disposición	H (m)	Alcance (m)	Modelo	Fm Real	Nº lum	Potencia (W/ud)	Flujo Lamp (lm)	Flujo Lum (lm)
Plaza Mayor ext	-	3,2	-	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50	0,73	8	14,4	1800	1260
Glorieta	-	3,2	-	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED32-4S/830 DS50	0,73	67	25	3200	2208
Plaza Balsa	-	3,2	-	PHILIPS BSP794 MK-WH GF T25 1 xLED41-4S/830 DS50	0,73	19	33	4100	2542
Glorieta (2)	-	1,3	-	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50	0,74	123	5,5	600	528
Plaza Mayor Balizas	-	1	-	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50	0,74	38	5,5	600	528
Campo fútbol	-	15	-	PHILIPS MVF403 1xMHN-SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	0,69	26	2175	226000	160460

Tabla 19: Inventario de luminaria

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Nº lum
Torobizco	Calle Albañiles	5-20-5 CE4	40
Pueblo	Calle Algibe	1,5-10-1,5 CE3	11
Pueblo	Calle Amargura	1-7-1 CE4	42
Pueblo	Calle Antonio Machado	1,5-10-1,5 CE4	5
Pueblo	Calle Antonio Machado(estrecha)	0,7-4-0,7 CE4	10
Pueblo	Calle Argollón	1-8-1 CE4	13
Pueblo	Calle Balsa	1,5-13-1,5 CE3	20
Casitas	Calle Barrax	2-10-2 CE4	14
Los Olivos	Calle Benjamín Palencia	1,5-10-1,5 CE4	17
Pueblo	Calle Calvario	3,5-20-3,5 CE2	41
Pueblo	Calle Camino Real (ancho)	3,5-16,5-3,5 CE2	160
Pueblo	Calle Camino Real(estrecho)	1-8-1 CE2	26
Pueblo	Calle Cervantes	1-8-1 CE4	28
Garysol	Calle Chopo	2-20-2 CE4	24
Pueblo	Calle Colón	1-8-1 CE4	31
Pueblo	Calle de la Iglesia	1-8-1 CE4	44
Casitas	Calle de la Residencia	2-14-2 CE4	15
Pueblo	Calle el Río	0-8-0 CE4	21
Garysol	Calle Enea	2-20-2 CE4	16
Torobizco	Calle Ensogueadoras	5-20-5 CE4	16
Pueblo	Calle Federico García Lorca	1-7-1 CE4	14
Casitas	Calle Fuensanta	2-10-2 CE4	9
Pueblo	Calle Gabriel García Márquez	1-8-1 CE4	6
Pueblo	Calle Gabriel Piqueras	1-8-1 CE4	12
Pueblo	Calle Ganaderos	1-7-1 CE4	6
Pueblo	Calle Glorieta	1-7-1 CE4	14
Garysol	Calle Haya	2-20-2 CE4	16
Pueblo	Calle Ixchiguan	1,5-10-1,5 CE4	14
Garysol	Calle Juan García Rausell	2-25-2 CE4	46
Pueblo	Calle La Cañada	1,5-10-1,5 CE4	20
Pueblo	Calle La Guardería	1,5-6,5-1,5 CE4	9
Pueblo	Calle la Horca	1,3-10-1,3 CE4	18
Pueblo	Calle La Mancha	1,5-8-1,5 CE4	7
Casitas	Calle La Roda	2-10-2 CE4	17
Torobizco	Calle Labradores	5-20-5 CE4	34
Pueblo	Calle Lope de Vega	0,8-5-0,8 CE4	12
Pueblo	Calle Mariano Munera	1-6,5-1 CE4	10
Pueblo	Calle Miguel Hernández	1-7-1 CE4	14
Casitas	Calle Minaya	2-10-2 CE4	10
Casitas	Calle Montalvos	2-10-2 CE4	8
Pueblo	Calle Nueva	1,5-10-1,5 CE4	20
Los Olivos	Calle Pablo Picasso	1,5-10-1,5 CE4	17
Pueblo	Calle Pedro Pérez	1-15-1 CE4	17
Garysol	Calle Pino	2-25-2 CE4	43
Los Olivos	Calle Pintor Alfonso Quijada	1,5-10-1,5 CE4	10

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Nº lum
Los Olivos	Calle Pintor Antonio López	1,5-10-1,5 CE4	17
Pueblo	Calle Plaza Mayor	1-6-1 CE2	6
Pueblo	Calle Postigos	0,7-5-0,7 CE4	11
Pueblo	Calle Primero de Mayo	1,2-6,5-1,2 CE4	4
Pueblo	Calle Puerta de la Villa	1,5-8-1,5 CE4	12
Los Olivos	Calle Rafael Requena	1,5-10-1,5 CE4	10
Pueblo	Calle Real y Plaza(bhidro)	1,2-17-1,2 CE2	19
Pueblo	Calle Real y Plaza	1,5-20-1,5 CE2	35
Garysol	Calle Roble	2-20-2 CE4	16
Pueblo	Calle Sahuquillo	1-8-1 CE4	26
Pueblo	Calle San Juan	2-13-2 CE2	27
Pueblo	Calle San Martín	1,5-10-1,5 CE4	9
Pueblo	Calle Santa Ana Principal	1-12-1 CE3	64
Pueblo	Calle Santa Ana Guardería	2-13-2 CE4	16
Pueblo	Calle Santa Ana Escuela	2-11-2 CE4	7
Pueblo	Calle Santa Ana Parque	1,5-9-1,5 CE4	46
Torobizco	Calle Silleros	5-20-5 CE4	32
Pueblo	Calle Silo	1-12-1 CE4	8
Casitas	Calle Tarazona	2-10-2 CE4	20
Pueblo	Calle Vicente Aleixandre	1-7-1 CE4	12
Casitas	Calle Villalgordo	2-10-2 CE4	22
Pueblo	Glorieta Amalio Fernández	-	190
Pueblo	Plaza Mayor	-	48
Pueblo	Plaza La Balsa	-	19
Pueblo	Travesía Cervantes	1-8-1 CE4	6
Pueblo	Travesía San Juan	1-5-1 CE4	4
Pueblo	Campo Futbol	-	26

Tabla 20: Número de luminarias por calle

2.6.3 Simulación Plaza mayor

Aquí se abordará, y ofrecerán los resultados de la simulación 3D de la Plaza Mayor.



Ilustración 11: Vista aérea Plaza Mayor

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)



Ilustración 12: Vista 3D Plaza Mayor iluminada

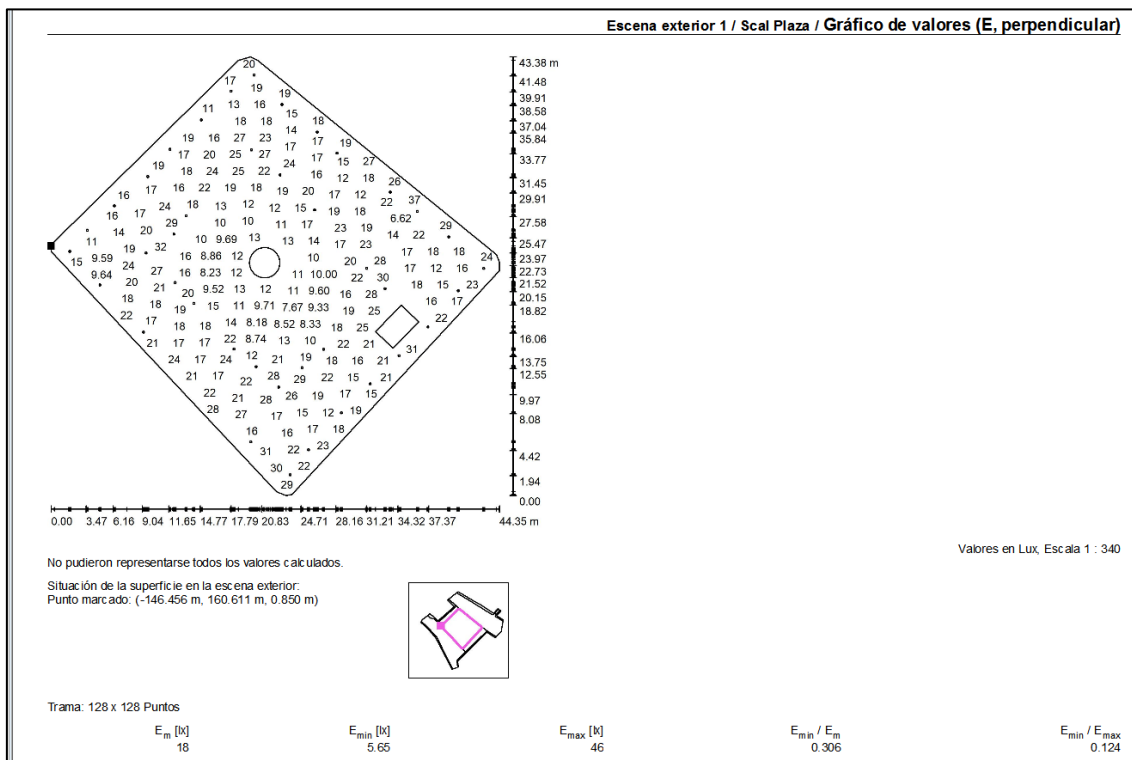


Ilustración 13: Resultados Plaza Mayor

Se aprecia, que para un nivel de iluminación S1, los parámetros exigidos por la norma cumplen.

2.6.4 Simulación Campo de fútbol municipal

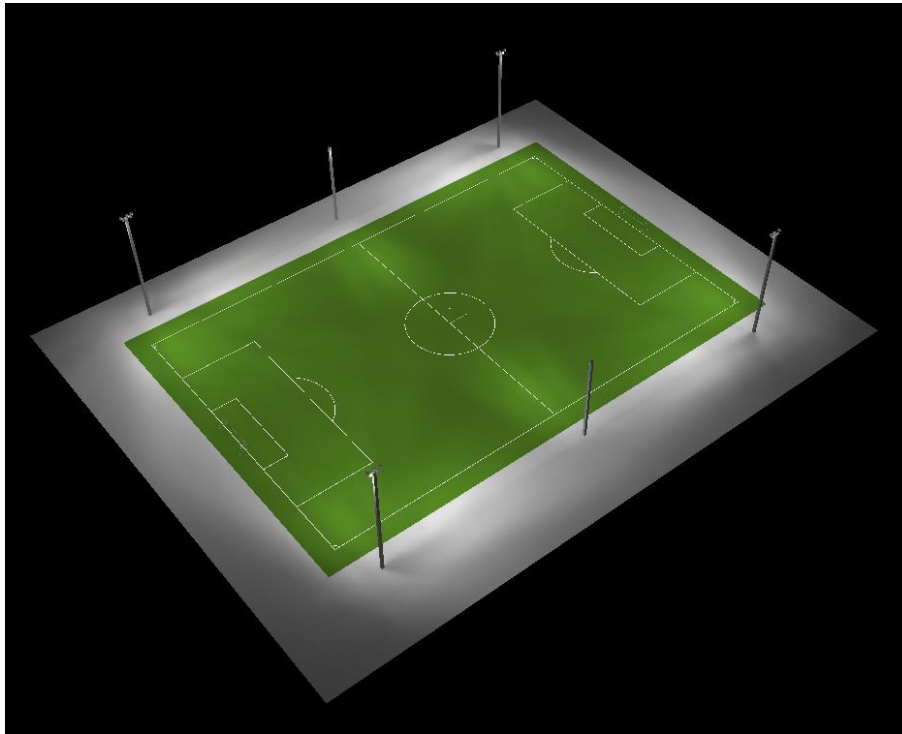


Ilustración 14: Vista 3D Campo de fútbol municipal

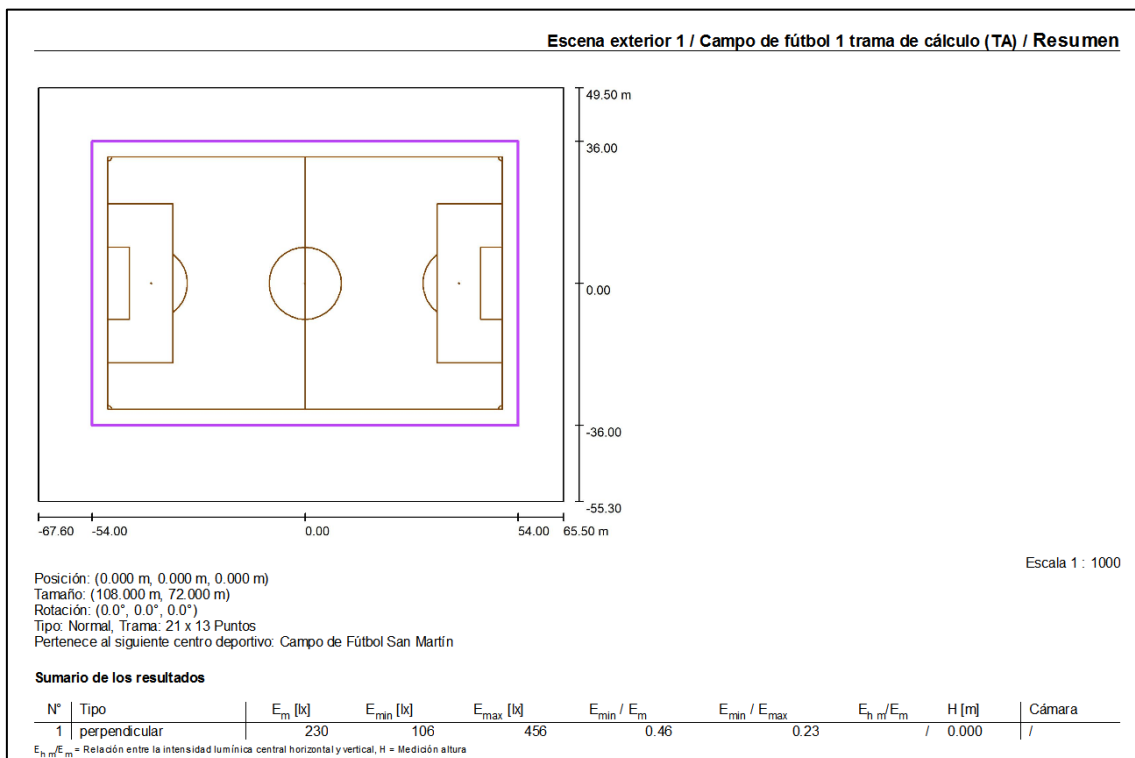


Ilustración 15: Resultados lumínicos Campo de fútbol municipal

Se cumplen los requisitos luminotécnicos.

2.6.5 Simulación municipio

Se muestra la simulación del municipio y un extracto de dos áreas, la Glorieta, y la Calle San Juan donde se observa que se cumplen los requerimientos lumínicos.

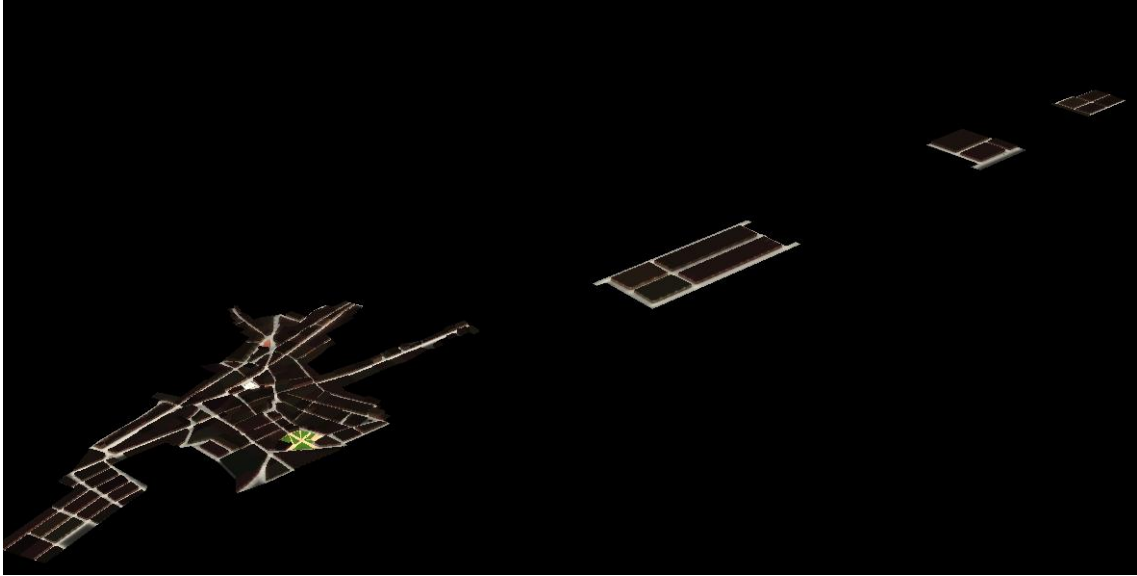


Ilustración 16: Vista 3D del municipio



Ilustración 17: Vista 3D pueblo

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

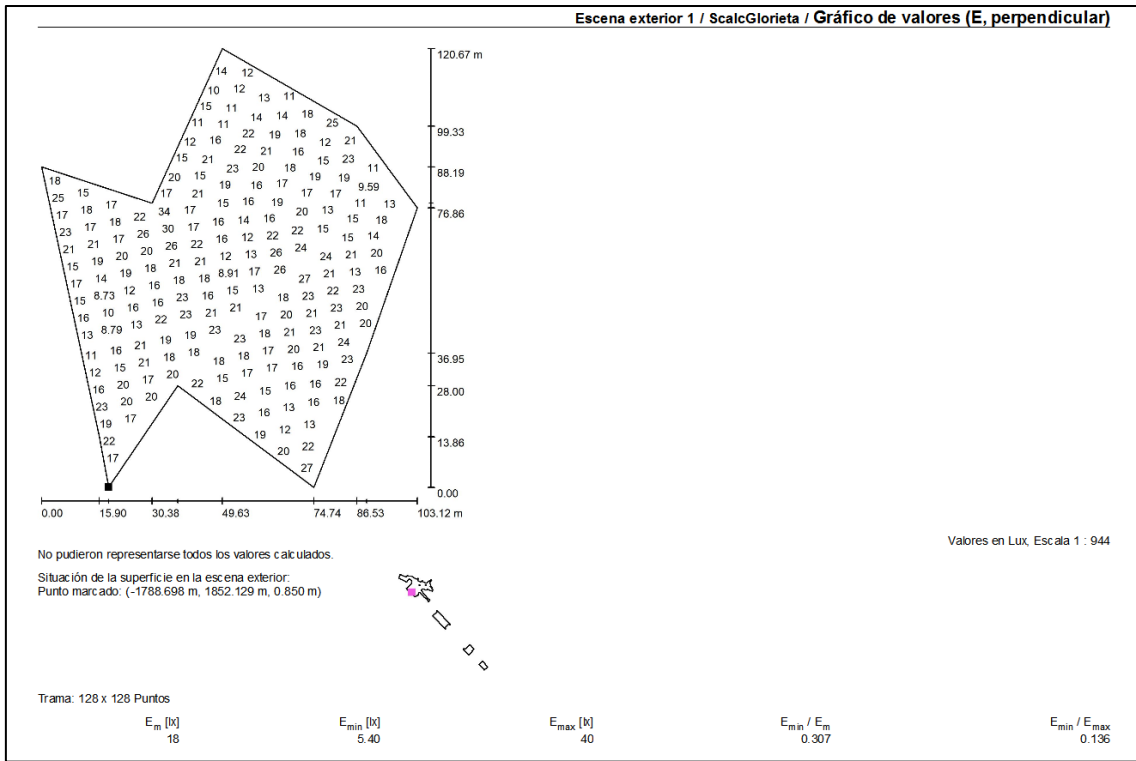


Ilustración 18: Resultados lumínicos Glorieta

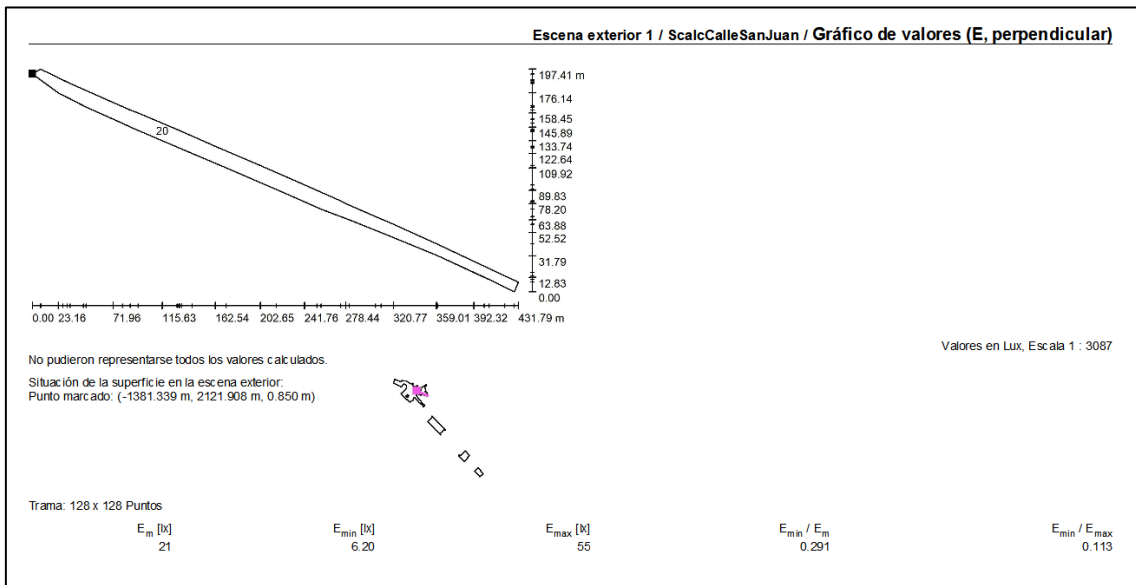


Ilustración 19: Resultados lumínicos de la Calle San Juan (2-12-2 CE2)

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

2.6.6 Rendimiento, calificación energética y Flujo hemisférico superior

2.6.6.1 Rendimiento y eficiencia de la instalación, por tipo de luminaria y calificación energético por área

El rendimiento y la eficiencia de los modelos de luminaria empleados en este proyecto son:

Luminaria	Flujo Lámpara (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Rendimiento Luminaria (η)
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX50 (Luma Micro)	1800	1584	0,88
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED69-4S/757 DW50 (Luma)	7000	6090	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED24-4S/740 DX10 (Luma Micro)	2400	2088	0,87
PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11	1800	1296	0,72
PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50	1200	1056	0,88
PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50	1800	1260	0,70
PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED32-4S/830 DS50	3200	2208	0,69
PHILIPS MVF403 1xMHN-SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	226000	160460	0,71
PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM(Iridium gen 3 led medium)	5046	4642	0,92
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 (Luma Micro)	1000	890	0,89
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DX50 (Luma Micro)	1000	880	0,88
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (Luma Micro)	2800	2436	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (Luma Micro)	2800	2464	0,88
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED16-4S/830 DW50 (Luma Micro)	1600	1392	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX10 (Luma Micro)	1800	1566	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/757 DX10 (Luma Micro)	2700	2349	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50 (Luma Micro)	2700	2349	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 (Luma Micro)	3000	2730	0,91

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Luminaria	Flujo Lámpara (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Rendimiento Luminaria (η)
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DX10 (Luma Micro)	3400	2958	0,87
PHILIPS BGP615 T25 1 xLED44-4S/740 DW10 (Luma Micro)	4400	4004	0,91
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED119-4S/740 DW52 (LUMA)	12000	10440	0,87
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50 (Luma)	4000	3520	0,88
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50_830 (Luma)	4000	3520	0,88
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED45-4S/830 DX50 (Luma)	4500	3915	0,87
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED50-4S/740 DW50 (Luma)	5000	4350	0,87
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED59-4S/757 DX10 (Luma)	6000	5220	0,87
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM33	7400	6808	0,92
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 (Luma)	8000	6960	0,87
PHILIPS BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DW52 (LUMA)	10000	8900	0,89
PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/830 DX50 (Luma)	13000	11310	0,87
PHILIPS BGP623 T25 1 xLED60-4S/830 DX50 (Luma)	6000	5280	0,88
PHILIPS BGP623 T25 1 xLED70-4S/757 DX10 (Luma)	7000	6090	0,87
PHILIPS BGP630 T25 1 xLED80-4S/740 DM32 (LIBRA LED)	8000	7120	0,89
PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33_830(LIBRA LED)	11200	9968	0,89
PHILIPS BGS451 1xECO28-2S/740 LPO	2830	2236	0,79
PHILIPS BSP794 MK-WH GF T25 1 xLED41-4S/830 DS50	4100	2542	0,62

Tabla 21: Rendimiento por modelo de luminaria

A continuación, se mostrará la eficiencia, la comprobación de que cumple con la eficiencia mínima exigida y calificación energética por área de estudio, las cuales han sido calculadas mediante las indicaciones de la guía ITC EA 01.

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Eficiencia (ε)	Eficiencia mínima (ε)	Resultado	Eficiencia referencia (εr)	ICE	Calificación energética
Torobizco	Calle Albañiles	5-20-5 CE4	106,67	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Municipio	Calle Algibe	1,5-10-1,5 CE3	148,33	15,00	Cumple	23,00	0,16	A
Municipio	Calle Amargura	1-7-1 CE4	138,18	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Antonio Machado	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle Antonio Machado(estrecha)	0,7-4-0,7 CE4	98,89	12,00	Cumple	18,00	0,18	A
Municipio	Calle Argollón	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Balsa	1,5-13-1,5 CE3	148,00	15,00	Cumple	23,00	0,16	A
Casitas	Calle Barrax	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Los Olivos	Calle Benjamín Palencia	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle Calvario	3,5-20-3,5 CE2	141,63	17,50	Cumple	26,00	0,18	A
Municipio	Calle Camino Real	3,5-16,5-3,5 CE2	140,32	17,50	Cumple	26,00	0,19	A
Municipio	Calle Camino Real(estrecho)	1-8-1 CE2	145,00	17,50	Cumple	26,00	0,18	A
Municipio	Calle Cervantes	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Garysol	Calle Chopo	2-20-2 CE4	150,85	12,00	Cumple	18,00	0,12	A
Municipio	Calle Colón	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle de la Iglesia	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Casitas	Calle de la Residencia	2-14-2 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle el Río	0-8-0 CE4	103,03	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Garysol	Calle Enea	2-20-2 CE4	150,85	12,00	Cumple	18,00	0,12	A
Torobizco	Calle Ensogueadoras	5-20-5 CE4	106,67	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Municipio	Calle Federico García Lorca	1-7-1 CE4	138,18	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Casitas	Calle Fuensanta	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Municipio	Calle Gabriel García Márquez	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Gabriel Piqueras	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Ganaderos	1-7-1 CE4	138,18	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Glorieta	1-7-1 CE4	138,18	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Garysol	Calle Haya	2-20-2 CE4	150,85	12,00	Cumple	18,00	0,12	A

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Eficiencia (ε)	Eficiencia mínima (ε)	Resultado	Eficiencia referencia (εr)	ICE	Calificación energética
Municipio	Calle Ixchiguan	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Garysol	Calle Juan García Rausell	2-25-2 CE4	139,20	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle La Cañada	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle La Guardería	1,5-6,5-1,5 CE4	107,08	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Municipio	Calle la Horca	1,3-10-1,3 CE4	106,67	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Municipio	Calle La Mancha	1,5-8-1,5 CE4	111,86	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Casitas	Calle La Roda	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Torobizco	Calle Labradores	5-20-5 CE4	106,67	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Municipio	Calle Lope de Vega	0,8-5-0,8 CE4	102,67	12,00	Cumple	18,00	0,18	A
Municipio	Calle Mariano Munera	1-6,5-1 CE4	101,50	12,00	Cumple	18,00	0,18	A
Municipio	Calle Miguel Hernández	1-7-1 CE4	138,18	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Casitas	Calle Minaya	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Casitas	Calle Montalvos	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Municipio	Calle Nueva	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Los Olivos	Calle Pablo Picasso	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle Pedro Pérez	1-15-1 CE4	105,60	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Garysol	Calle Pino	2-25-2 CE4	139,20	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Los Olivos	Calle Pintor Alfonso Quijada	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Los Olivos	Calle Pintor Antonio López	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle Plaza Mayor	1-6-1 CE2	113,75	17,50	Cumple	26,00	0,23	A
Municipio	Calle Postigos	0,7-5-0,7 CE4	102,67	12,00	Cumple	18,00	0,18	A
Municipio	Calle Primero de Mayo	1,2-6,5-1,2 CE4	101,50	12,00	Cumple	18,00	0,18	A
Municipio	Calle Puerta de la Villa	1,5-8-1,5 CE4	111,86	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Los Olivos	Calle Rafael Requena	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle Real y Plaza(bhidro)	1,2-17-1,2 CE2	117,33	17,50	Cumple	26,00	0,22	A
Municipio	Calle Real y Plaza	1,5-20-1,5 CE2	103,88	17,50	Cumple	26,00	0,25	A
Garysol	Calle Roble	2-20-2 CE4	150,85	12,00	Cumple	18,00	0,12	A

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Eficiencia (ϵ)	Eficiencia mínima (ϵ)	Resultado	Eficiencia referencia (ϵ_r)	ICE	Calificación energética
Municipio	Calle Sahuquillo	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle San Juan	2-13-2 CE2	115,41	17,50	Cumple	26,00	0,23	A
Municipio	Calle San Martín	1,5-10-1,5 CE4	115,91	12,00	Cumple	18,00	0,16	A
Municipio	Calle Santa Ana Principal	1-12-1 CE3	130,50	15,00	Cumple	23,00	0,18	A
Municipio	Calle Santa Ana Guardería	2-13-2 CE4	141,08	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Santa Ana Escuela	2-11-2 CE4	143,00	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Calle Santa Ana Parque	1,5-9-1,5 CE4	97,78	12,00	Cumple	18,00	0,18	A
Torobizco	Calle Silleros	5-20-5 CE4	106,67	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Municipio	Calle Silo	1-12-1 CE4	104,40	12,00	Cumple	18,00	0,17	A
Casitas	Calle Tarazona	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Municipio	Calle Vicente Aleixandre	1-7-1 CE4	138,18	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Casitas	Calle Villalgorido	2-10-2 CE4	128,94	12,00	Cumple	18,00	0,14	A
Municipio	Glorieta Amalio Fernández	-	92,16	12,00	Cumple	18,00	0,20	A
Municipio	Plaza Mayor	-	91,00	12,00	Cumple	18,00	0,20	A
Municipio	Plaza La Balsa	-	77,03	12,00	Cumple	18,00	0,23	A
Municipio	Travesía Cervantes	1-8-1 CE4	134,45	12,00	Cumple	18,00	0,13	A
Municipio	Travesía San Juan	1-5-1 CE4	82,81	12,00	Cumple	18,00	0,22	A
Municipio	Campo Fútbol	-	73,77	-	-	-	-	-

Tabla 22: Eficiencia energética de la instalación

2.6.7 Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta

Para los cálculos y resultados de este apartado, se ha tomado el municipio como zona E3 como zona de protección contra la contaminación luminosa, siguiendo la GUÍA-EA-03, que será la referencia para este apartado.

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

Tabla 23: Clasificación de zonas contra la contaminación luminosa

2.6.7.1 Valor límite del flujo hemisférico superior instalado

Para el municipio de La Gineta el FHS es del 0% por tanto se cumple el límite establecido.

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

Tabla 24: Límite del flujo superior instalado para cada zona

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

2.6.7.2 Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior

Las limitaciones establecidas para zonas urbanas residenciales (E3) y los resultados obtenidos en distintos puntos del municipio se muestran en la siguiente tabla, los detalles de estos resultados se pueden ver en el Anejo IV, y más puntos de cálculo.

Todos los datos de la tabla se encuentran en Lux excepto a excepción de la intensidad luminosa de las lámparas.

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos						
	Zonas E3	Zonas E3	Pcal 1 (Camino Real)	Pcalc 7 (Los Olivos)	Fachada C/San Martín.	Fachada C/Calvario	Fachada Los Olivos
Iluminancia vertical (Ev)	10 lux	10 lux	-	-	5,38	5,79	1,53
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	10.000 cd	-	2.056 cd	2.163 cd	-	-	-
Luminancia media de las fachadas (Lm)	10 cd/m ²	14,30 lux	-	-	5,22	5,63	1,37
Luminancia máxima de las fachadas (Lmax)	60 cd/m ²	85,71 lux	-	-	65,00	74,00	3,33
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos	800 cd/m ²	-	-	-	-	-	-

Tabla 25: Resultados luz molesta

3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y CONTRATACIÓN

3.1 Introducción

En este capítulo se abarcará el diseño de la instalación eléctrica de nuestra instalación de alumbrado, la contratación del suministro eléctrico y el consumo y coste de nuestra instalación. Dicho diseño se realizará mayormente en la herramienta CYPELEC.

Acorde la normativa del Reglamento de baja tensión (R.B.T.)

3.2 Instalación eléctrica

3.2.1 Diseño de cuadros eléctricos y sus líneas

3.2.1.1 Asignación de cuadros

Para el diseño de la instalación, se han agrupado las áreas de iluminación en cuadros de una potencia inferior a 10 kW, ya que la tarifa eléctrica (2.0A) de contratación a la que se someterá cada cuadro está limitada a esta potencia. La agrupación se ha realizado con un criterio de proximidad y potencia del conjunto, resultando:

Zona	Área	Código	Nº lum	Pot/ud (W)	Pot total	ID Cuadro
Torobizco	Calle Albañiles	5-20-5 CE4	40	33	1,32	13
Pueblo	Calle Algibe	1,5-10-1,5 CE3	11	48	0,528	3
Pueblo	Calle Amargura	1-7-1 CE4	42	17	0,714	3
Pueblo	Calle Antonio Machado	1,5-10-1,5 CE4	5	43	0,215	3
Pueblo	Calle Antonio Machado(estrecha)	0,7-4-0,7 CE4	10	9	0,09	3
Pueblo	Calle Argollón	1-8-1 CE4	13	22	0,286	3
Pueblo	Calle Balsa	1,5-13-1,5 CE3	20	46	0,92	4
Casitas	Calle Barrax	2-10-2 CE4	14	36	0,504	15
Los Olivos	Calle Benjamín Palencia	1,5-10-1,5 CE4	17	43	0,731	14
Pueblo	Calle Calvario	3,5-20-3,5 CE2	41	43	1,763	1
Pueblo	Calle Camino Real (1)	3,5-16,5-3,5 CE2	75	31	2,325	1
Pueblo	Calle Camino Real (2)	3,5-16,5-3,5 CE2	85	31	2,635	3
Pueblo	Calle Camino Real(estrecho)	1-8-1 CE2	26	42	1,092	2
Pueblo	Calle Cervantes	1-8-1 CE4	28	22	0,616	2
Garysol	Calle Chopo	2-20-2 CE4	24	59	1,416	11
Pueblo	Calle Colón	1-8-1 CE4	31	22	0,682	2
Pueblo	Calle de la Iglesia	1-8-1 CE4	44	22	0,968	2

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Nº lum	Pot/ud (W)	Pot total	ID Cuadro
Casitas	Calle de la Residencia	2-14-2 CE4	15	43	0,645	15
Pueblo	Calle el Río	0-8-0 CE4	21	38	0,798	1
Garysol	Calle Enea	2-20-2 CE4	16	59	0,944	11
Torobizco	Calle Ensogueadoras	5-20-5 CE4	16	33	0,528	13
Pueblo	Calle Federico García Lorca	1-7-1 CE4	14	17	0,238	2
Casitas	Calle Fuensanta	2-10-2 CE4	9	36	0,324	15
Pueblo	Calle Gabriel García Márquez	1-8-1 CE4	6	22	0,132	2
Pueblo	Calle Gabriel Piqueras	1-8-1 CE4	12	22	0,264	2
Pueblo	Calle Ganaderos	1-7-1 CE4	6	17	0,102	4
Pueblo	Calle Glorieta	1-7-1 CE4	14	17	0,238	2
Garysol	Calle Haya	2-20-2 CE4	16	59	0,944	12
Pueblo	Calle Ixchiguan	1,5-10-1,5 CE4	14	43	0,602	4
Garysol	Calle Juan García Rausell	2-25-2 CE4	46	75	3,45	12
Pueblo	Calle La Cañada	1,5-10-1,5 CE4	20	43	0,86	1
Pueblo	Calle La Guardería	1,5-6,5-1,5 CE4	9	13	0,117	1
Pueblo	Calle la Horca	1,3-10-1,3 CE4	18	33	0,594	4
Pueblo	Calle La Mancha	1,5-8-1,5 CE4	7	21	0,147	3
Casitas	Calle La Roda	2-10-2 CE4	17	36	0,612	15
Torobizco	Calle Labradores	5-20-5 CE4	34	33	1,122	13
Pueblo	Calle Lope de Vega	0,8-5-0,8 CE4	12	12	0,144	3
Pueblo	Calle Mariano Munera	1-6,5-1 CE4	10	12	0,12	2
Pueblo	Calle Miguel Hernández	1-7-1 CE4	14	17	0,238	2
Casitas	Calle Minaya	2-10-2 CE4	10	36	0,36	15
Casitas	Calle Montalvos	2-10-2 CE4	8	36	0,288	15
Pueblo	Calle Nueva	1,5-10-1,5 CE4	20	43	0,86	4
Los Olivos	Calle Pablo Picasso	1,5-10-1,5 CE4	17	43	0,731	14
Pueblo	Calle Pedro Pérez	1-15-1 CE4	17	15	0,255	4
Garysol	Calle Pino	2-25-2 CE4	43	75	3,225	11
Los Olivos	Calle Pintor Alfonso Quijada	1,5-10-1,5 CE4	10	43	0,43	14
Los Olivos	Calle Pintor Antonio López	1,5-10-1,5 CE4	17	43	0,731	14
Pueblo	Calle Plaza Mayor	1-6-1 CE2	6	24	0,144	3
Pueblo	Calle Postigos	0,7-5-0,7 CE4	11	12	0,132	3
Pueblo	Calle Primero de Mayo	1,2-6,5-1,2 CE4	4	12	0,048	4
Pueblo	Calle Puerta de la Villa	1,5-8-1,5 CE4	12	21	0,252	3
Los Olivos	Calle Rafael Requena	1,5-10-1,5 CE4	10	43	0,43	14
Pueblo	Calle Real y Plaza(bhidro)	1,2-17-1,2 CE2	19	45	0,855	3
Pueblo	Calle Real y Plaza	1,5-20-1,5 CE2	35	67	2,345	3
Garysol	Calle Roble	2-20-2 CE4	16	59	0,944	11
Pueblo	Calle Sahuquillo	1-8-1 CE4	26	22	0,572	2
Pueblo	Calle San Juan	2-13-2 CE2	27	98	2,646	4
Pueblo	Calle San Martín	1,5-10-1,5 CE4	9	43	0,387	1
Pueblo	Calle Santa Ana Principal	1-12-1 CE3	64	16	1,024	1

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

Zona	Área	Código	Nº lum	Pot/ud (W)	Pot total	ID Cuadro
Pueblo	Calle Santa Ana Guardería	2-13-2 CE4	16	37	0,592	1
Pueblo	Calle Santa Ana Escuela	2-11-2 CE4	7	28	0,196	1
Pueblo	Calle Santa Ana Parque	1,5-9-1,5 CE4	46	9	0,414	1
Torobizco	Calle Silleros	5-20-5 CE4	32	33	1,056	13
Pueblo	Calle Silo	1-12-1 CE4	8	15	0,12	3
Casitas	Calle Tarazona	2-10-2 CE4	20	36	0,72	15
Pueblo	Calle Vicente Aleixandre	1-7-1 CE4	12	17	0,204	2
Casitas	Calle Villalgordo	2-10-2 CE4	22	36	0,792	15
Pueblo	Glorieta Amalio Fernández	-	190	-	2,3515	2
Pueblo	Plaza Mayor	-	48	-	0,353	3
Pueblo	Plaza La Balsa	-	19	33	0,627	4
Pueblo	Travesía Cervantes	1-8-1 CE4	6	22	0,132	2
Pueblo	Travesía San Juan	1-5-1 CE4	4	27	0,108	4
Pueblo	Campo Futbol	-	26	2175	56,55	x

Tabla 26: Asignación de cuadro eléctrico

Quedando los cuadros eléctricos:

ID Cuadro	Potencia (kW)
1	8,476
2	7,8475
3	8,96
4	6,762
11	6,529
12	4,394
13	4,026
14	3,053
15	4,245
x	56,55

Tabla 27: Potencia eléctrica por cuadro eléctrico

3.2.1.2 Posición del cuadro eléctrico

Para determinar la posición del cuadro eléctrico, se ha determinado localizando el “centro de masas” de todas las luminarias que lo componen, para así hallar la posición óptima para el dimensionamiento eléctrico de la instalación.

Para ello se han tomado la coordenada de cada luminaria de cada cuadro en el plano X, Y, y su potencia. Mediante la expresión que se muestra, se ha calculado la posición óptima de cada cuadro eléctrico.

$$PosiciónOptCuadro (X) = \frac{\sum(Plum_i \times Coord (X)_i)}{\sum P_i}$$

Ecuación 4: Cálculo posición óptima coordenada X cuadro

$$PosiciónOptCuadro (Y) = \frac{\sum(Plum_i \times Coord (Y)_i)}{\sum P_i}$$

Ecuación 5: Cálculo posición óptima coordenada Y cuadro

Finalmente se obtiene:

ID Cuadro	X (UTM)	Y (UTM)
1	586604,16	4330305,381
2	586703,7707	4329985,383
3	586967,1746	4330058,724
4	587213,833	4330137,337
11	587681,2935	4328789,683
12	587883,3896	4328805,78
13	588848,046	4327575,377
14	589460,0243	4326943,945
15	586288,4089	4330462,948

Tabla 28: Coordenadas cuadro eléctrico

La distribución de las líneas y el emplazamiento de los cuadros puede observarse en el apartado de Planos.

3.2.2 Dimensionado eléctrico

3.2.2.1 *Protecciones y toma a tierra*

Para proteger la instalación, frente a sobre a sobrecargas y cortocircuitos se instalarán IAs magnetotérmicos, en la cabecera de la instalación y al principio de las líneas.

El reglamento de baja tensión indica que para la toma a tierra deben instalarse 2 picas, una al principio y otra al final de la línea y una cada cinco luminarias.

El cableado de la toma a tierra tendrá una sección mínima de 16mm².

Para la protección frente a contactos indirectos se instalarán juntos a los IAs, interruptores diferenciales.

Los detalles de la instalación se pueden encontrar en el Anejo V Instalación eléctrica.

3.2.2.2 *Disposición de las líneas, zanjas y arquetas*

Las líneas, están enterradas bajo un tubo de PVC de un diámetro mínimo de 60mm, a 0,4m, bajo la acera dentro de la arqueta, mediante la cual se pueda acceder a la instalación eléctrica, los detalles del dimensionamiento de las líneas se encuentran en el los esquemas unifilares.

Para ver un detalle constructivo de la zanja y de la arqueta ir al Anejo I Detalle constructivo.

3.3 Contratación eléctrica y consumo.

3.3.1 Introducción

En primer lugar, se estima el consumo de nuestra instalación, seleccionando el driver más conveniente, el cual servirá para regular la potencia de la luminaria. En función de este consumo se ha hecho uso de la simulación de contratación eléctrica que proporciona la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), para hallar la contratación óptima y su coste.

3.3.2 Consumo

Para hallar el consumo anual de nuestra instalación, se ha tenido en cuenta el número de horas de funcionamiento de ésta, que son 4000h y la potencia de cada cuadro.

El driver seleccionado es el Philips Xitanium funcionalidad DYNADimmer, que permite regular el flujo en escalones del 25%.

Se ha tomado una reducción personalizada de flujo, del 50% durante las altas horas de la noche (desde las 23:00 aprox.), hasta que comienza a fluir el tráfico.

Lo que supone que las luminarias funcionen con un flujo reducido al 50% durante aproximadamente la mitad del tiempo. Por tanto, el consumo de cada cuadro queda definido por:

$$\text{Consumo (kWh)} = 2000h * P(kW) + 2000h * P(kW) * 50\%$$

Ecuación 6: Consumo cuadro eléctrico con reducción de driver personalizada

En el caso del campo de fútbol esto, aplica, ya que las horas de funcionamiento han sido definidas en función de los horarios de apertura, en las cuales no es necesaria y por tanto no habrá una reducción del flujo.

Funcionalidades Drivers Alumbrado Público y Herramientas de programación
Información técnica

Los drivers Philips Xitanium se emplean en todas las aplicaciones de Alumbrado Público: Ambiental, vial general, residencial, Deportes, Gasolineras como Túneles. A continuación, se muestran las diferentes funcionalidades de control que llevan integradas.


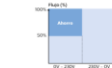

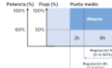

Funcionalidad regulación en cabecera / AmpDim (D13)	Funcionalidad integrada dentro de los drivers Philips Xitanium para controlar el alumbrado con un regulador en cabecera mediante la bajada de tensión de alimentación del centro de mando. El equipo interpreta la bajada de tensión como una señal de control para reducir el flujo. La curva de regulación que viene por defecto puede ser modificada a posteriori con la herramienta MultiOne.	
Funcionalidad hilo de mando (DI/DI2)	Funcionalidad integrada que permite regular el flujo al 50% cuando no se aplica tensión en el hilo de mando. Esta funcionalidad se conecta directamente al equipo, simplificando al máximo la instalación. Las Luminarias Philips de alumbrado público que incorporan esta funcionalidad se definen con la nomenclatura DI (regula cuando no se aplica tensión en el hilo de mando) y DI2 (regula cuando se aplica tensión en el hilo de mando). El porcentaje de regulación es al 50% por defecto, pero puede modificarse a posteriori con la herramienta MultiOne.	
Funcionalidad DynaDimmer (DDF)	DynaDimmer es una solución de regulación autónoma integrada en los drivers Philips Xitanium. Permite establecer hasta 5 niveles de flujo y 5 periodos de tiempo a lo largo de la noche, adaptándose perfectamente a las necesidades de cada aplicación, consiguiendo un ahorro de energía aproximado del 20% dependiendo de la curva de regulación escogida. Ofrece la flexibilidad de ajustar la programación siempre que sea necesario utilizando la herramienta de programación MultiOne. Las Luminarias Philips de Alumbrado Público que incorporan esta funcionalidad se definen con la nomenclatura "DDF", siendo la 'X' tipo de curva programada. Las curvas estándar son: DDF1, DDF2, DDF3 y DDF27. Cualquier otra curva puede ser programada a posteriori con la herramienta MultiOne.	
Funcionalidad LumiStep (LS)	LumiStep es una solución de regulación escalonada autónoma que reduce automáticamente la potencia de la fuente de luz del 100% al 60% según un modelo predefinido, proporcionando un ahorro de energía medio de entorno al 20% sin inversiones extra en la infraestructura de control. Las luminarias que incorporan esta funcionalidad vienen definidas con la nomenclatura (LS). Las curvas estándar son LS6 y LS8. Cualquier otra curva puede ser programada a posteriori con la herramienta MultiOne.	
Funcionalidad DALI (DP)	DALI (Digital Addressable Lighting Interface - Interfaz de iluminación con direccionamiento digital) es un protocolo estándar de comunicación no sometido a régimen privado para equipos de control electrónico regulables, que ofrece una mayor funcionalidad y mayor facilidad de uso. La comunicación y la regulación se gestionan a través de la línea de control. No hay necesidad de más. La información importante, como el estado de la fuente de luz, se almacena en el equipo de control y está disponible para el elemento de control. Aunque todos los drivers Philips Xitanium llevan la funcionalidad DALI, cuando las luminarias incorporan DP en la descripción significa que vienen ya con el cableado DALI preparado de fábrica y listo para ser conectado con otros dispositivos de control.	

Ilustración 20: Detalla de las funcionalidades del driver Xitanium

DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO LA GINETA (ALBACETE)

3.3.3 Contratación eléctrica

Una vez conocido el consumo, y las potencias, mediante la herramienta de la CNMC se calculan las tarifas óptimas 2.0 A y sus costes, en este caso los cuadros estarán sujetos a discriminación horaria, es económicamente más ventajoso, ya que la curva de consumo ocupa gran parte del periodo valle donde la energía es más barata.

Se obtiene:

ID Cuadro	Potencia (kW)	Potencia a contratar	Consumo anual (kWh)	Coste €/año	Emisiones tCO2
1	8,476	8,50	25428	3496,13	0,65
2	7,8475	7,90	23542,5	3238,97	0,60
3	8,96	9,00	26880	3694,22	0,68
4	6,762	6,80	20286	2791,80	0,52
11	6,529	6,60	19587	2695,58	0,50
12	4,394	4,40	13182	1814,12	0,34
13	4,026	4,10	12078	1662,17	0,31
14	3,053	3,10	9159	1260,48	0,23
15	4,245	2,30	12735	1752,59	0,32
x	56,55	56,60*	47049,6	8269,75	1,20
TOTAL			209927,1	30675,81	5,35

Tabla 29: Resumen contratación eléctrica

*Para la contratación del Cuadro x, del campo de fútbol, se toma una tarifa 3.0A, ya que la potencia requerida es mayor a 15kW, en un principio se aconseja unas potencias a contratar por periodo tales que, P1=56.6kW, P2= 56.6 kW y P3=15.001 kW, ya que en P3 (de 0 a 8h) no habrá consumo, y por tanto se reduce la potencia de este periodo a la mínima permitida.

Cabe destacar que las potencias a contratar se han tomado en escalones de 0,1 kW, que es la precisión máxima que se nos permite a la hora de realizar la contratación.

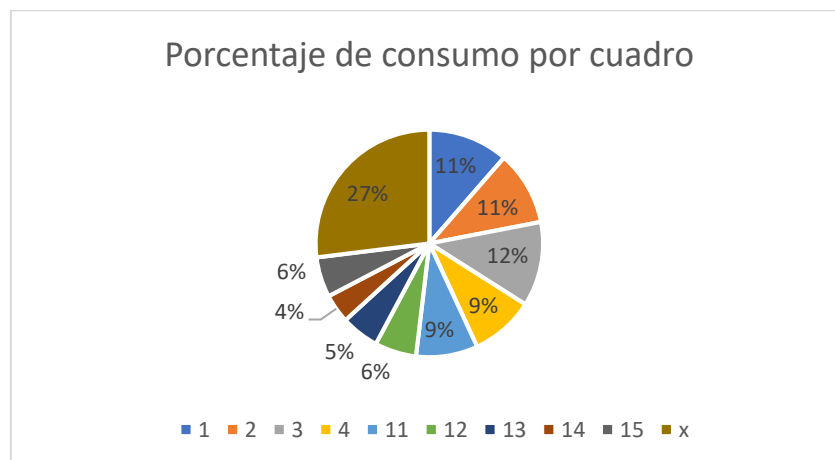


Gráfico 2: Porcentaje de consumo estimado por cuadro

PRESUPUESTO

1 Introducción

En el capítulo presupuesto, se ahondará en dos aspectos, la del presupuesto de obra, y la del coste de explotación de la instalación de alumbrado.

2 Resumen presupuesto

Se muestra, a continuación, un resumen del presupuesto del proyecto, para verlo en detalle, se ofrece un desglose detallado de éste en el Anejo II Presupuesto.

Proyecto: Alumbrado publico de La Gineta (ALBACETE)

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Obra civil	42.452,40
Capítulo 2 Instalación eléctrica	1.296.177,88
Capítulo 3 Instalación luminotécnica	2.256.823,35
Capítulo 4 Control de calidad	23.255,38
Capítulo 5 Gestión medioambiental	67.080,00
Capítulo 6 Seguridad y salud	7.154,80
Presupuesto de ejecución material	3.692.943,81
13% de gastos generales	480.082,70
6% de beneficio industrial	221.576,63
Suma	4.394.603,14
18% IVA	791.028,57
Presupuesto de ejecución por contrata	5.185.631,71

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CINCO MILLONES CIENTO OCHENTA Y CINCO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS.

Ilustración 21: Resumen presupuesto del proyecto.

Coste per cápita anual: 103.71 €/año

3 Costes de explotación

3.1 Introducción

Respecto a los costes de explotación, se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Mantenimiento (Limpieza, reparación y sustitución de luminarias)
- Consumo energético

3.2 Resultados costes de explotación

El coste de limpieza se estima en 15 €/h, con un intervalo de limpieza de 3 años, con un tiempo de 20 min por luminaria.

En la reparación de las luminarias se tiene en cuenta el precio medio de las luminarias empleadas en este proyecto, el coste de la instalación (técnico electricista) y el número de fallos que se producen al año, según el fabricante se producen un 10% de fallos cada 100.000 horas, lo que se traduce para nuestra instalación en 6 fallos de luminaria al año.

Respecto al consumo energético, se puede observar en el apartado 3.3.3 *Contratación eléctrica* el coste anual energético de la instalación de alumbrado.

A continuación, se muestra una tabla de resumen de los costes anuales de explotación:

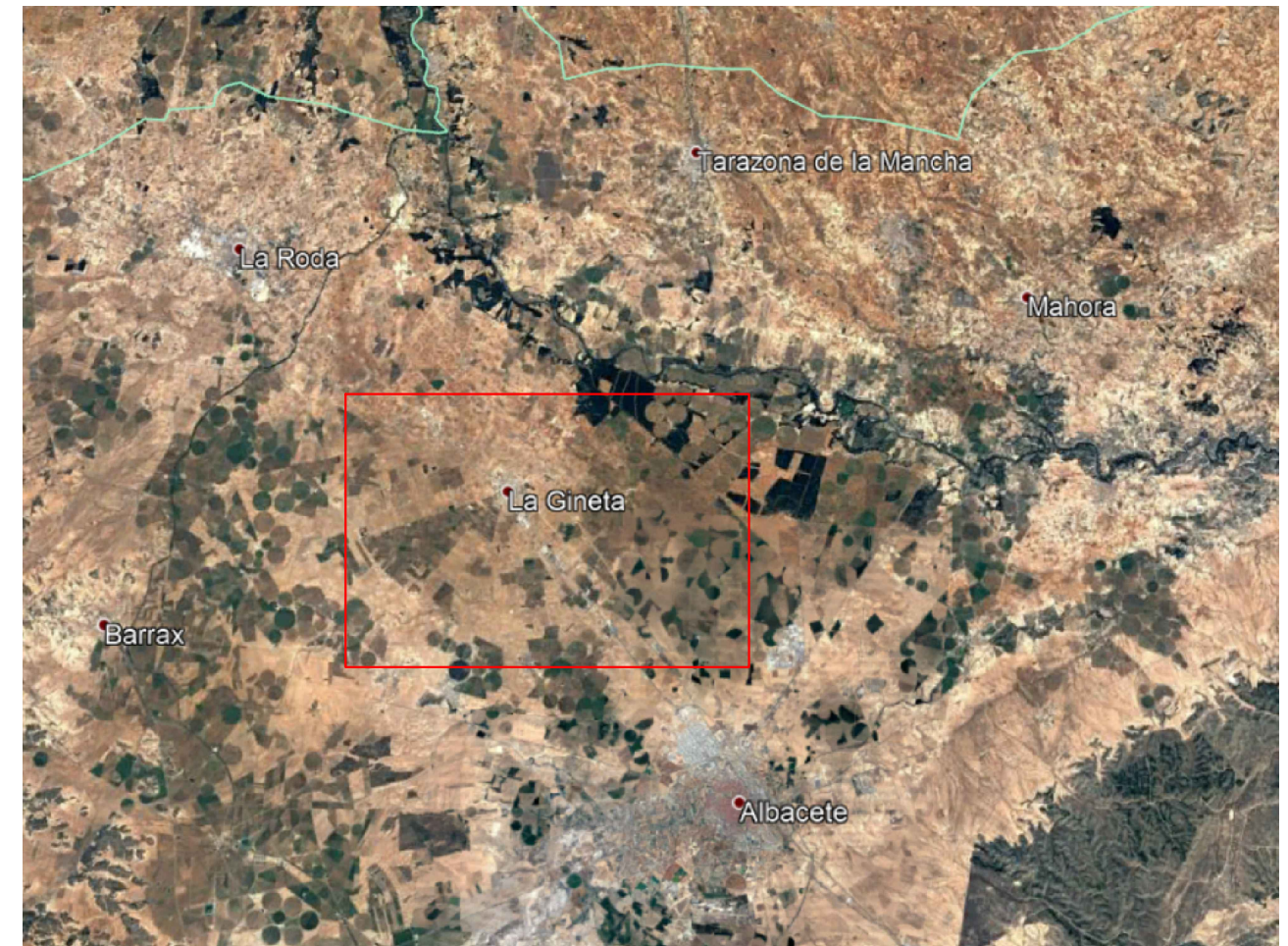
	€/Año
Coste Limpieza	2.848,33
Coste Sustitución/Reparación	5.441,83
Coste consumo eléctrico	30.675,81
TOTAL	38.965,96
TOTAL, per cápita	15,59

4 Conclusión

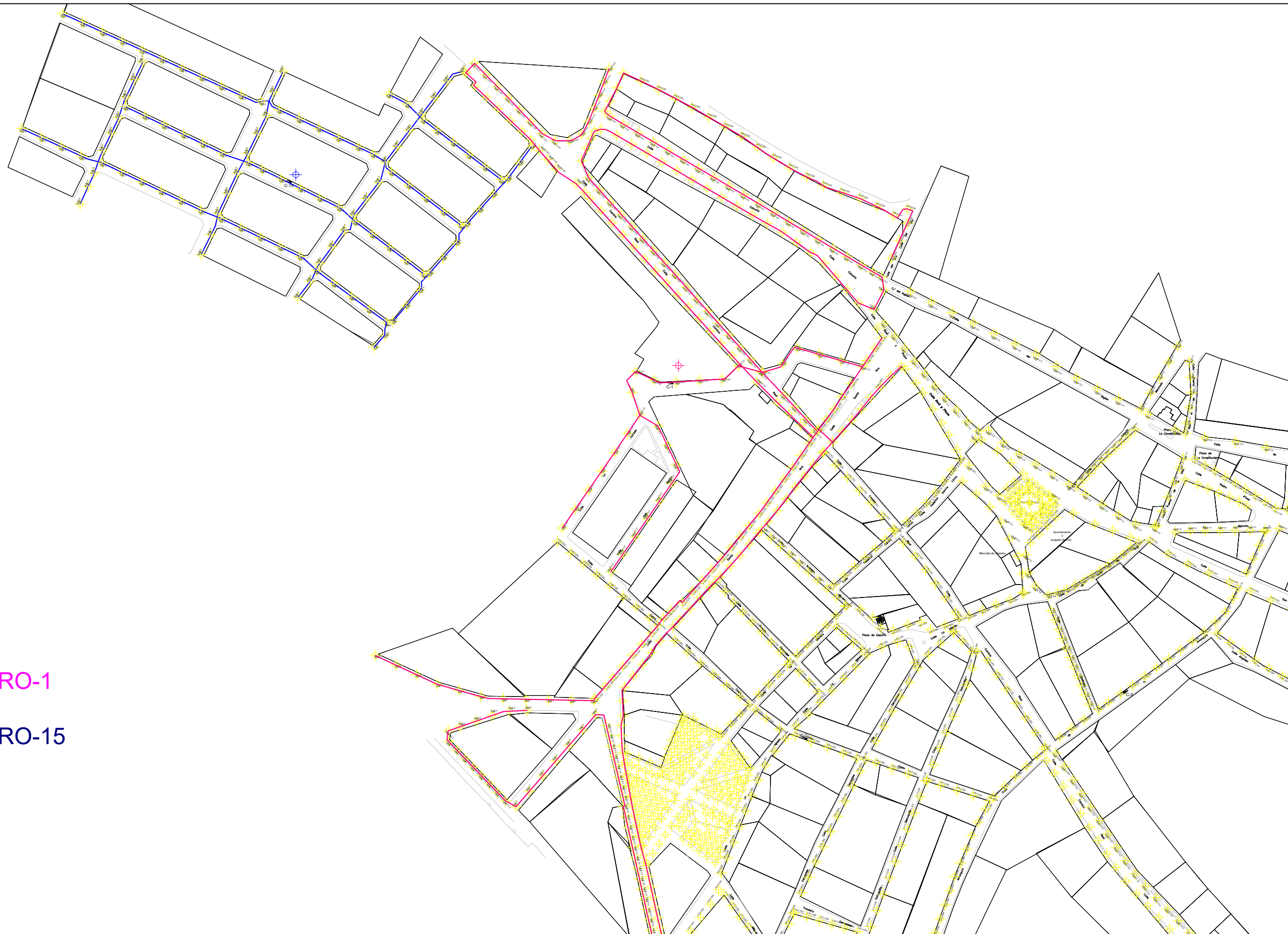
Finalmente, tenemos un coste anual, de 259.281,59 €/año para el presupuesto, y un coste de 38.965,96 €/año para el mantenimiento de la instalación, lo que supone un **coste total anual de 298.247,55 €/año**.

Por tanto, para la población de La Gineta que es de 2500 habitantes, supone un **coste per cápita de 119.30 €/año**, con lo cual queda demostrada la viabilidad económica del proyecto.

PLANOS







CUADRO-1

CUADRO-15

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

Proyecto:

Plano:

Fecha:

Nº Plano:



DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA GINETA (ALBACETE)

Líneas del Cuadro 1, Cuadro 15, y situación de luminarias.

Junio 2019

Autor:

Carlos Massó García

Escala:

1:3000

1



CUADRO-2



CUADRO-3

CUADRO-4



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

Proyecto:

Plano:

Fecha:

Nº Plano:



DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA GINETA (ALBACETE)

Líneas del Cuadro 4, y situación de luminarias.

Junio 2019

Autor:

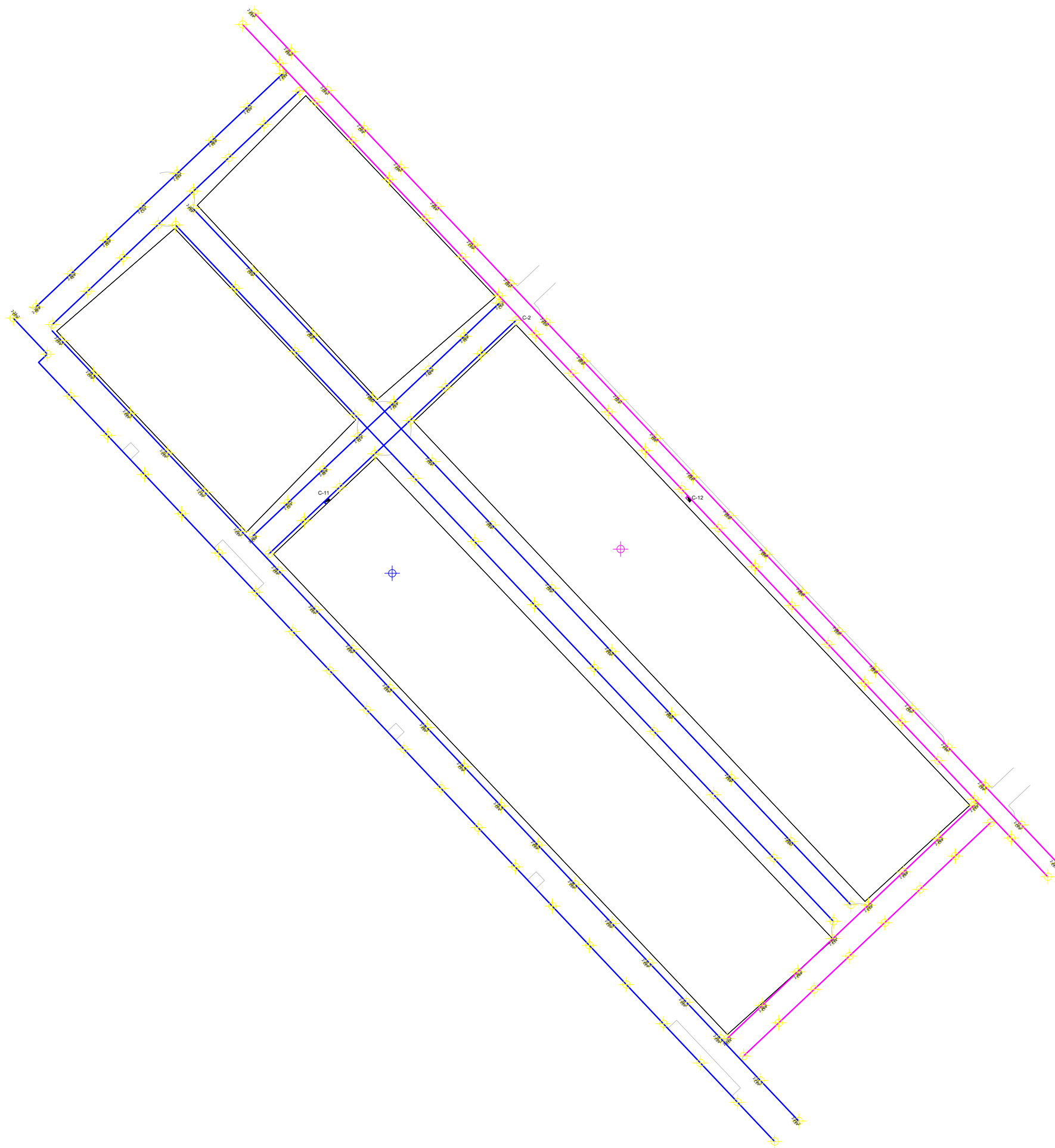
Carlos Massó García

Escala:

1:2000

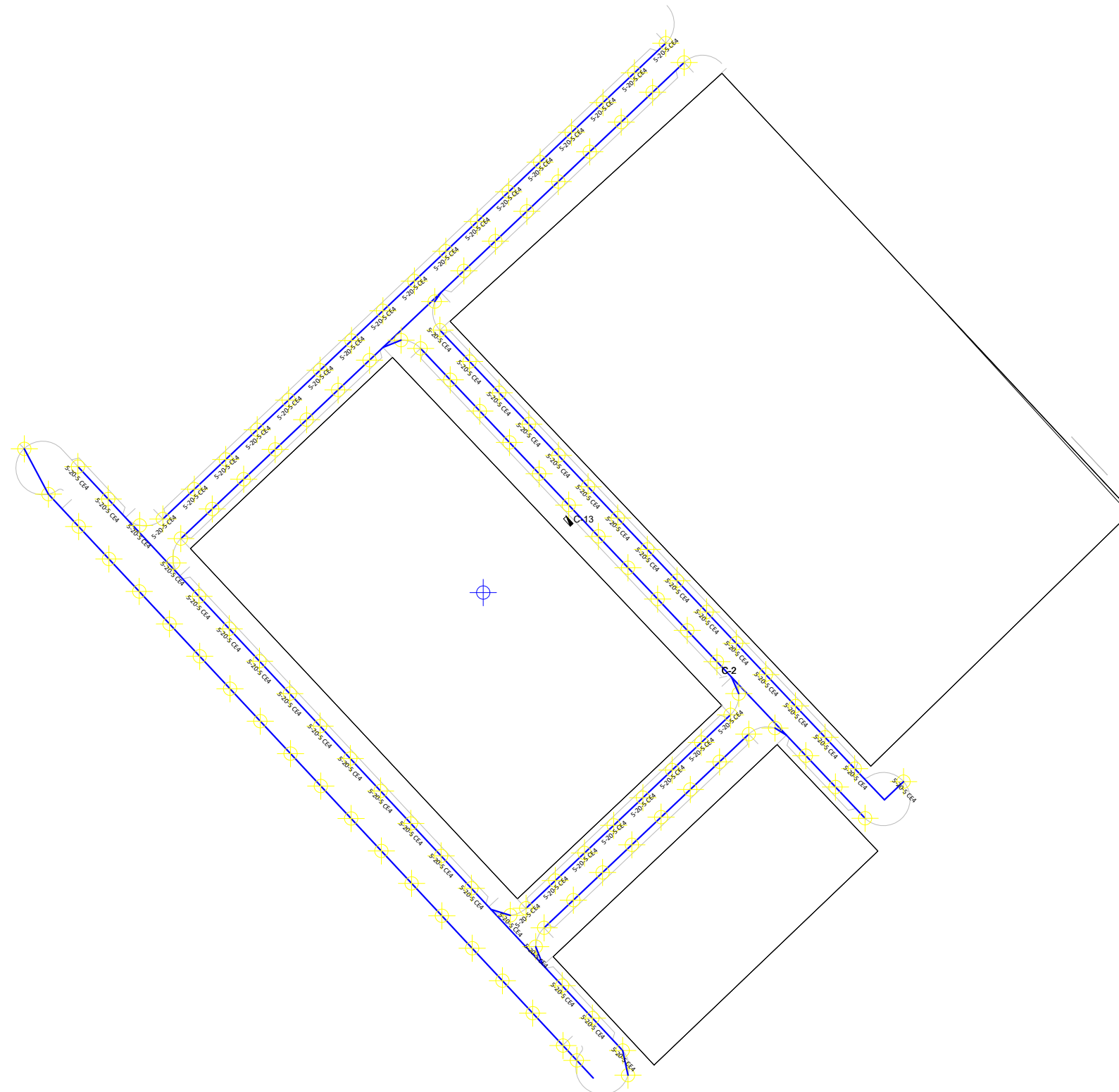
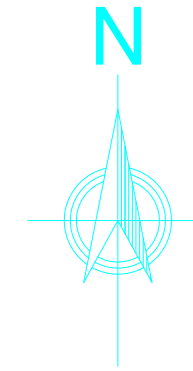
4







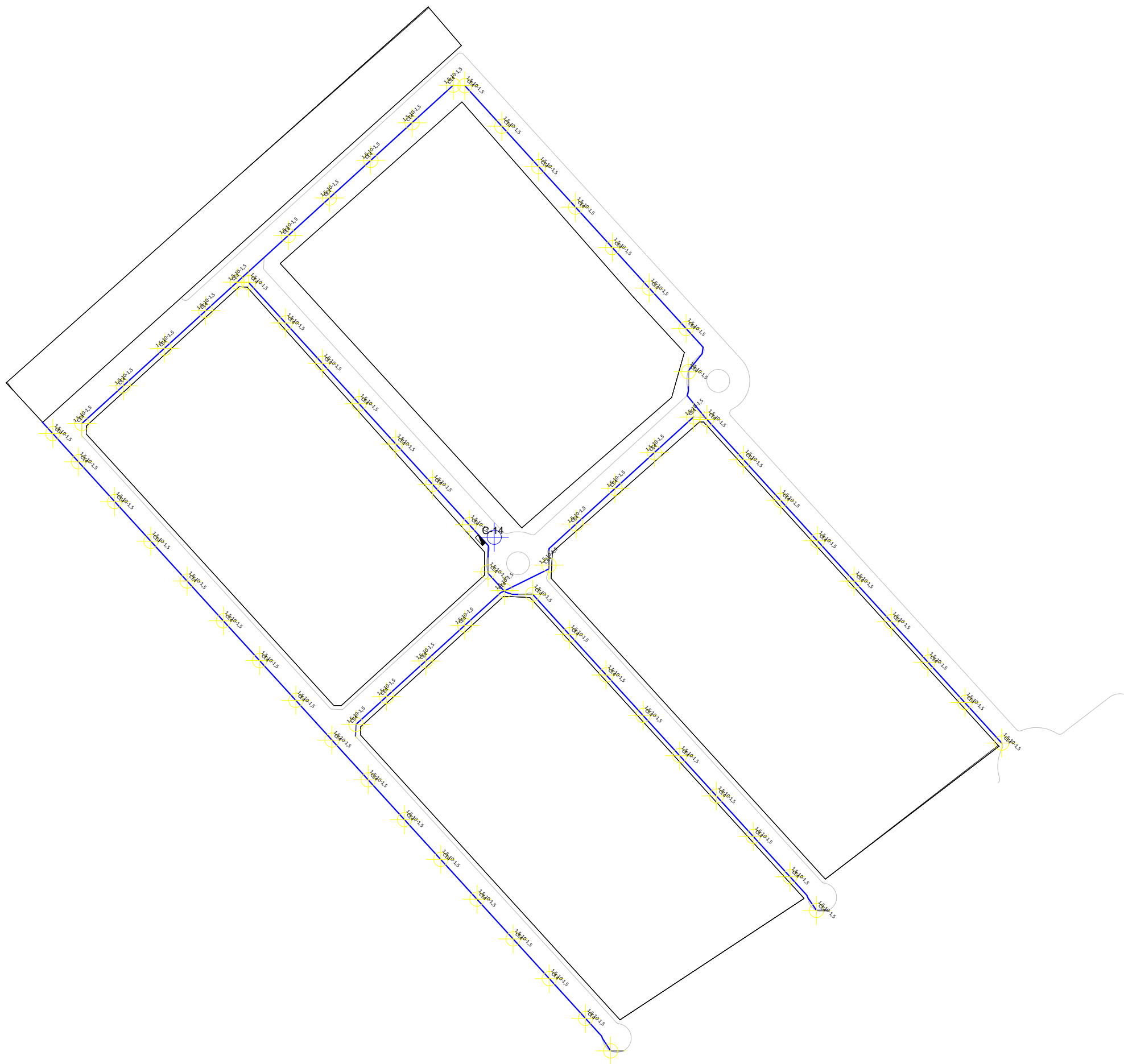
CUADRO-11

CUADRO-12



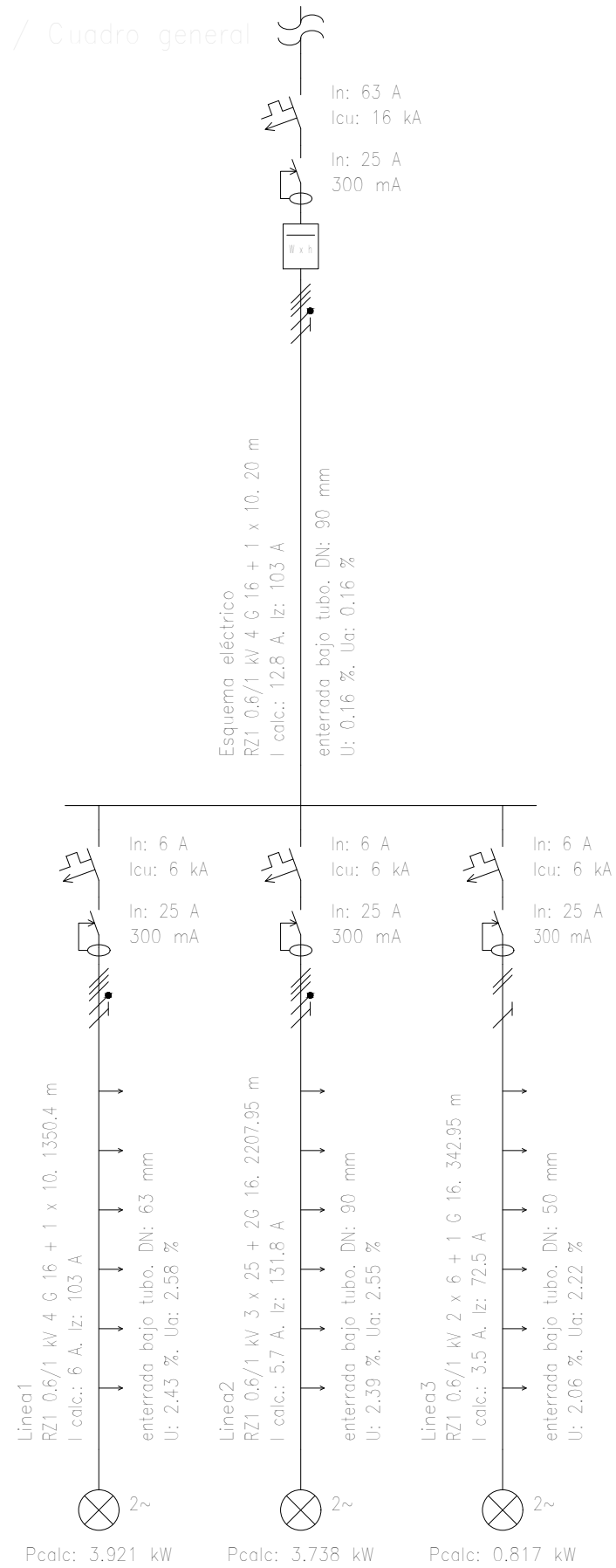
CUADRO-13

 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	Proyecto:	Plano:	Fecha:	Nº Plano:
		DISEÑO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA GINETA (ALBACETE)	Líneas del Cuadro 13, y situación de luminarias.	Junio 2019	
			Autor:	Escala:	6
			Carlos Massó García	1:2000	



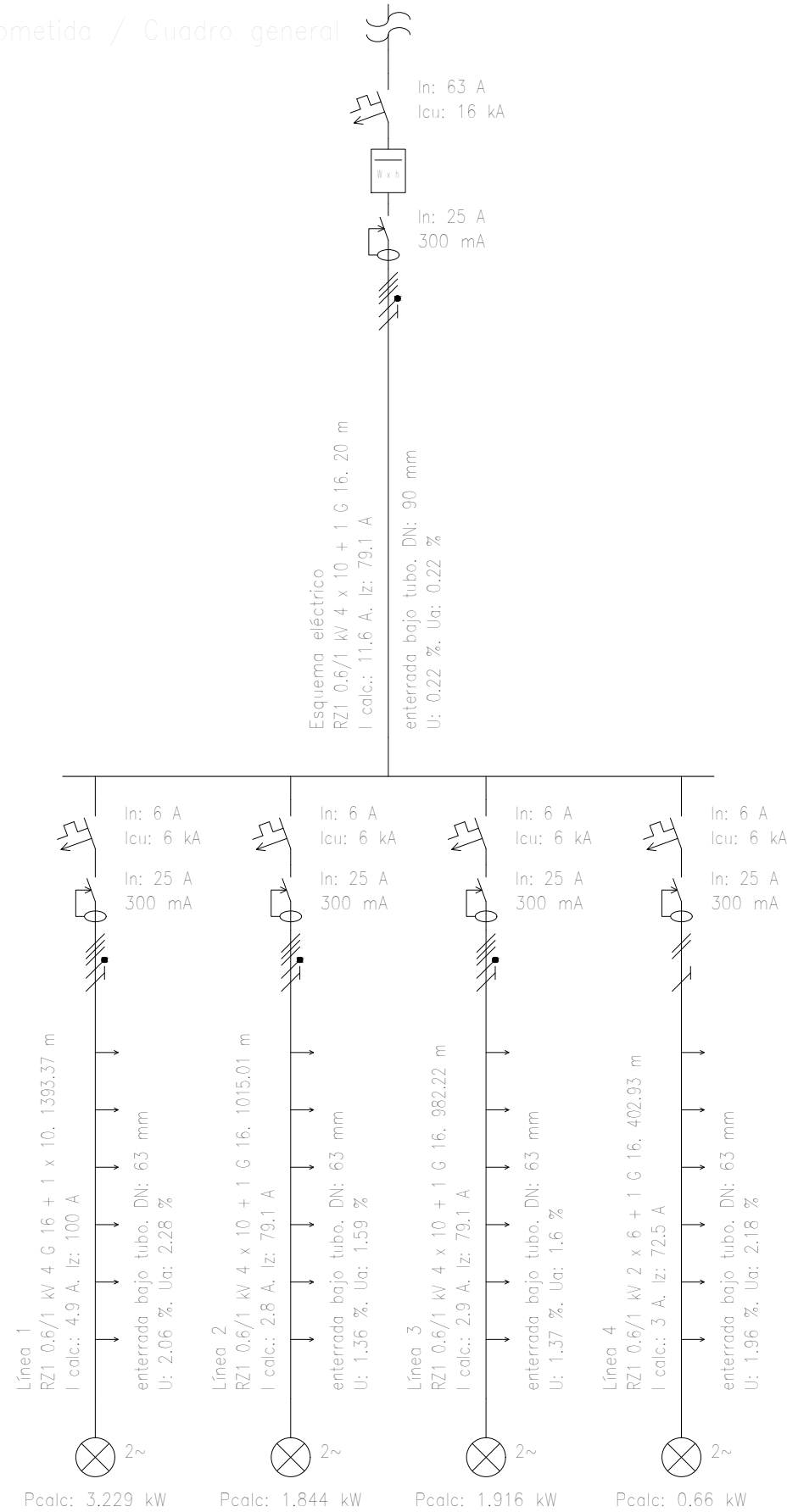
CUADRO-14

Acometida / Cuadro general



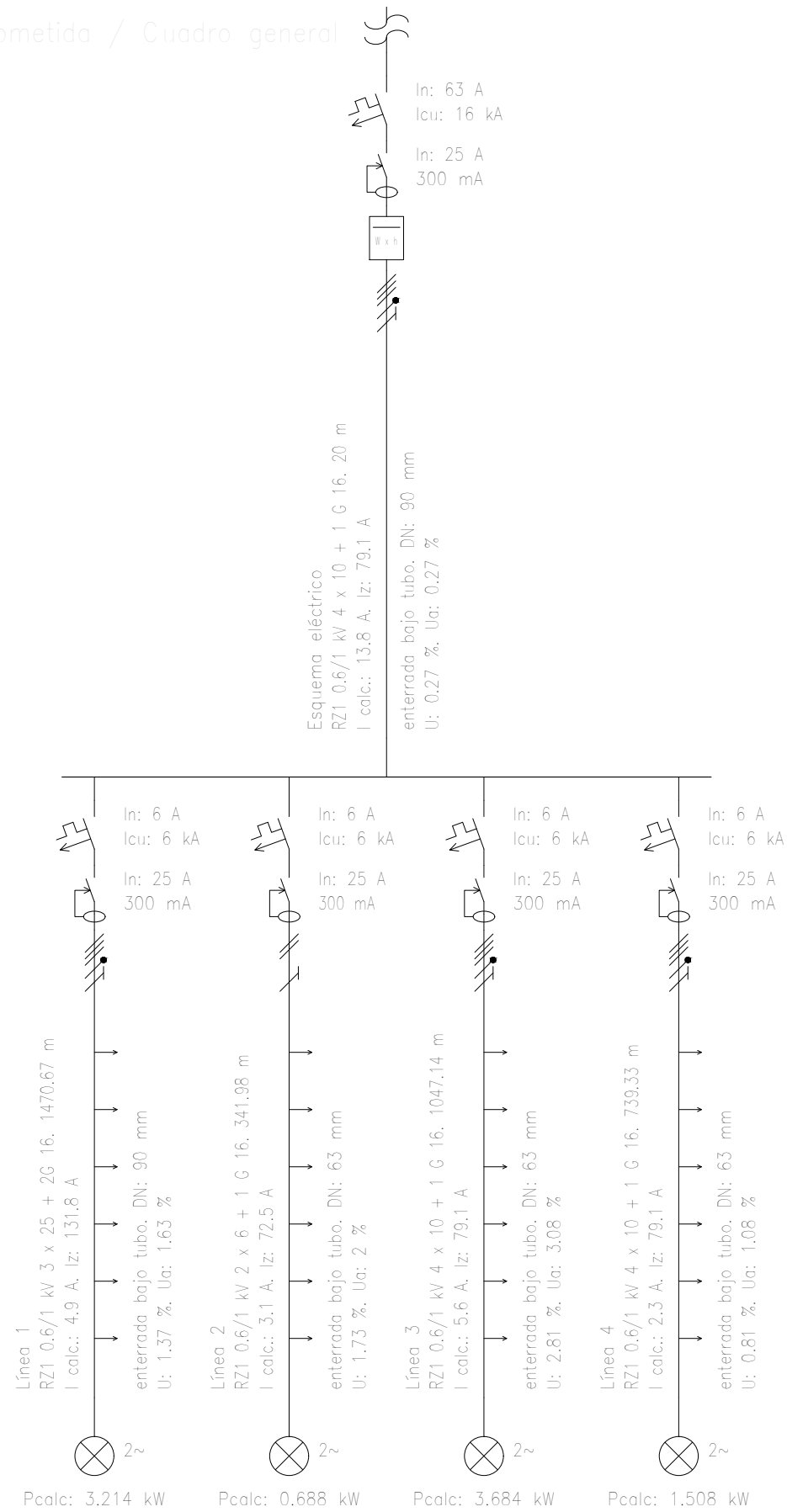
Obra: CUADRO 1
 Esquema eléctrico: Cuadro-1
 Potencia demandada: 8.48 kW

Acometida / Cuadro general



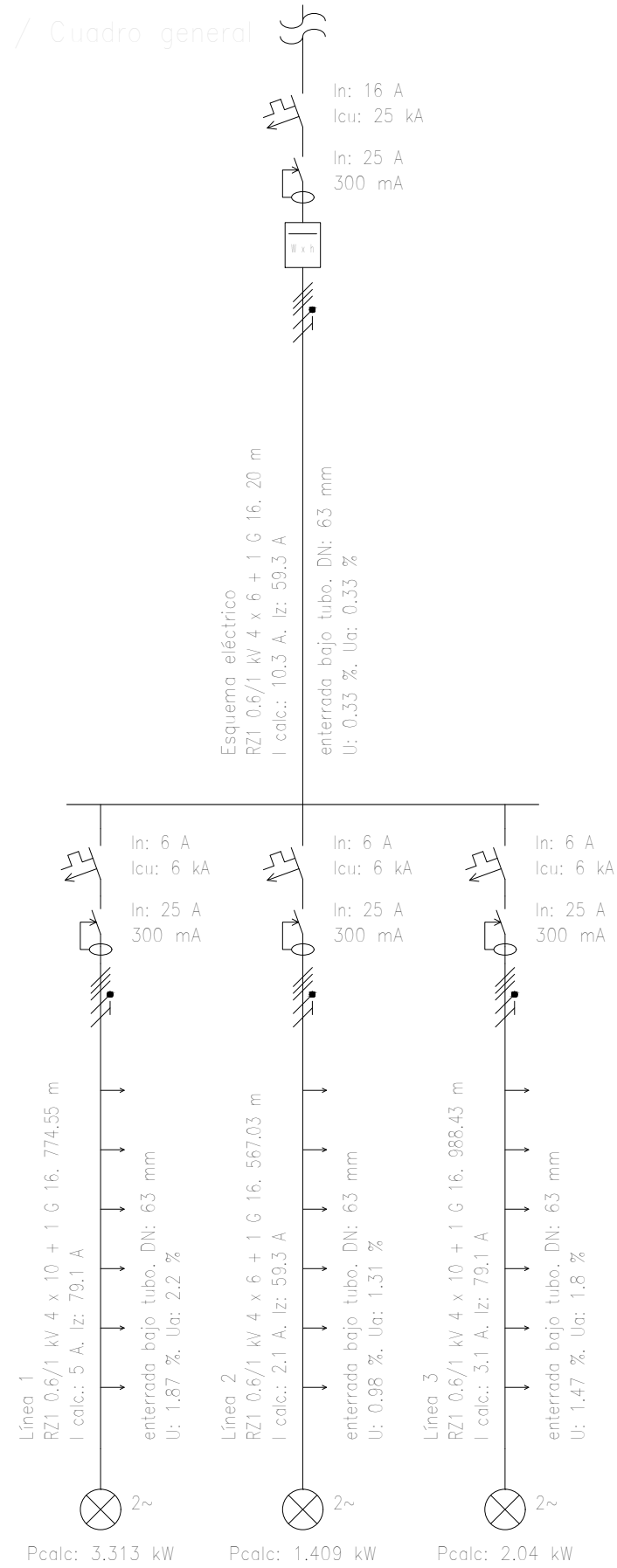
Obra: CUADRO 2
Esquema eléctrico: CUADRO 2
Potencia demandada: 7.65 kW

Acometida / Cuadro general



Obra: CUADRO 3
Esquema eléctrico: CUADRO 3
Potencia demandada: 9.09 kW

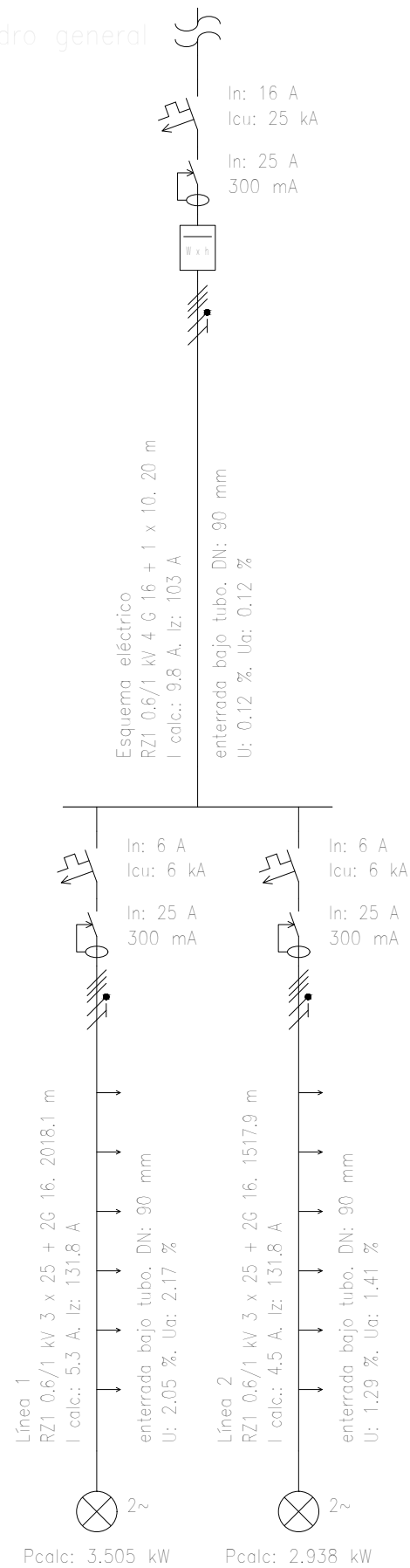
Acometida / Cuadro general



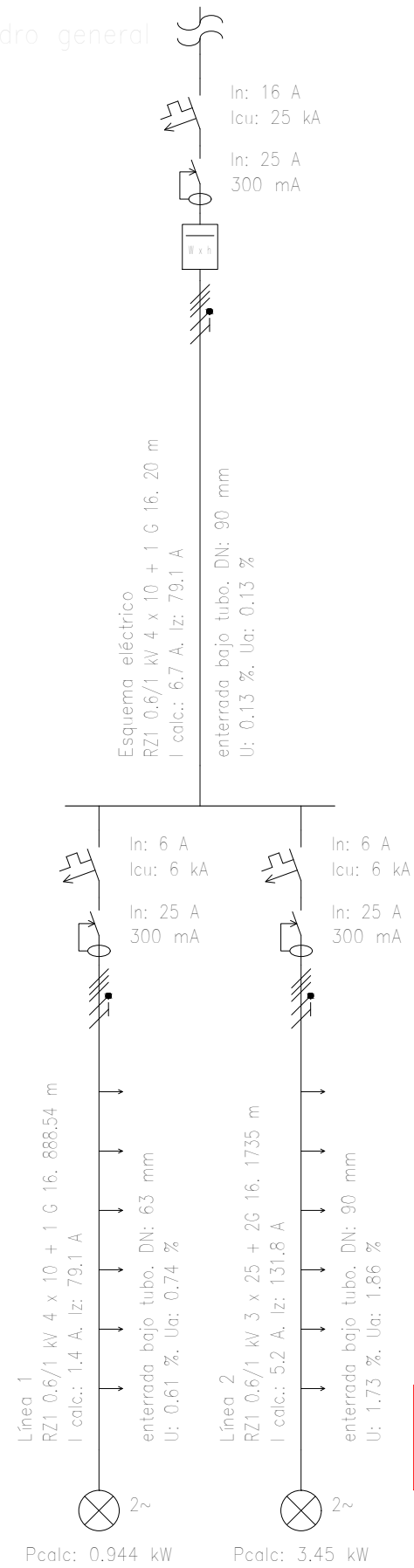
Obra: CUADRO 4
 Esquema eléctrico: CUADRO 4
 Potencia demandada: 6.76 kW

Acometida / Cuadro general

Acometida / Cuadro general

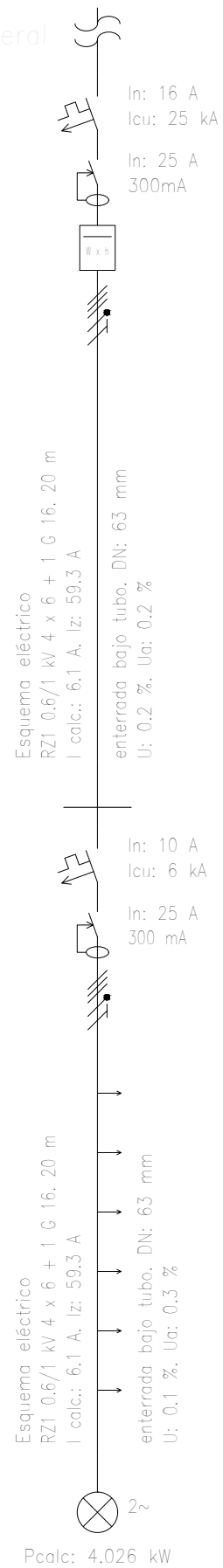


Obra: CUADRO 11
Esquema eléctrico: CUADRO 11
Potencia demandada: 6.44 kW



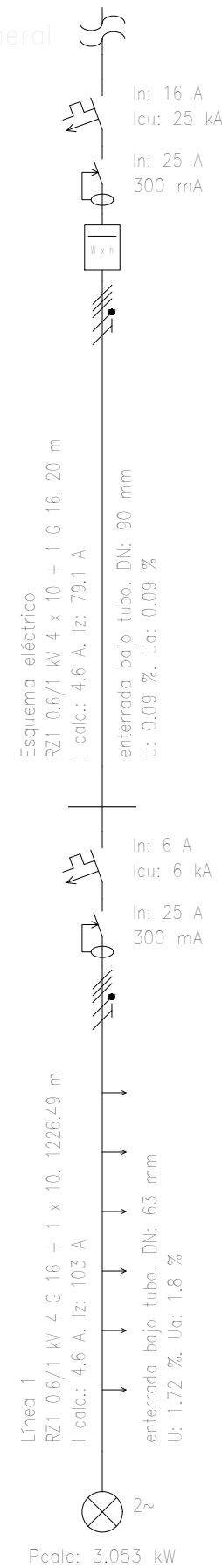
Obra: CUADRO 12
Esquema eléctrico: CUADRO 12
Potencia demandada: 4.39 kW

Acometida / Cuadro general



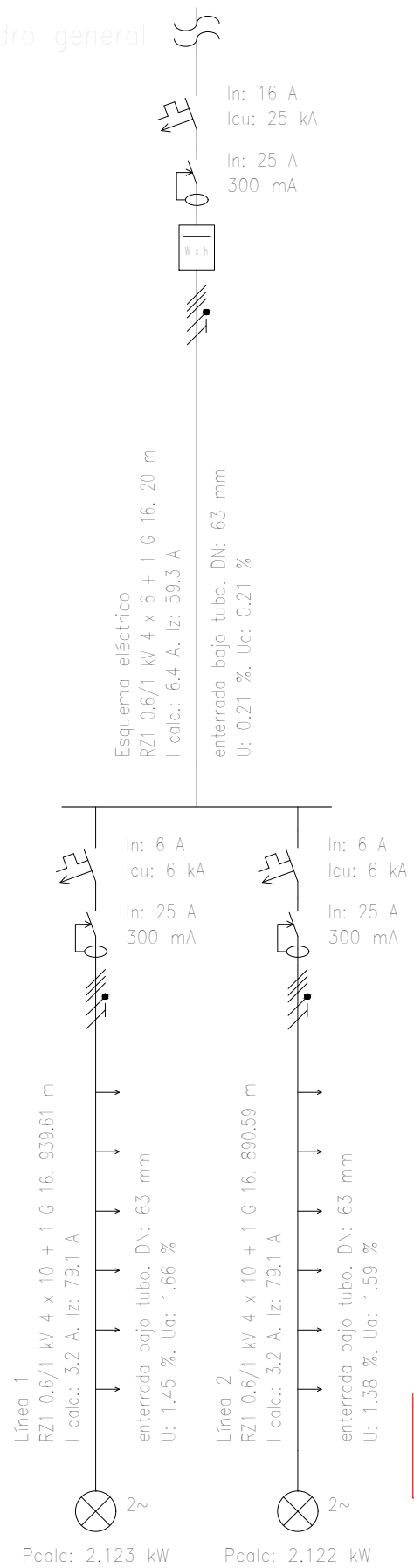
Obra: CUADRO 13
 Esquema eléctrico: CUADRO 13
 Potencia demandada: 4.03 kW

Acometida / Cuadro general



Obra: CUADRO 14
 Esquema eléctrico: CUADRO 14
 Potencia demandada: 3.05 kW

Acometida / Cuadro general



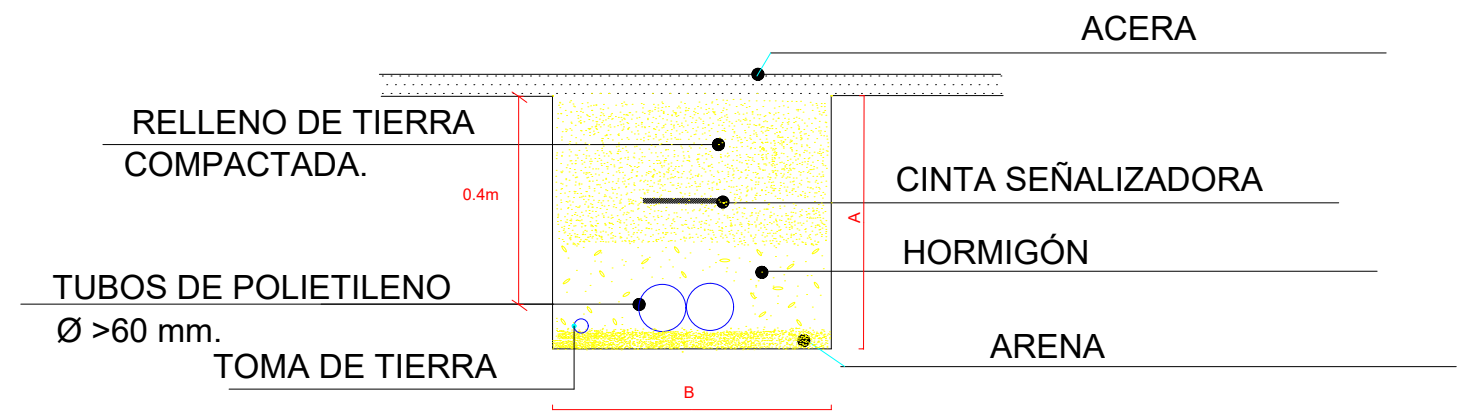
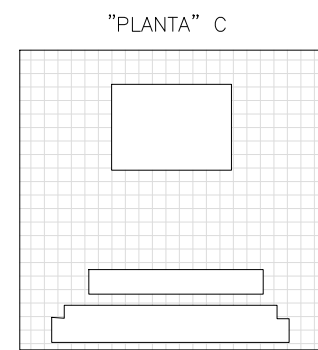
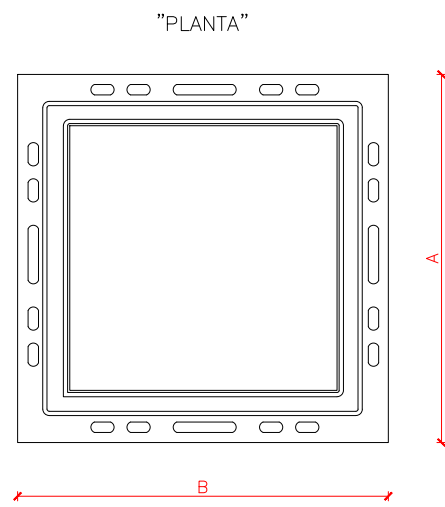
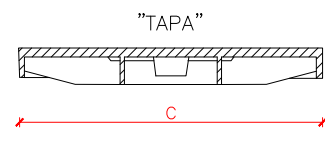
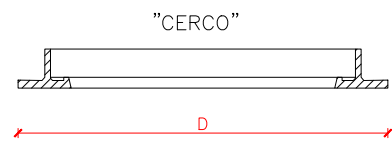
Obra: CUADRO 15
 Esquema eléctrico: CUADRO 15
 Potencia demandada: 4.25 kW

ANEJOS

Anejo I Detalle constructivo

En la siguiente página se muestra el detalle constructivo de las arquetas y de las zanjas bajo acera.

TAPA Y MARCO DE ARQUETAS



Anejo II Presupuesto

En la siguiente página, se muestra el desglose del presupuesto con detalle.

Presupuesto parcial nº 1 Obra civil

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe	
1.1	M3	Excavación en zanja en terreno de tránsito, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo.							
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			1	384,000			384,000		
							384,000	384,000	
			Total m3:				384,000	7,58	2.910,72
1.2	M3	Hormigón en masa HM-20/P/40/I, de 20 N/mm2., consistencia blanda, Tmáx. 40 mm. y ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE-08 y DB-SE-C.							
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			1	96,000			96,000		
							96,000	96,000	
			Total m3:				96,000	76,02	7.297,92
1.3	T.	Mezcla bituminosa en frío tipo AF-20 en capa de rodadura o intermedia, con áridos con desgaste de Los Ángeles < 25, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto emulsión.							
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			1	288,000			288,000		
							288,000	288,000	
			Total t.:				288,000	12,52	3.605,76
1.4	M2	Pavimento de loseta hidráulica, 4 pastillas, color de 20x20 cm., sentada con mortero 1/6 de cemento (tipo M-5), i/p.p. de junta de dilatación, enlechado y limpieza.							
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			1.800				1.800,000		
							1.800,000	1.800,000	
			Total m2:				1.800,000	15,91	28.638,00
Total presupuesto parcial nº 1 Obra civil :								42.452,40	

Presupuesto parcial nº 2 Instalación eléctrica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe			
2.1	Ud	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x16) mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1	7.567,000			7.567,000	
							7.567,000	7.567,000
			Total ud:		7.567,000		24,77	187.434,59
2.2	M.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x6) mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1	28.386,000			28.386,000	
							28.386,000	28.386,000
			Total m.:		28.386,000		16,06	455.879,16
2.3	M.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x10) mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1	22.369,000			22.369,000	
							22.369,000	22.369,000
			Total m.:		22.369,000		17,54	392.352,26
2.4	M.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x25) mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=110 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,40 cm. de ancho por 0,60 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			1	7.517,900			7.517,900	
							7.517,900	7.517,900
			Total m.:		7.517,900		31,48	236.663,49
2.5	Ud	Cuadro de mando para alumbrado público, para 4 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1.000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 2 contactores, 1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 interruptor diferencial para protección del circuito de mando; incluso célula fotoeléctrica y reloj con interruptor horario. Totalmente conexionado y cableado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			9				9,000	
							9,000	9,000
			Total ud:		9,000		2.649,82	23.848,38
Total presupuesto parcial nº 2 Instalación eléctrica :							1.296.177,88	

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Nº	Ud	Descripción				Medición	Precio	Importe
3.1	Ud	Brazo de tubo de acero pintado o galvanizado, de 60 mm. de diámetro, para sujeción mural, totalmente instalado, incluyendo accesorios de montaje. longitud 30cm.						
						1.709,000	206,76	353.352,84
		Total ud:						
3.2	Ud	Luminaria LED 15W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Pedro Pérez	17				17,000	
							17,000	17,000
		Total ud:				17,000	498,41	8.472,97
3.3	Ud	Luminaria LED 43W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Calvario	41				41,000	
							41,000	41,000
		Total ud:				41,000	539,61	22.124,01
3.4	Ud	Luminaria LED 16W.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Santa Ana (Principal)	64				64,000	
							64,000	64,000
		Total ud:				64,000	498,41	31.898,24
3.5	Ud	Luminaria LED 14.4W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Plaza Mayor Interior	2				2,000	
							2,000	2,000
		Total ud:				2,000	530,54	1.061,08
3.6	Ud	Luminaria LED 5.5W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Balizas Glorieta	123				123,000	
		Balizas Plaza Mayor	38				38,000	
							161,000	161,000
		Total ud:				161,000	638,49	102.796,89
3.7	Ud	Luminaria LED 14.4W.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Plaza Mayor Exterior	8				8,000	
							8,000	8,000
		Total ud:				8,000	611,29	4.890,32
3.8	Ud	Luminaria LED 25W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Glorieta	67				67,000	
							67,000	67,000
		Total ud:				67,000	611,29	40.956,43
3.9	Ud	PROYECTOR 2175W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Campo de Fútbol	26				26,000	
							26,000	26,000
		Total ud:				26,000	1.159,03	30.134,78
3.10	Ud	Luminaria LED 36W						
		URBANIZACIÓN CASI...	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Villalgordo	22				22,000	
		Calle Tarazona	20				20,000	
		Calle Montalvos	8				8,000	
		Calle Minaya	10				10,000	
								(Continúa...)

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe			
3.10	Ud	PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM(Iridium gen 3 led medium)			(Continuación...)			
		Calle La Roda	17	17,000				
		Calle Fuensanta	9	9,000				
		Calle Barrax	14	14,000				
				100,000	100,000			
		Total ud	100,000	446,49	44.649,00			
3.11	Ud	Luminaria LED 9W.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Antonio Machado (estrecha)	10				10,000	
							10,000	10,000
		Total ud	10,000	498,41	4.984,10			
3.12	Ud	Luminaria LED 9W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Santa Ana (Parque)	46				46,000	
							46,000	46,000
		Total ud	46,000	498,41	22.926,86			
3.13	Ud	Luminaria LED 12W.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Primero de Mayo	10				10,000	
		Calle Mariano Munera	4				4,000	
							14,000	14,000
		Total ud	14,000	498,41	6.977,74			
3.14	Ud	Luminaria LED 12W.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Lope de Vega	12				12,000	
		Calle Postigos	11				11,000	
							23,000	23,000
		Total ud	23,000	498,41	11.463,43			
3.15	Ud	Luminaria LED 13W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Pedro Pérez	17				17,000	
							17,000	17,000
		Total ud	17,000	498,41	8.472,97			
3.16	Ud	Luminaria LED 15W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Silo	8				8,000	
							8,000	8,000
		Total ud	8,000	498,41	3.987,28			
3.17	Ud	Luminaria LED 17W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Amargura	42				42,000	
		Calle Federico García Lorca	14				14,000	
		Calle Ganaderos	6				6,000	
		Calle Glorieta	14				14,000	
		Calle Miguel Hernández	14				14,000	
		Calle Vicente Aleixandre	12				12,000	
							102,000	102,000
		Total ud	102,000	498,41	50.837,82			
3.18	Ud	Luminaria LED 21W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle La Mancha	7				7,000	
							(Continúa...)	

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Nº	Ud	Descripción		Medición	Precio	Importe		
3.18	Ud	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50 (Luma Micro)				(Continuación...)		
		Calle Puerta de la Villa	12		12,000			
					19,000	19,000		
		Total ud		19,000	506,65	9.626,35		
3.19	Ud	Luminaria LED 24W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Plaza Mayor	6				6,000	
							6,000	6,000
		Total ud		6,000	498,41	2.990,46		
3.20	Ud	Luminaria LED 22W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Argollón	13				13,000	
		Calle Cervantes	28				28,000	
		Calle Colón	31				31,000	
		Calle De La Iglesia	44				44,000	
		Calle Gabriel García Márquez	6				6,000	
		Calle Gabriel Piqueras	12				12,000	
		Calle Sahuquillo	26				26,000	
		Travesía Cervantes	6				6,000	
							166,000	166,000
		Total ud		166,000	506,65	84.103,90		
3.21	Ud	Luminaria LED 28W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Santa Ana(Escuela)	7				7,000	
							7,000	7,000
		Total ud		7,000	506,65	3.546,55		
3.22	Ud	Luminaria LED 75W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Polígono Garysol						
		Calle Juan García Rausell	46				46,000	
		Calle Pino	43				43,000	
							89,000	89,000
		Total ud		89,000	547,85	48.758,65		
3.23	Ud	Luminaria LED 33W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Polígono Torobizco						
		Calle Albañiles	40				40,000	
		Calle Ensogueadoras	16				16,000	
		Calle Labradores	34				34,000	
		Calle Silleros	32				32,000	
							122,000	122,000
		Total ud		122,000	539,61	65.832,42		
3.24	Ud	Luminaria LED 33W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle La Horca	18				18,000	
							18,000	18,000
		Total ud		18,000	539,61	9.712,98		
3.25	Ud	Luminaria LED 38W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle el Río	21				21,000	
							21,000	21,000
		Total ud		21,000	539,61	11.331,81		
3.26	Ud	Luminaria LED 31W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
		Calle Camino Real	160			160,000		
						160,000	160,000	
		Total ud			160,000	539,61	86.337,60	
3.27	Ud	Luminaria LED 37W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Santa Ana (Guardería)	16				16,000	
							16,000	16,000
		Total ud			16,000	539,61	8.633,76	
3.28	Ud	Luminaria LED 46W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Balsa	20				20,000	
							20,000	20,000
		Total ud			20,000	539,61	10.792,20	
3.29	Ud	Luminaria LED 37W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Real y Plaza	35				35,000	
							35,000	35,000
		Total ud			35,000	539,61	18.886,35	
3.30	Ud	Luminaria LED 59W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Poligono Garysol						
		Calle Chopo	24				24,000	
		Calle Enea	16				16,000	
		Calle Haya	16				16,000	
		Calle Roble	16				16,000	
							72,000	72,000
		Total ud			72,000	597,29	43.004,88	
3.31	Ud	Luminaria LED 98W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle San Juan	27				27,000	
							27,000	27,000
		Total ud			27,000	597,29	16.126,83	
3.32	Ud	Luminaria LED45W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Real y Plaza (bhidro)	19				19,000	
							19,000	19,000
		Total ud			19,000	589,05	11.191,95	
3.33	Ud	Luminaria LED42W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Camino Real (estrecho)	26				26,000	
							26,000	26,000
		Total ud			26,000	598,32	15.556,32	
3.34	Ud	Luminaria LED 48W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Algibe	11				11,000	
							11,000	11,000
		Total ud			11,000	374,81	4.122,91	
3.35	Ud	Luminaria LED 86W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Urbanización Casitas N...						

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
		Calle de la Residencia	15				15,000	
							15,000	15,000
	Pueblo		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Antonio Machado	5				5,000	
		Calle Ixchiguan	14				14,000	
		Calle La Cañada	20				20,000	
		Calle Nueva	20				20,000	
		Calle San Martín	9				9,000	
							68,000	68,000
	Urbanización Los Olivos		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Calle Benjamín Palencia	17				17,000	
		Calle Pablo Picasso	17				17,000	
		Calle Pintor Alfonso Quijada	10				10,000	
		Calle Pintor Antonio López	17				17,000	
		Calle Rafael Requena	10				10,000	
							71,000	71,000
							154,000	154,000
		Total ud					154,000	654,97
								100.865,38
3.36	Ud	Luminaria LED 27W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Travesía San Juan	4				4,000	
							4,000	4,000
		Total ud					4,000	339,37
								1.357,48
3.37	Ud	Luminaria LED 33W						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Plaza La Balsa	19				19,000	
							19,000	19,000
		Total ud					19,000	624,48
								11.865,12
3.38	Ud	Columna ATP ATLAS 3m						
		Total ud					144,000	608,11
								87.567,84
3.39	Us	Columna ATP ATLAS 3.5m						
		Total us					9,000	650,34
								5.853,06
3.40	Ud	Columna ATP ATLAS 4.5m						
		Total ud					198,000	692,57
								137.128,86
3.41	Ud	Columna ATP ATLAS 5m						
		Total ud					62,000	890,33
								55.200,46
3.42	Ud	Columna ATP ATLAS 6m						
		Total ud					123,000	974,79
								119.899,17
3.43	Ud	Columna ATP ATLAS 7m						
		Total ud					150,000	1.170,49
								175.573,50
3.44	Ud	Columna ATP ATLAS 8m						
		Total ud					42,000	1.369,28
								57.509,76
3.45	Ud	Columna ATP ATLAS 9m						
		Total ud					20,000	1.564,98
								31.299,60
3.46	Ud	Columna ATP ATLAS PLUS 12.5m						
		Total ud					161,000	1.398,12
								225.097,32
3.47	Ud	Columna ATP ATLAS PLUS 15m						
		Total ud					26,000	1.810,12
								47.063,12

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
Total presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica :					2.256.823,35

Presupuesto parcial nº 4 Control de calidad

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
4.1	Ud	Medida de magnitudes luminotécnicas según proyecto.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			3				3,000	
							3,000	3,000
			Total ud		3,000		97,36	292,08
4.2	Ud	Ensayo estadístico del hormigón para la determinación de la resistencia estimada de una cimentación de un volumen no superior a 50 m3 para un control a nivel normal; incluso emisión del acta de resultados.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
33			3				3,000	
							3,000	3,000
			Total ud		3,000		168,76	506,28
4.3	Ud	Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			16				16,000	
							16,000	16,000
			Total ud		16,000		64,90	1.038,40
4.4	Ud	Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas						
			Total ud		24,000		64,90	1.557,60
4.5	Ud	Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			75				75,000	
							75,000	75,000
			Total ud		75,000		64,90	4.867,50
4.6	Ud	Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
			12				12,000	
							12,000	12,000
			Total ud		12,000		32,46	389,52
4.7	Ud	Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas .						
			Total ud		150,000		97,36	14.604,00
			Total presupuesto parcial nº 4 Control de calidad :					23.255,38

Presupuesto parcial nº 5 Gestión medioambiental

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe	
5.1	M3	Retirada de residuos mixtos en obra de nueva planta a planta de valorización situada a una distancia máxima de 25 km, formada por: transporte ininterior, carga, transporte a planta, descarga y canon de gestión. Medido el volumen esponjado.							
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			6	500,000			3.000,000		
							3.000,000	3.000,000	
			Total m3:				3.000,000	22,36	67.080,00
Total presupuesto parcial nº 5 Gestión medioambiental :								67.080,00	

Presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Ms	Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l.; placa turca, placa de ducha y lavabo de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.			
		Total ms	5,000	236,32	1.181,60
6.2	Ud	Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.			
		Total ud	5,000	100,88	504,40
6.3	Ud	Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.			
		Total ud	20,000	4,27	85,40
6.4	Ud	Panel direccional reflectante de 60x90 cm., con soporte metálico, amortizable en cinco usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y montaje. s/ R.D. 485/97.			
		Total ud	20,000	37,78	755,60
6.5	Ud	Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.			
		Total ud	10,000	7,02	70,20
6.6	Ud	Tapa provisional para arquetas de 80x80 cm., huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablonces de madera de 20x5 cms. armados mediante clavazón, incluso colocación, (amortizable en dos usos).			
		Total ud	50,000	23,51	1.175,50
6.7	Ud	Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.			
		Total ud	100,000	1,24	124,00
6.8	Ud	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.			
		Total ud	30,000	7,42	222,60
6.9	Ud	Vigilancia de la salud obligatoria anual por trabajador que incluye: Planificación de la vigilancia de la salud; análisis de los accidentes de trabajo; análisis de las enfermedades profesionales; análisis de las enfermedades comunes; análisis de los resultados de la vigilancia de la salud; análisis de los riesgos que puedan afectar a trabajadores sensibles (embarazadas, postparto, discapacitados, menores, etc. (Art. 37.3 g del Reglamento de los Servicios de Prevención); formación de los trabajadores en primeros auxilios; asesoramiento al empresario acerca de la vigilancia de la salud; elaboración de informes, recomendaciones, medidas sanitarias preventivas, estudios estadísticos, epidemiológicos, memoria anual del estado de salud (Art. 23 d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales); colaboración con el sistema nacional de salud en materias como campañas preventivas, estudios epidemiológicos y reporte de la documentación requerida por dichos organismos (Art. 38 del Reglamento de los Servicios de Prevención y Art. 21 de la ley 14/86 General de Sanidad); sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la Seguridad Social.			
		Total ud	50,000	60,71	3.035,50
Total presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud :					7.154,80

Presupuesto de ejecución material

1 Obra civil	42.452,40
2 Instalación eléctrica	1.296.177,88
3 Instalación luminotécnica	2.256.823,35
4 Control de calidad	23.255,38
5 Gestión medioambiental	67.080,00
6 Seguridad y salud	7.154,80
Total	3.692.943,81

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRES MILLONES SEISCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.

Proyecto: Alumbrado publico de La Gineta (ALBACETE)

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Obra civil	42.452,40
Capítulo 2 Instalación eléctrica	1.296.177,88
Capítulo 3 Instalación luminotécnica	2.256.823,35
Capítulo 4 Control de calidad	23.255,38
Capítulo 5 Gestión medioambiental	67.080,00
Capítulo 6 Seguridad y salud	7.154,80
Presupuesto de ejecución material	3.692.943,81
13% de gastos generales	480.082,70
6% de beneficio industrial	221.576,63
Suma	4.394.603,14
18% IVA	791.028,57
Presupuesto de ejecución por contrata	5.185.631,71

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CINCO MILLONES CIENTO OCHENTA Y CINCO MIL SEISCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS.

Anejo III Comparación con situación actual (Plaza Mayor) y mediciones lumínicas

En este apartado, se mostrará una comparación entre la iluminación actual de la Plaza Mayor y la diseñada para ésta en el presente proyecto, para demostrar la obsolescencia del diseño actual.

Para la toma de medidas se han seguido las recomendaciones de la GUÍA-EA-07, y se ha hecho uso de un luxómetro.



Ilustración 22: Luxómetro

La Plaza Mayor tiene un largo y un ancho de 31m, para hallar la E_m de ésta, se ha dispuesto un intervalo de medida de 4 metros, 50 medidas en total distribuidas equidistantes, obteniendo 50 valores en 50 puntos distintos. Se obtiene una E_m de 12.8 lux, y una E_{min} de 0 lux, con lo cual no cumpliría para ninguna clase de alumbrado, teniendo en cuenta que la plaza es un tipo de vial E.

Tabla 8 – Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E

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

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

Tabla 30: Clases de alumbrado para viales E

Esto se debe, a que en el diseño existente no se tuvieron en cuenta los obstáculos que se pudiera haber, los cuales producen sombras, además, en los extremos de la plaza la Emin es de 0.8lux, lo que sugiere que la disposición, y potencia lumínica de las luminarias no es la adecuada.

En nuestra solución, rodeamos los elementos con las luminarias los obstáculos evitando la proyección de sombras, y, empleamos más luminarias para dar uniformidad lumínica a la Plaza y se instalan balizas con un fin decorativo para una de las zonas más importantes de la localidad.



Ilustración 23: Imagen 3D diseño Plaza Mayor

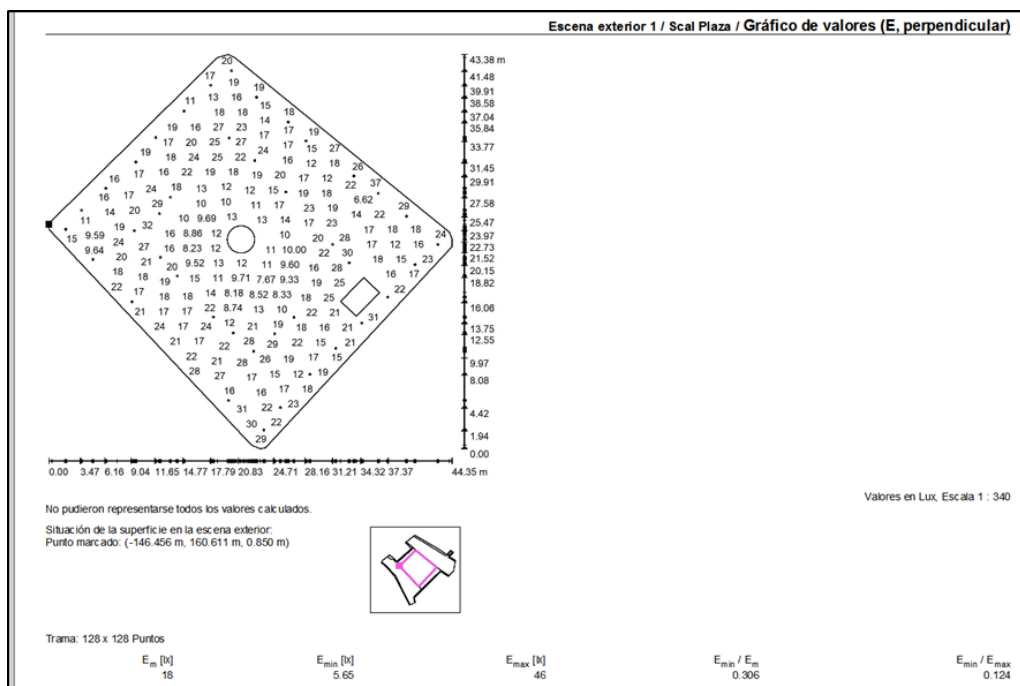


Ilustración 24: Resultados lumínicos Plaza Mayor

Mediante la realización de este proyecto, se conseguiría una Em de 18 lux, y una Emin de 5.65 lux, una clase de alumbrado S1.

Además, mediante los drivers, se podrá regular la iluminación de esta en función de las necesidades, lo cual es una ventaja aun mayor respecto a la situación actual.

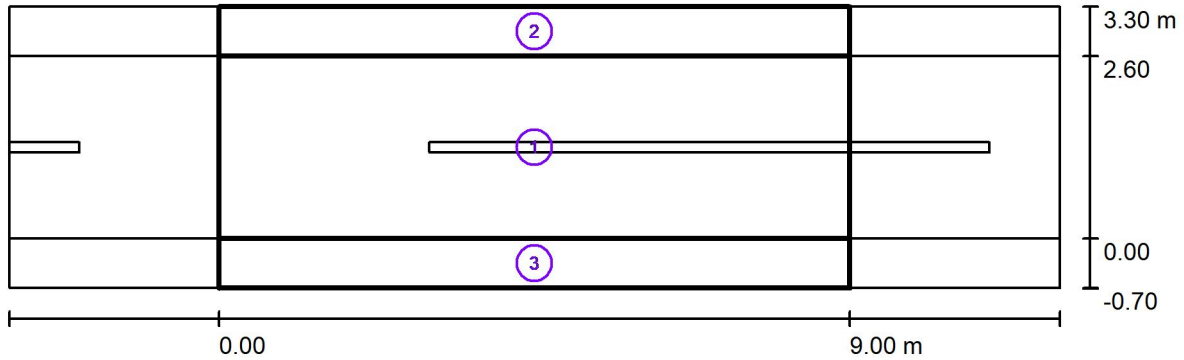
Anejo IV Resultados Luminotécnicos

En este anejo se muestran los resultados de las simulaciones para cada tipología de área, y para las escenas especiales 3D de la Plaza Mayor, el Campo de fútbol, y el municipio completo.



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:108

Lista del recuadro de evaluación

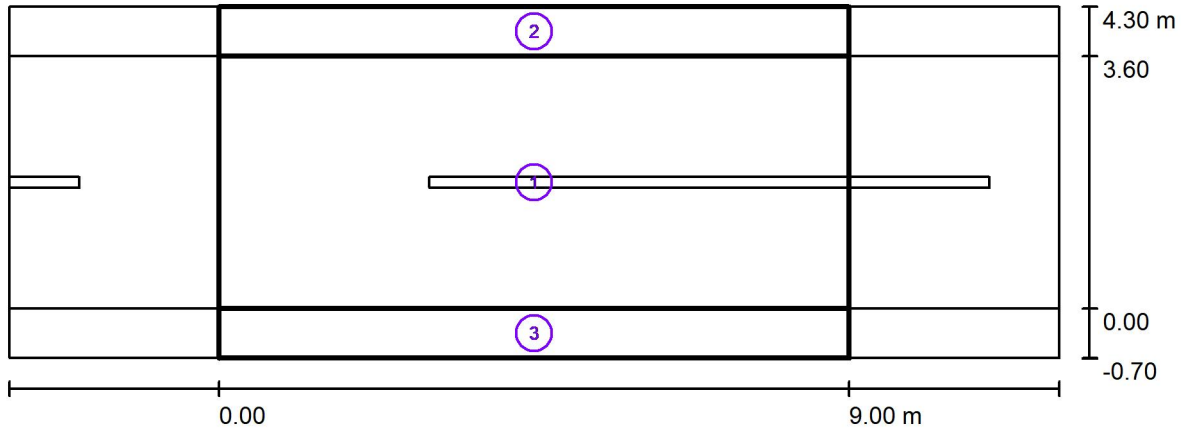
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 9.000 m, Anchura: 2.600 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.47	0.92
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:108

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 9.000 m, Anchura: 3.600 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

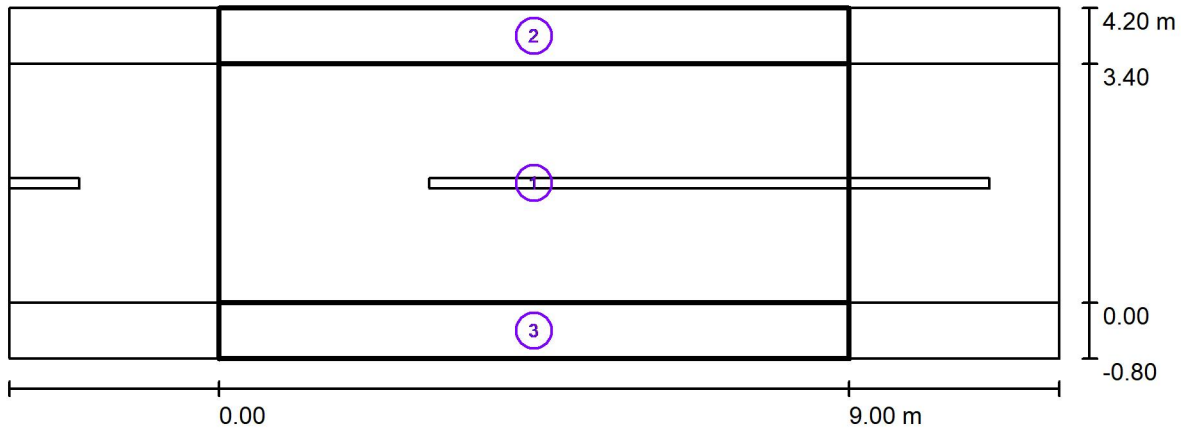
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U_0
11.23	0.72
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:108

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 9.000 m, Anchura: 3.400 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

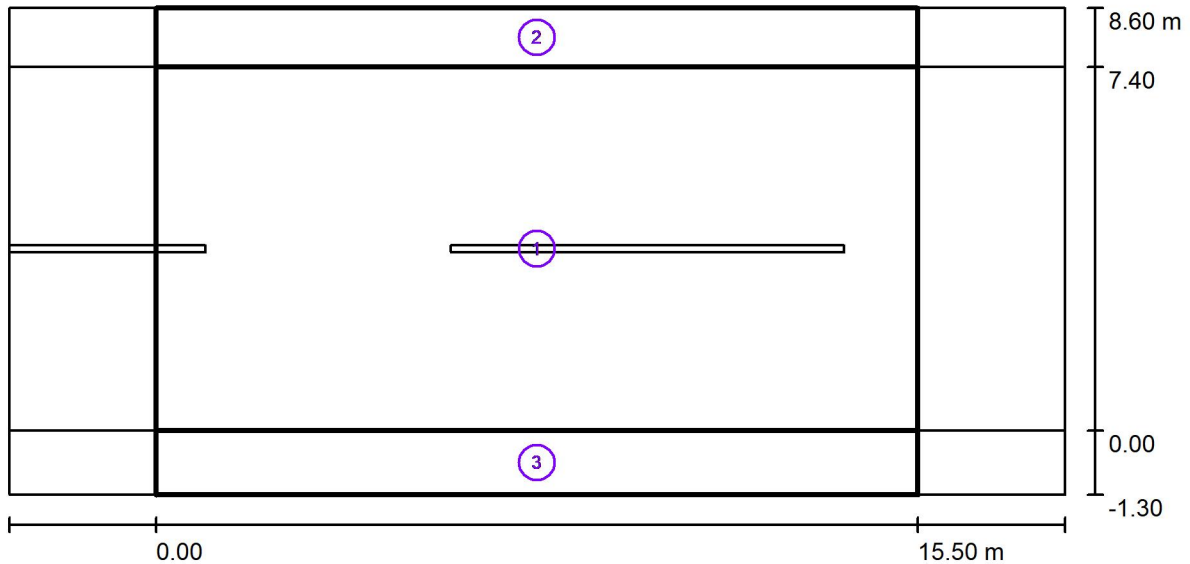
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
11.38	0.71
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:154

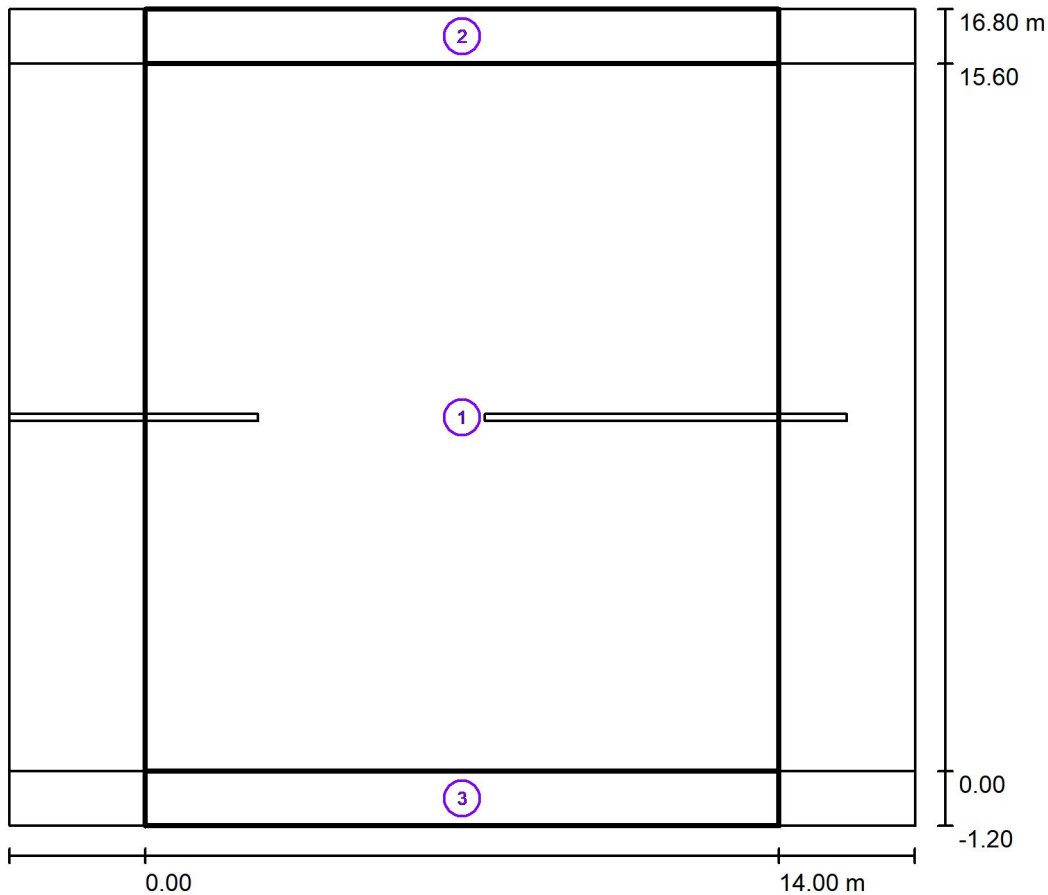
Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 15.500 m, Anchura: 7.400 m
 Trama: 10 x 5 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	10.65	0.65
Cumplido/No cumplido:	≥ 10.00	≥ 0.40
	✓	✓

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:167



Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 14.000 m, Anchura: 15.600 m
 Trama: 10 x 11 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

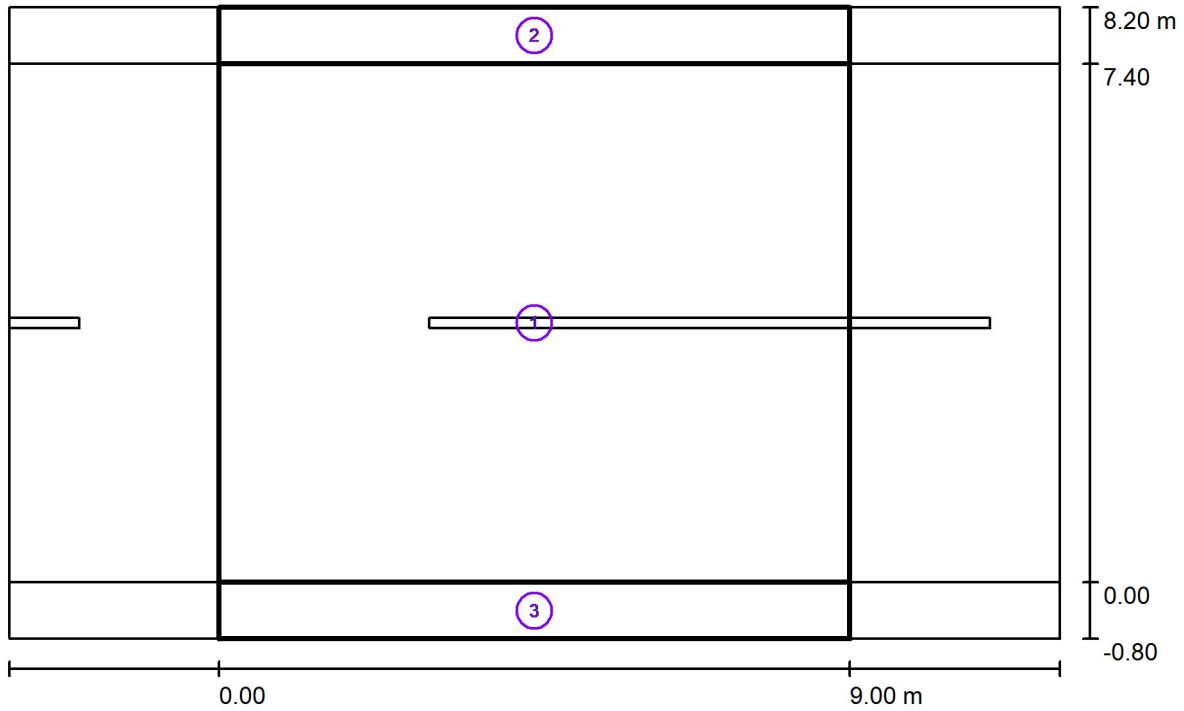
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
24.54	0.60
≥ 20.00	≥ 0.40
	



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:108

Lista del recuadro de evaluación

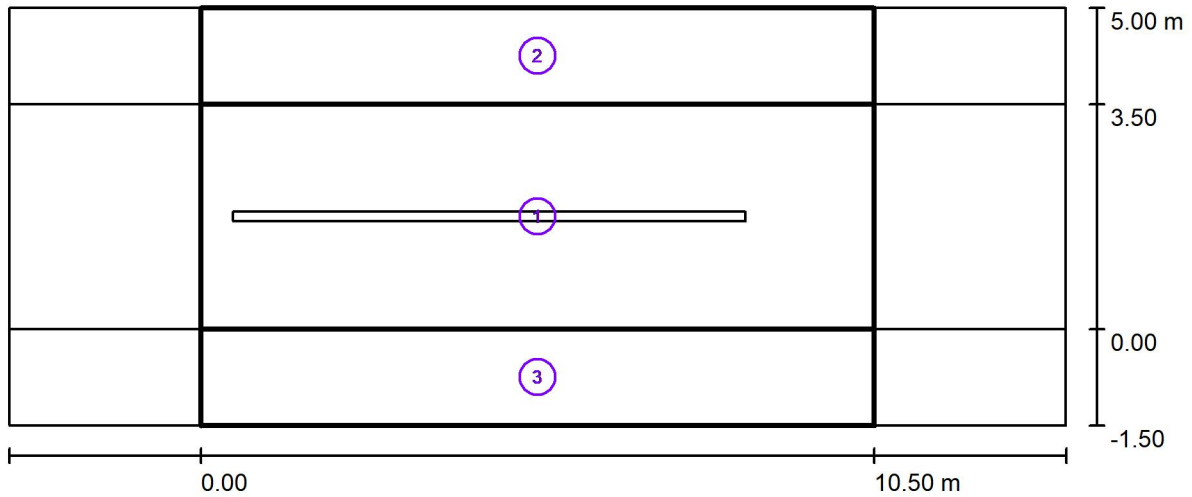
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 9.000 m, Anchura: 7.400 m
 Trama: 10 x 5 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	8.77	0.52
Cumplido/No cumplido:	≥ 10.00	≥ 0.40
	✗	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:118

Lista del recuadro de evaluación

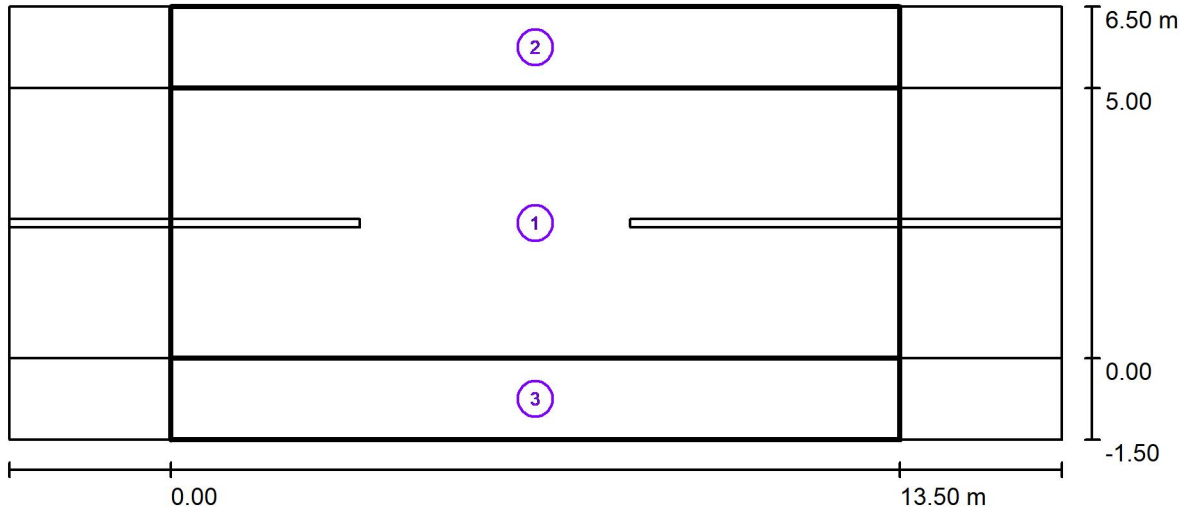
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 10.500 m, Anchura: 3.500 m
 Trama: 10 x 3 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	11.13	0.85
Cumplido/No cumplido:	≥ 10.00	≥ 0.40
	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:140

Lista del recuadro de evaluación

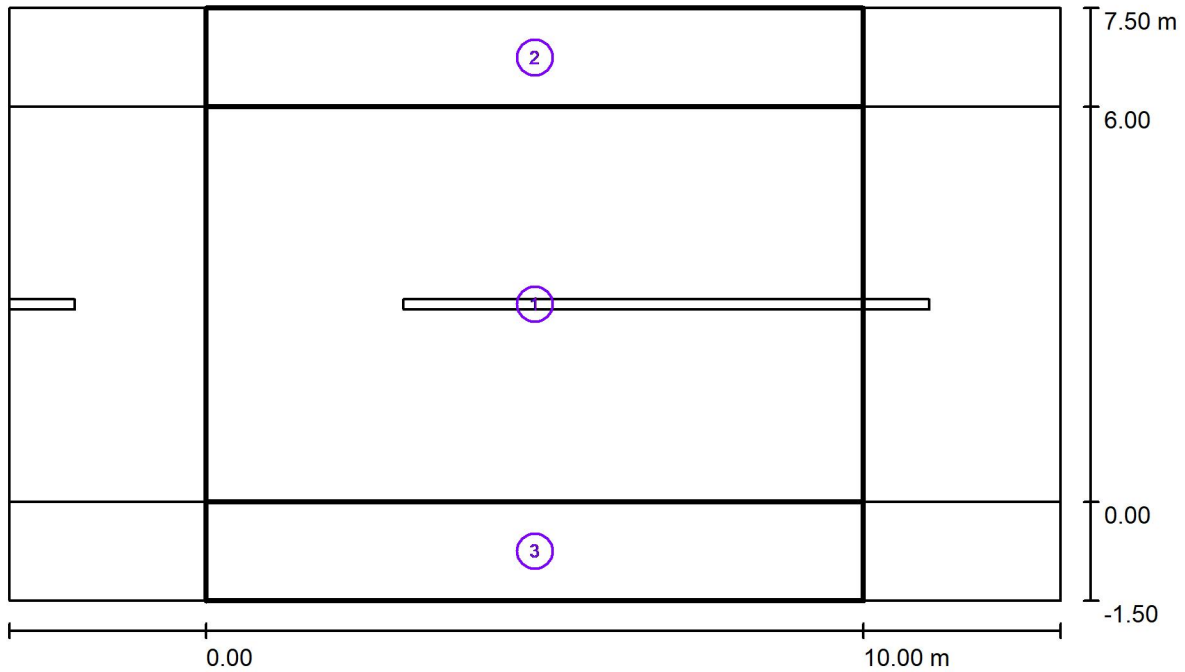
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 13.500 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	11.17	0.85
Cumplido/No cumplido:	≥ 10.00	≥ 0.40
	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:115

Lista del recuadro de evaluación

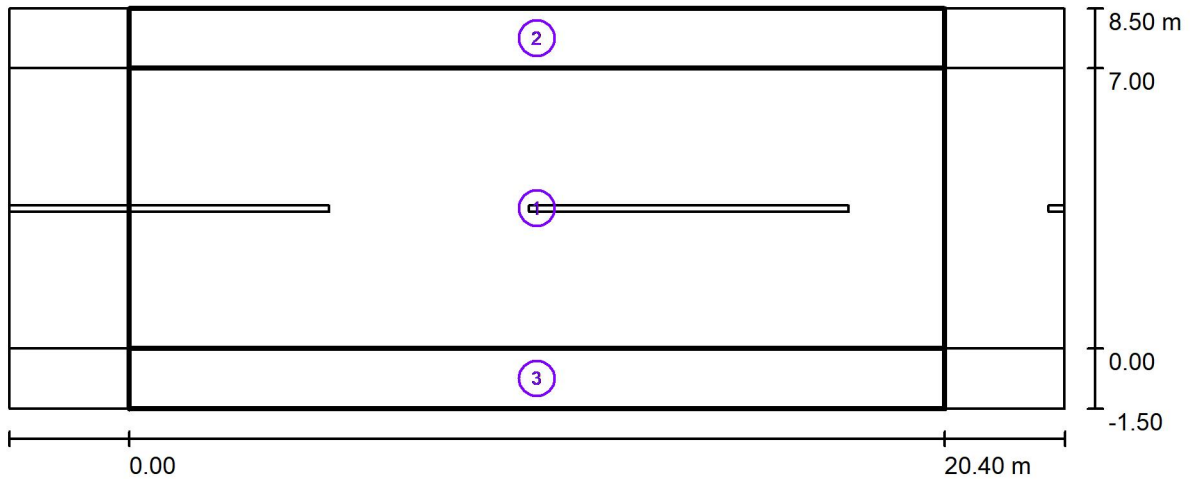
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 10.000 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	12.77	0.64
Cumplido/No cumplido:	≥ 10.00	≥ 0.40
	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.57

Escala 1:189

Lista del recuadro de evaluación

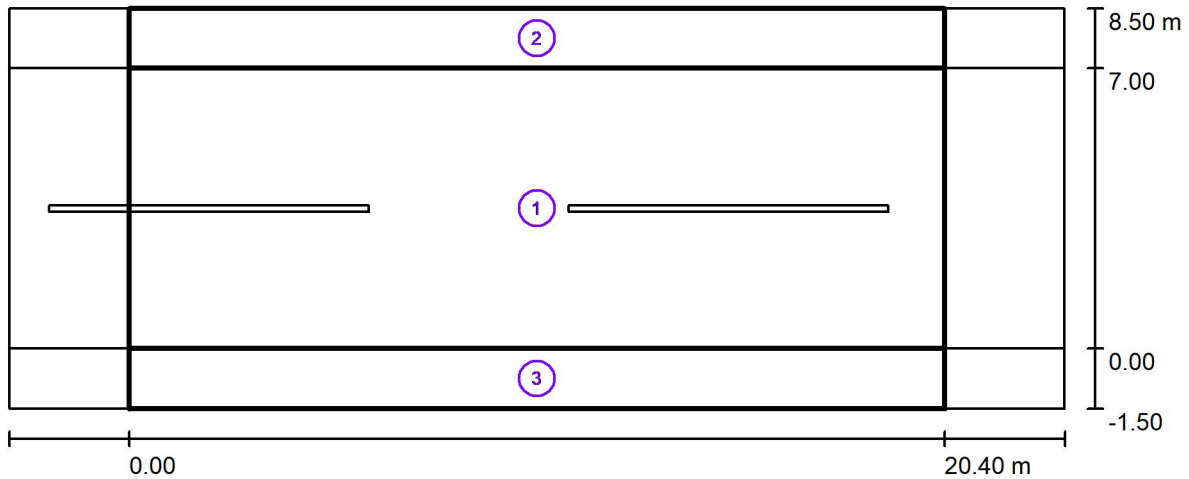
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 20.400 m, Anchura: 7.000 m
 Trama: 10 x 5 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	17.30	0.73
Valores de consigna según clase:	≥ 15.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.57

Escala 1:189

Lista del recuadro de evaluación

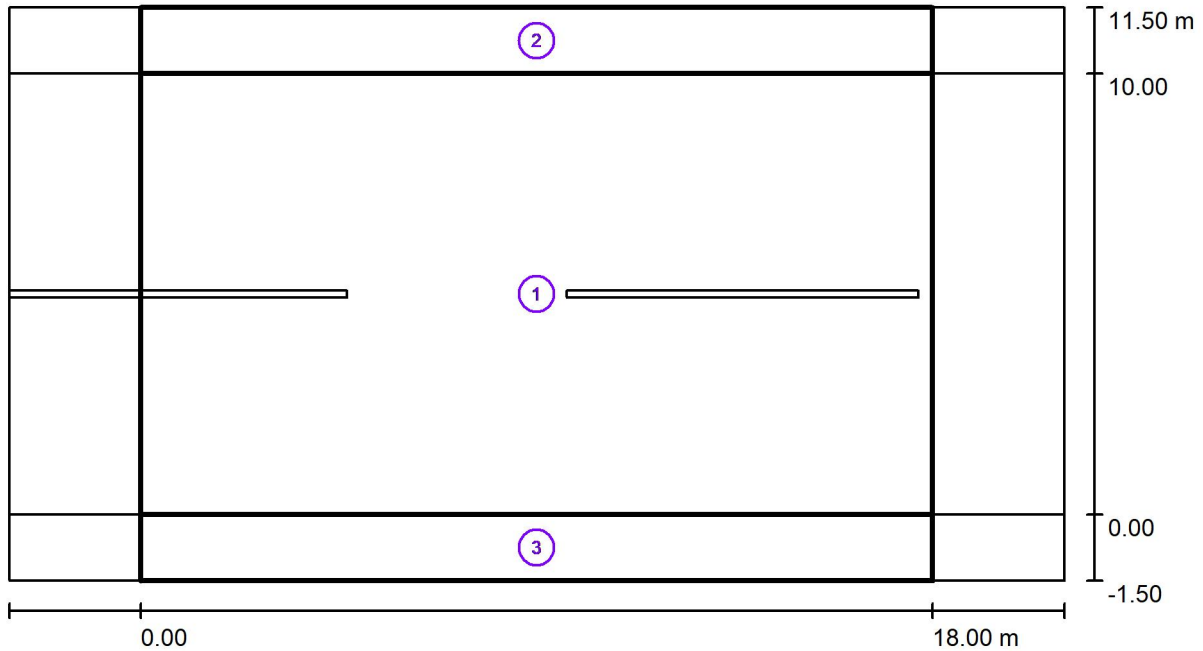
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 20.400 m, Anchura: 7.000 m
 Trama: 10 x 5 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	10.09	0.70
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:172

Lista del recuadro de evaluación

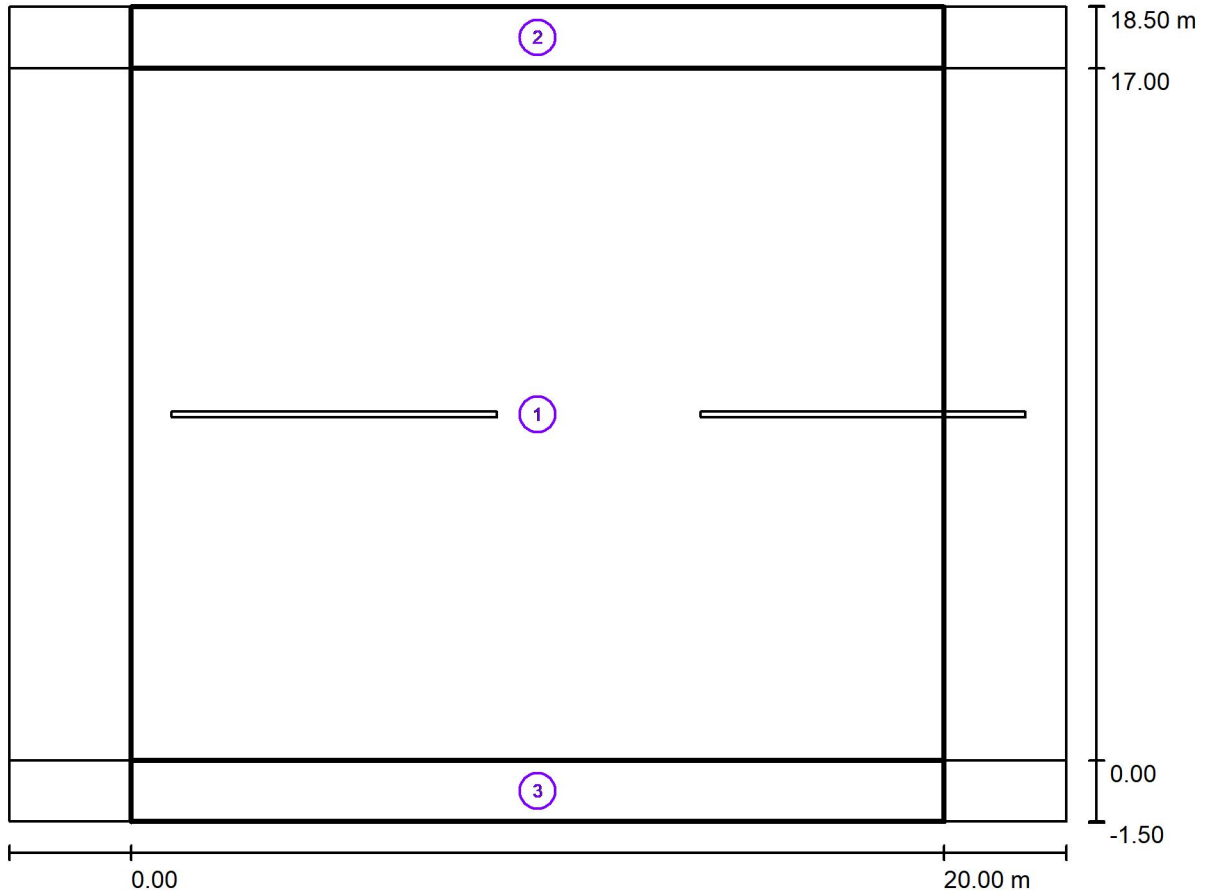
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 18.000 m, Anchura: 10.000 m
 Trama: 10 x 7 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	16.42	0.67
Valores de consigna según clase:	≥ 15.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.83

Escala 1:186

Lista del recuadro de evaluación

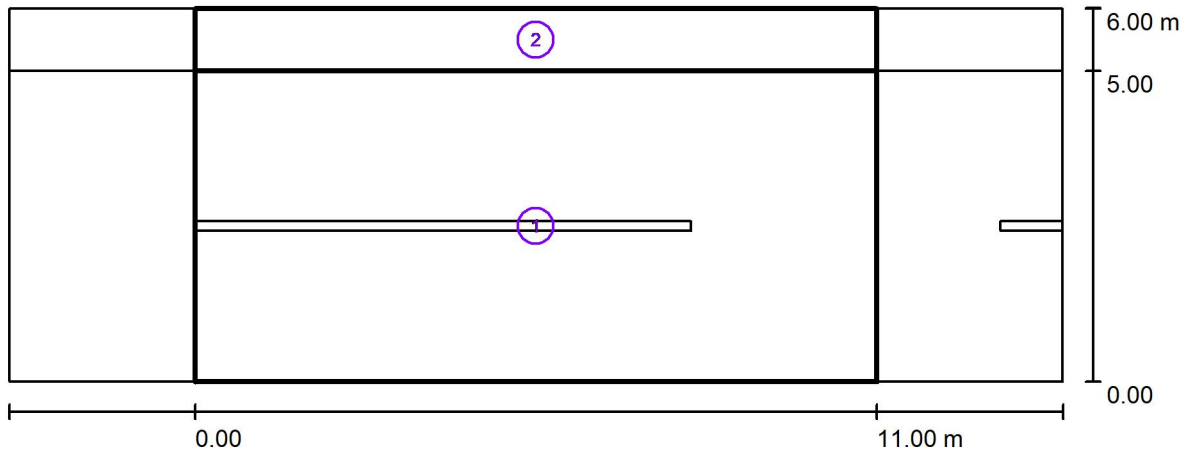
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 20.000 m, Anchura: 17.000 m
 Trama: 10 x 12 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	22.49	0.78
Valores de consigna según clase:	≥ 20.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:		



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.80

Escala 1:122

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
Longitud: 11.000 m, Anchura: 5.000 m
Trama: 10 x 4 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Clase de iluminación seleccionada: CE2

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

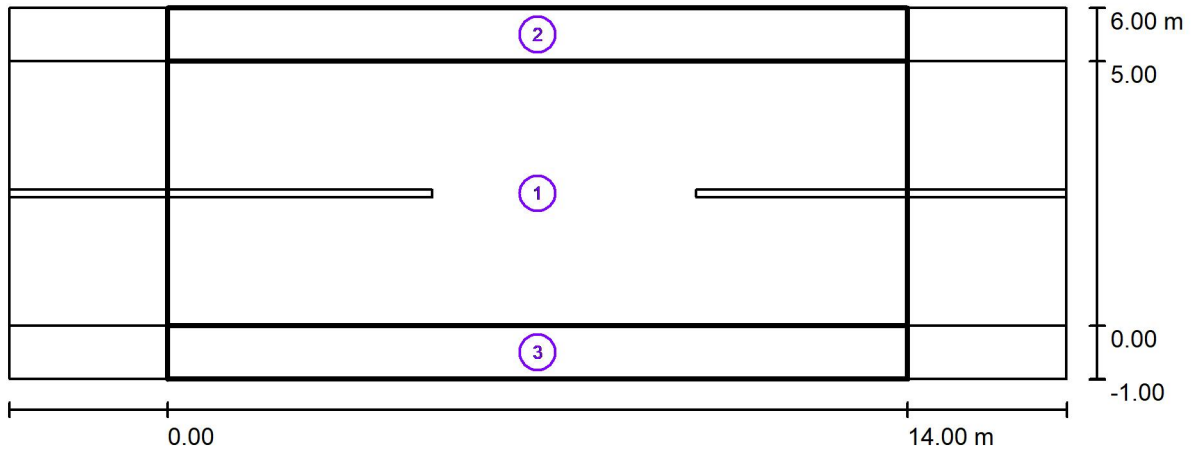
Valores reales según cálculo:
Valores de consigna según clase:
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
22.30	0.61
≥ 20.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:143

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 14.000 m, Anchura: 5.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

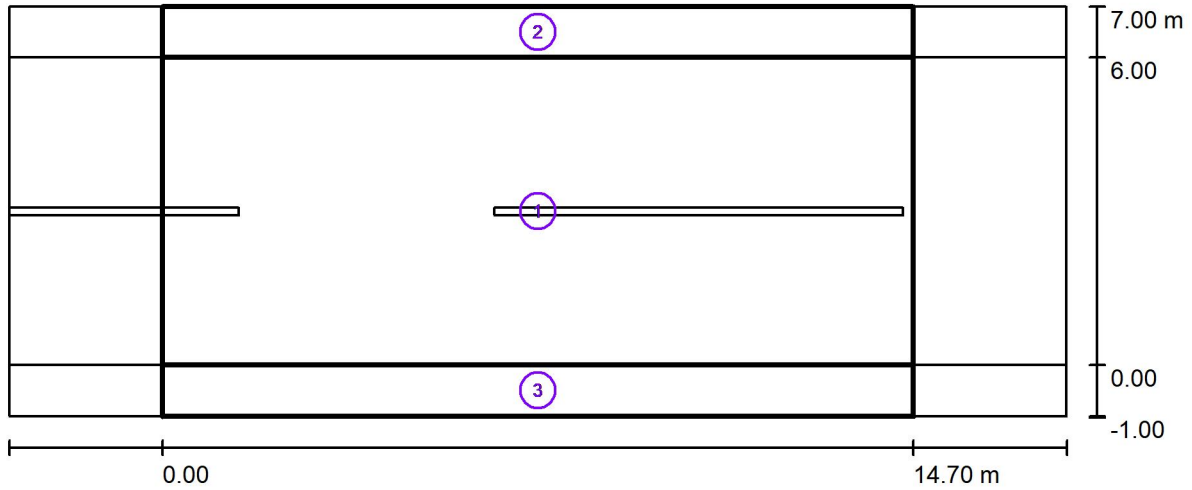
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
10.03	0.62
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:148

Lista del recuadro de evaluación

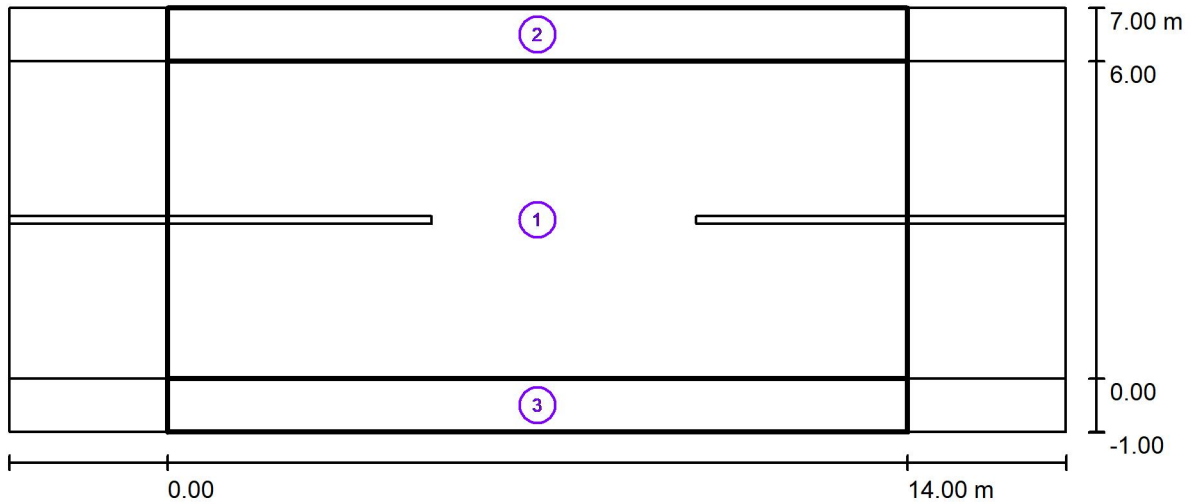
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 14.700 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:	E_m [lx]	U0
Valores de consigna según clase:	20.44	0.69
Cumplido/No cumplido:	≥ 20.00	≥ 0.40
	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:143

Lista del recuadro de evaluación

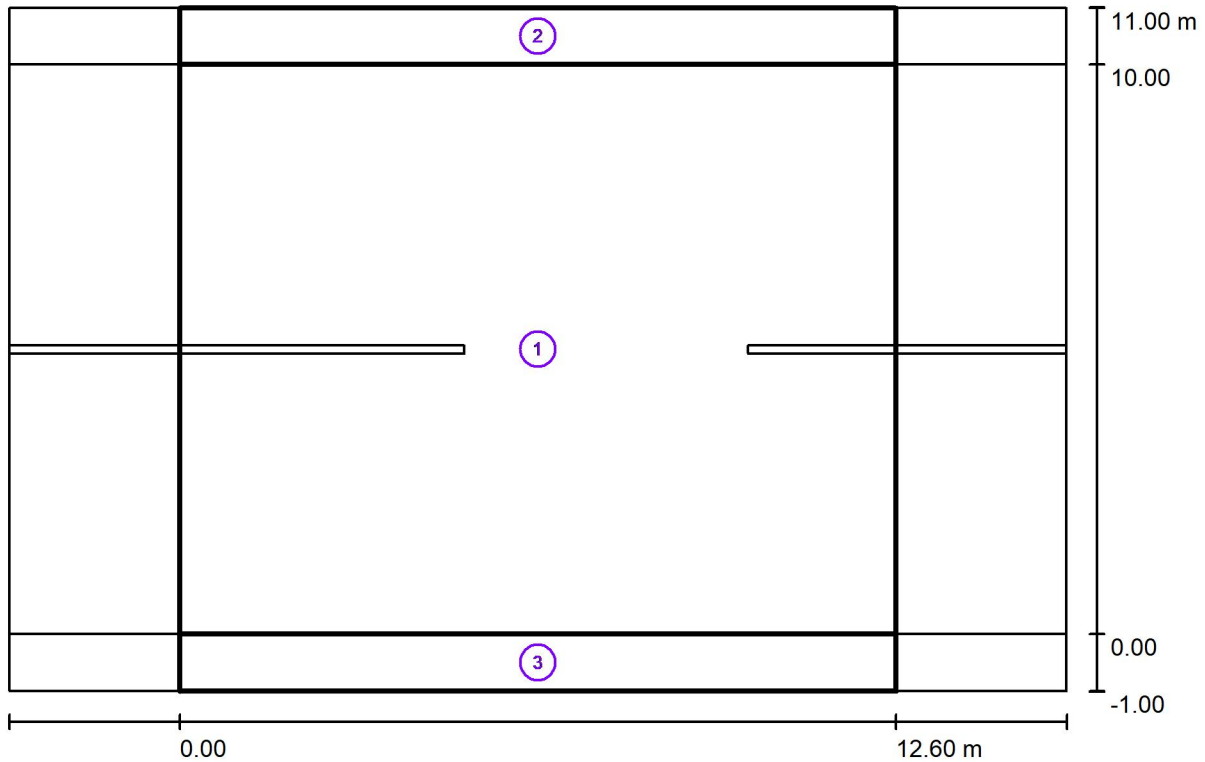
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 14.000 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (No se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	9.63	0.64
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	X	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:133

Lista del recuadro de evaluación

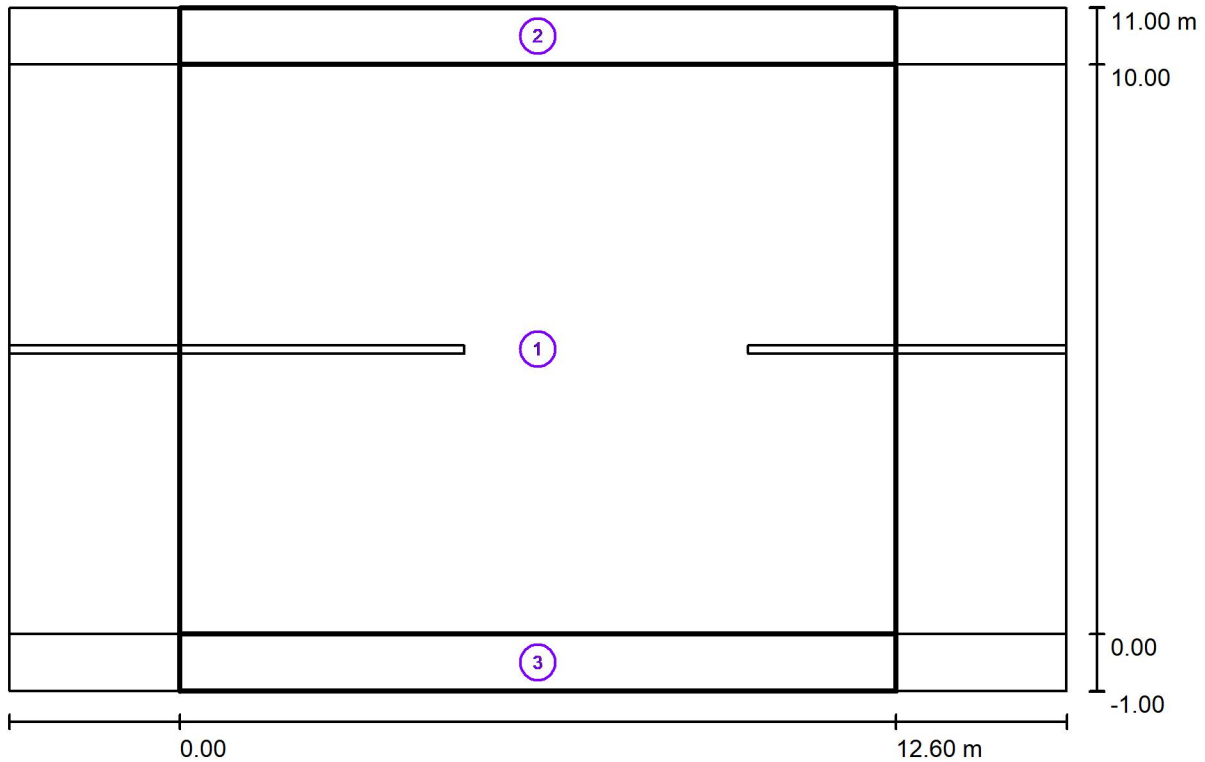
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 12.600 m, Anchura: 10.000 m
 Trama: 10 x 7 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	15.26	0.66
Valores de consigna según clase:	≥ 15.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:133

Lista del recuadro de evaluación

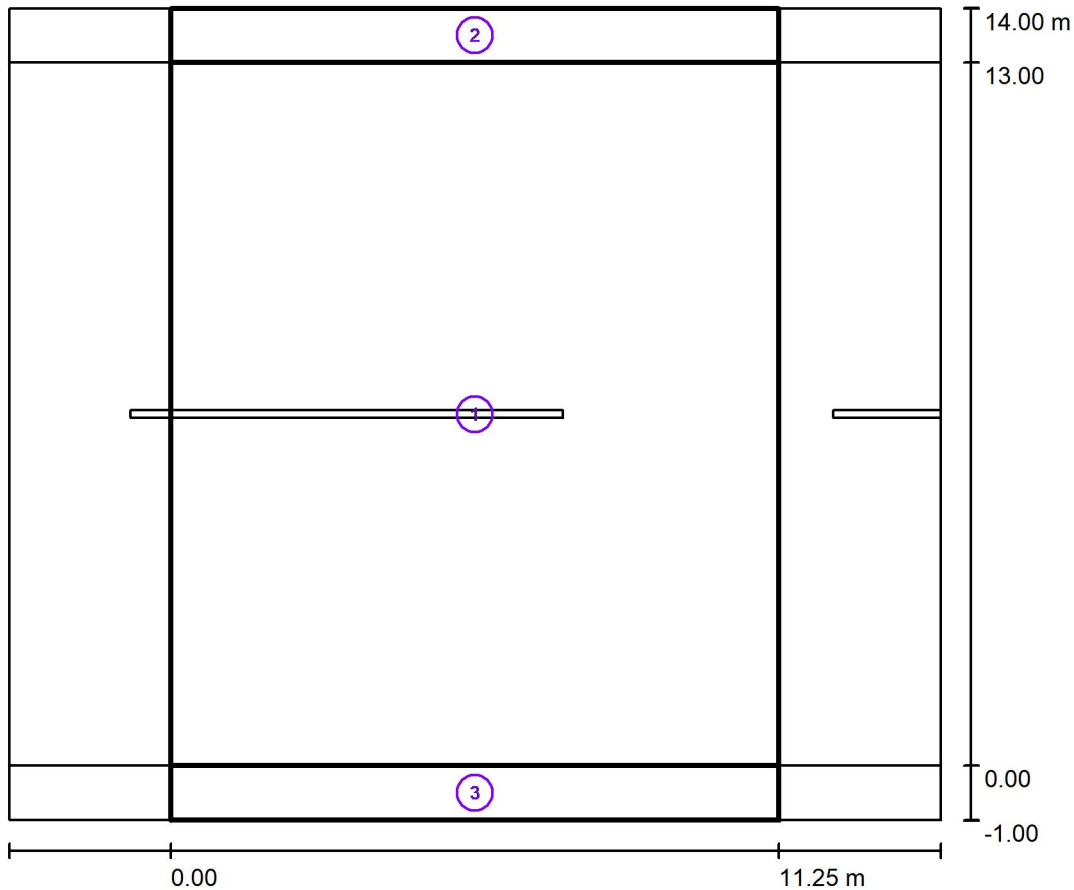
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 12.600 m, Anchura: 10.000 m
 Trama: 10 x 7 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	15.26	0.66
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:140

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 11.250 m, Anchura: 13.000 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

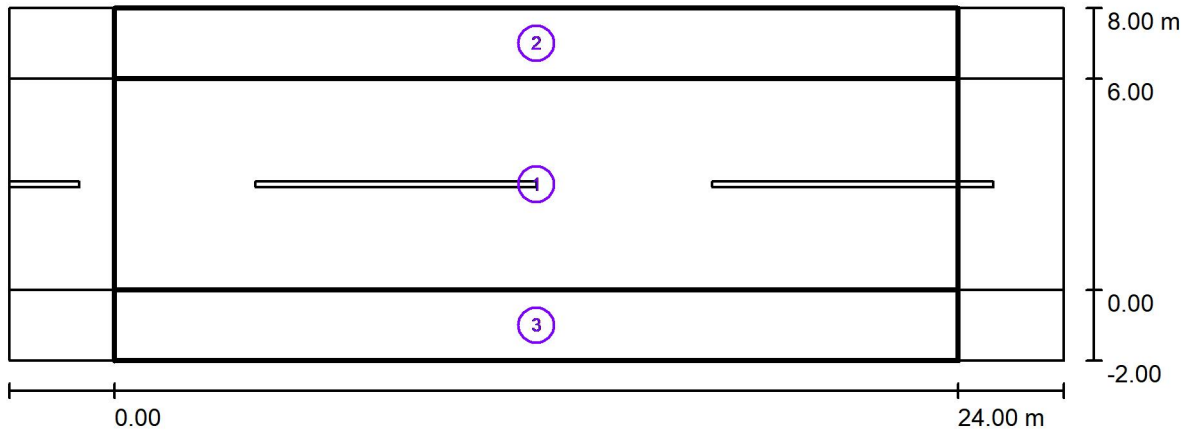
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
10.64	0.68
≥ 10.00	≥ 0.40
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

CalleCasitas / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:215

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 24.000 m, Anchura: 6.000 m
 Trama: 10 x 4 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

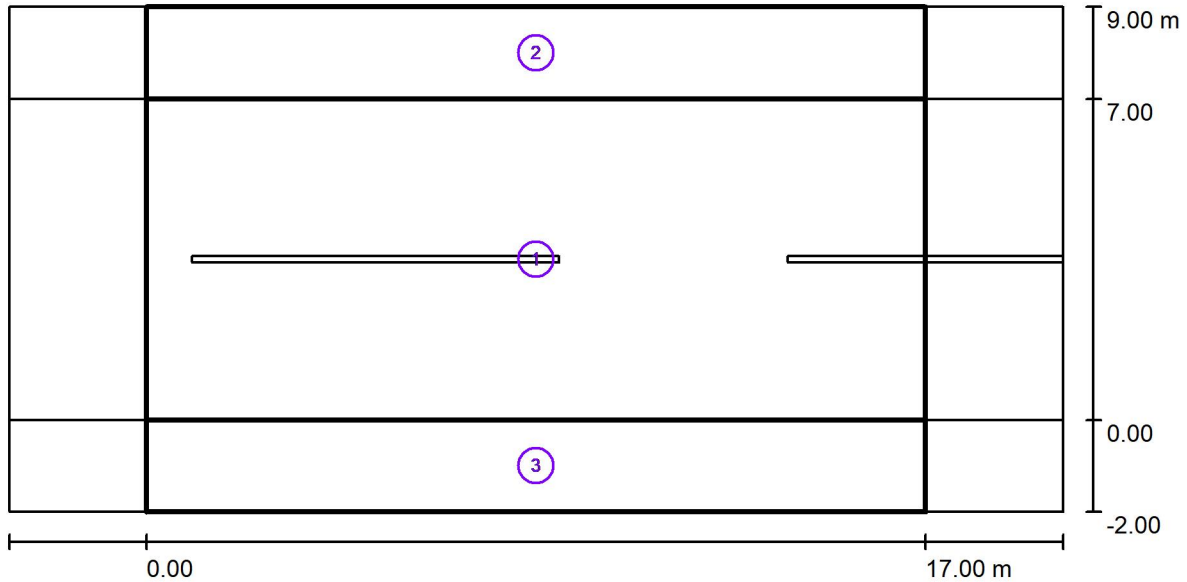
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
10.72	0.67
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:165

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 17.000 m, Anchura: 7.000 m
 Trama: 10 x 5 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

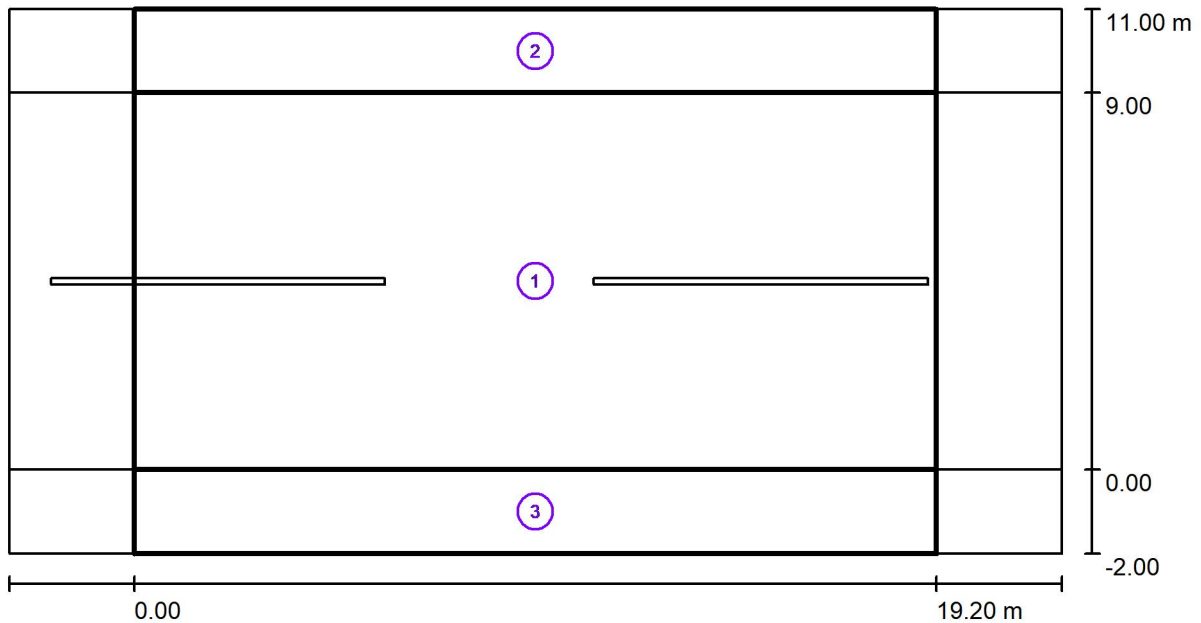
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
11.86	0.85
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:181

Lista del recuadro de evaluación

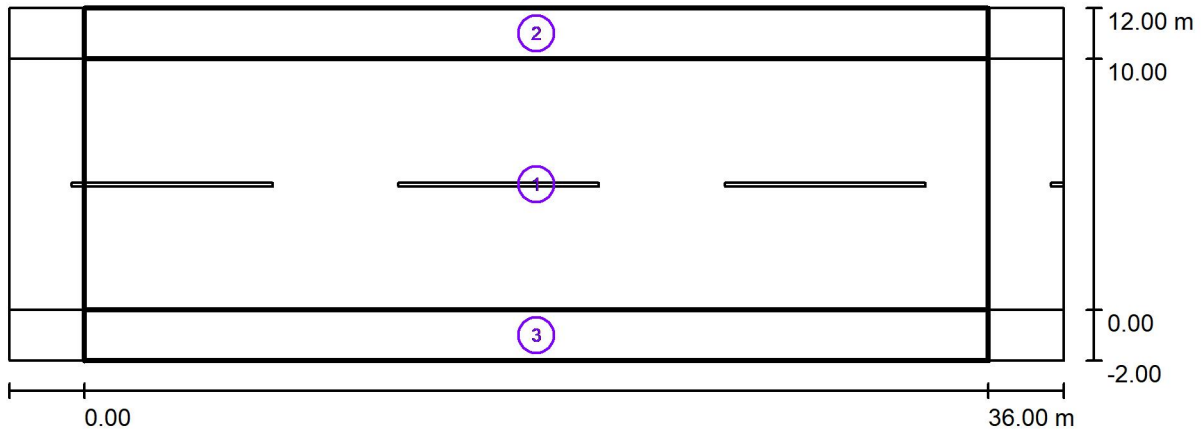
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 19.200 m, Anchura: 9.000 m
 Trama: 10 x 6 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	20.27	0.71
Valores de consigna según clase:	≥ 20.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:301

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 36.000 m, Anchura: 10.000 m
 Trama: 12 x 7 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

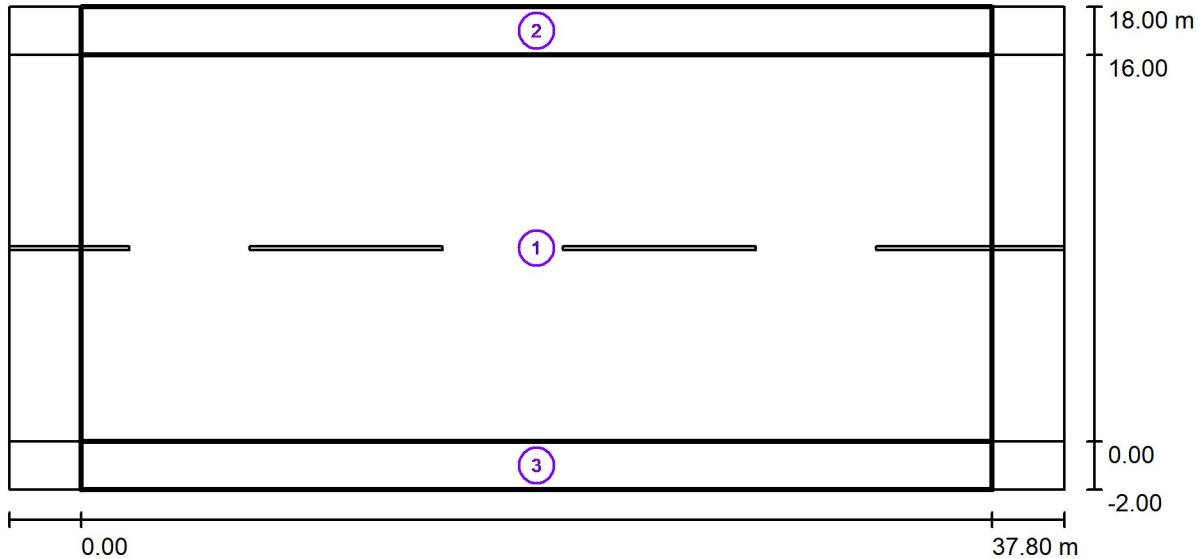
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
10.40	0.50
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:314

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 37.800 m, Anchura: 16.000 m
 Trama: 13 x 11 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

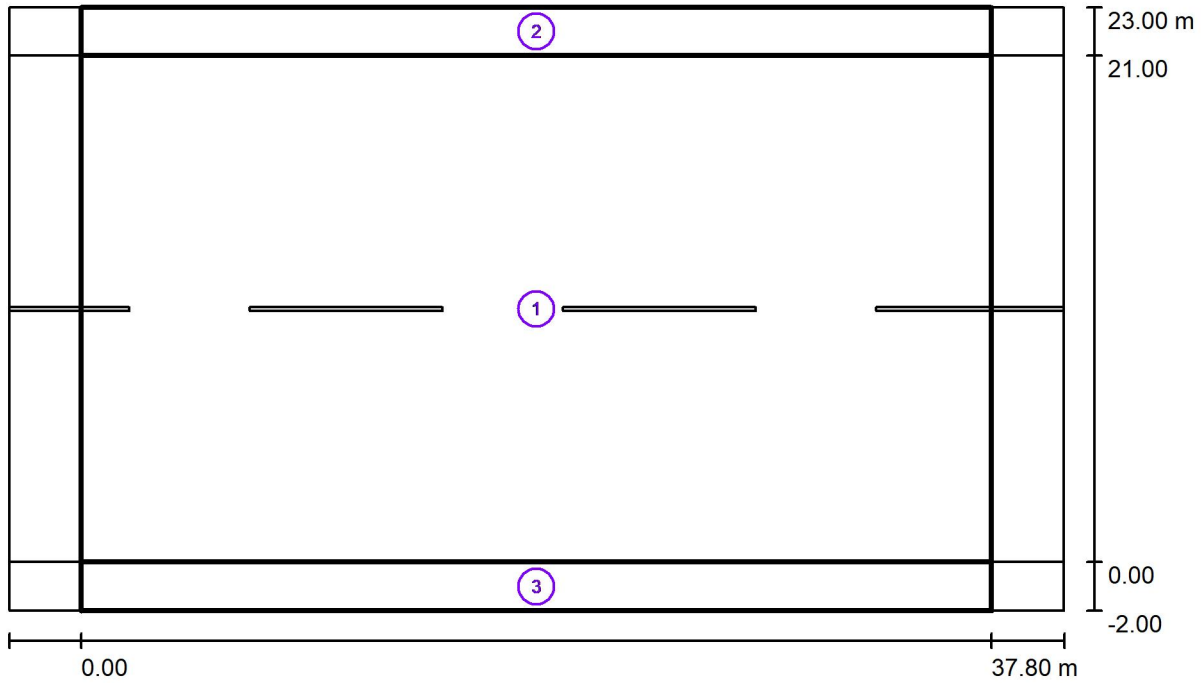
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
11.15	0.83
≥ 10.00	≥ 0.40
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:314

Lista del recuadro de evaluación

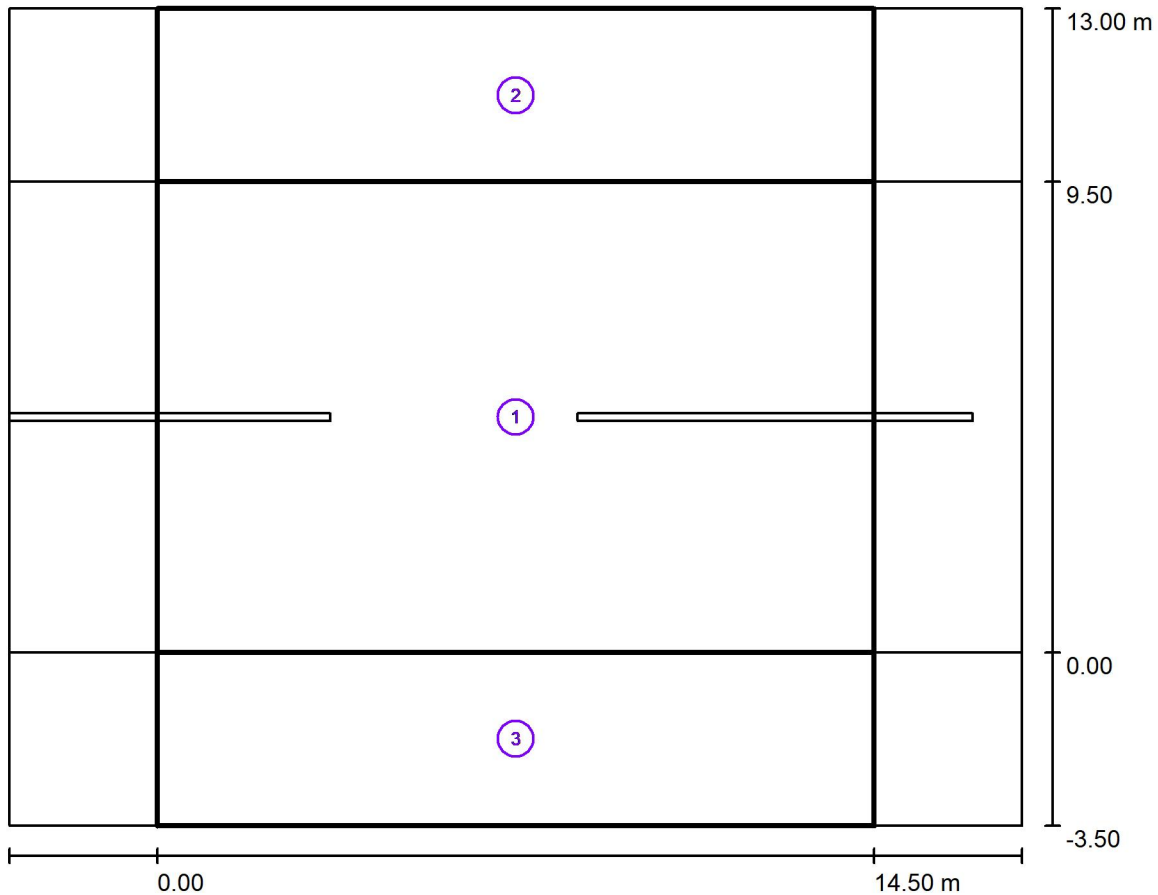
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 37.800 m, Anchura: 21.000 m
 Trama: 13 x 14 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	12.15	0.77
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:153

Lista del recuadro de evaluación

- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 14.500 m, Anchura: 9.500 m
 Trama: 10 x 7 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

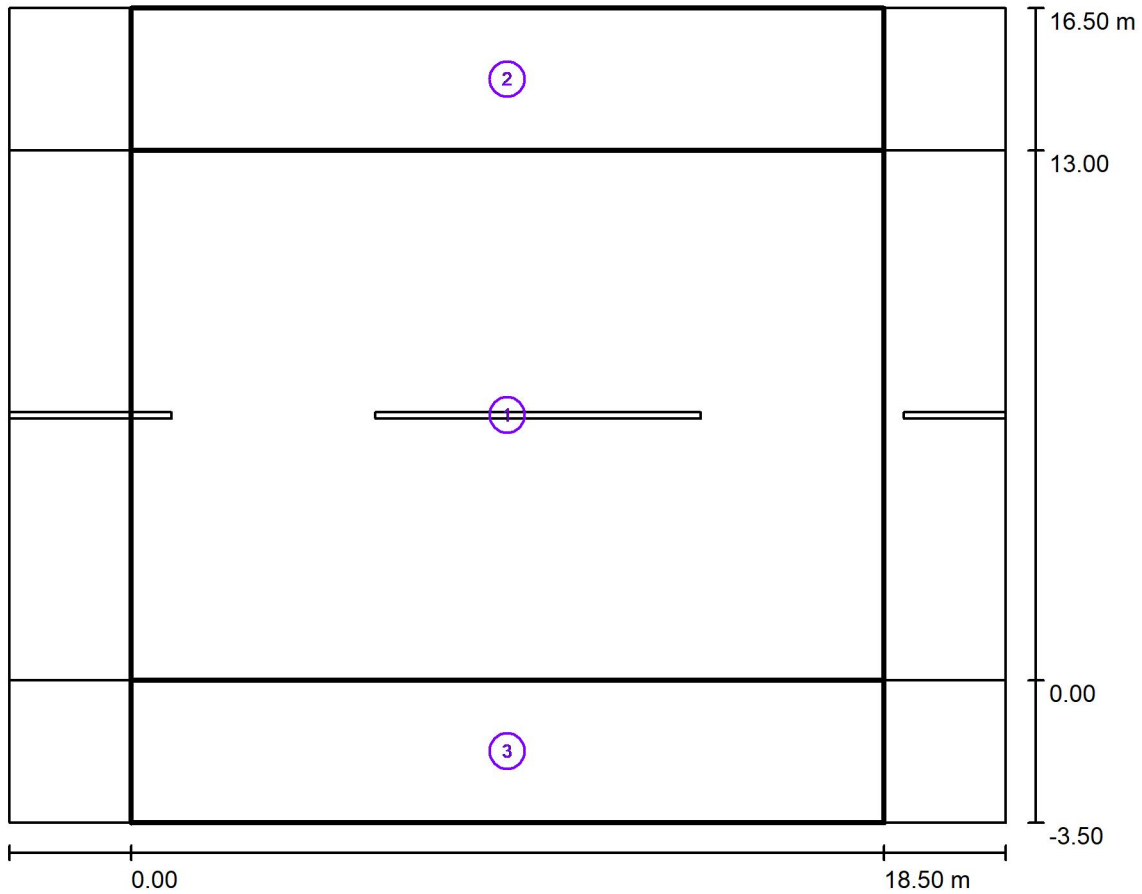
Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
29.30	0.75
≥ 20.00	≥ 0.40
✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:186

Lista del recuadro de evaluación

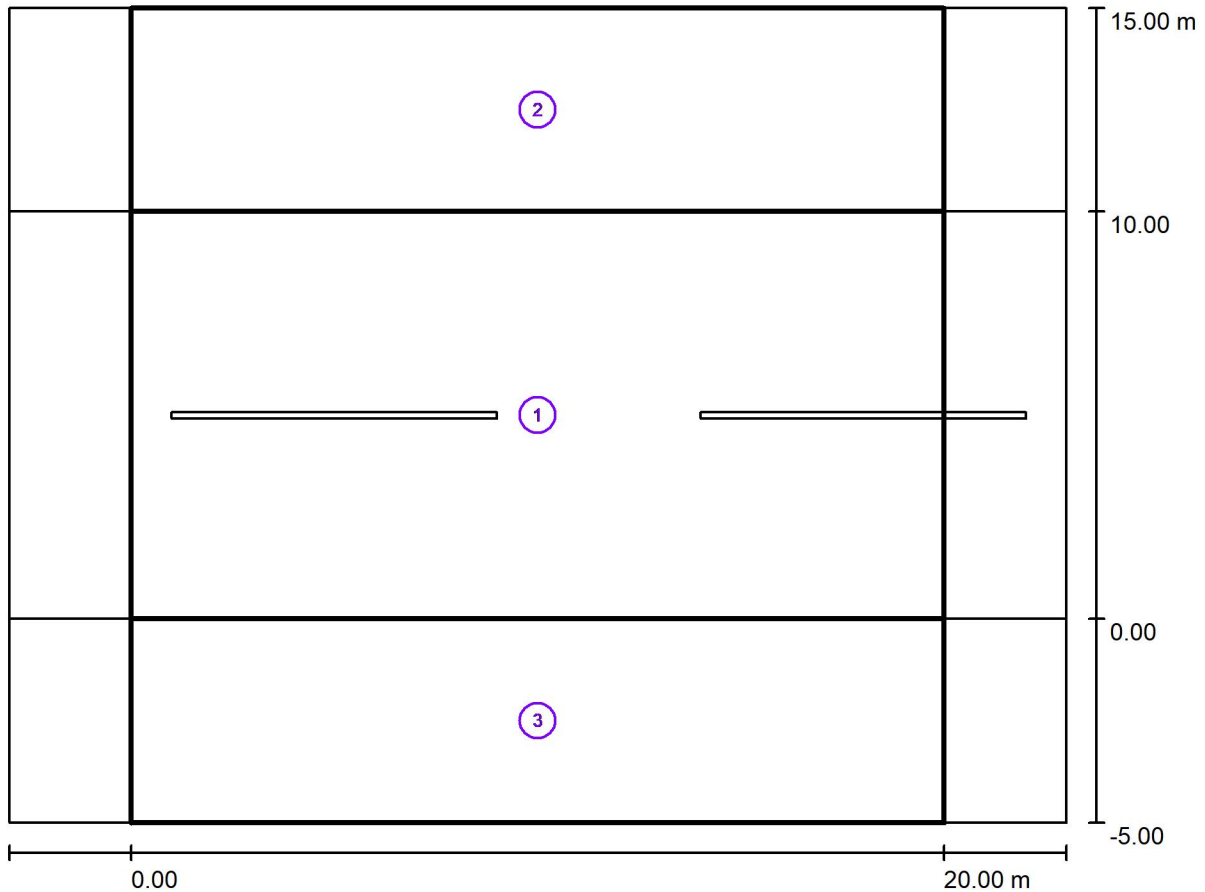
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 18.500 m, Anchura: 13.000 m
 Trama: 10 x 9 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	24.20	0.71
Valores de consigna según clase:	≥ 20.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Calle 1 / Resultados luminotécnicos



Factor mantenimiento: 0.70

Escala 1:186

Lista del recuadro de evaluación

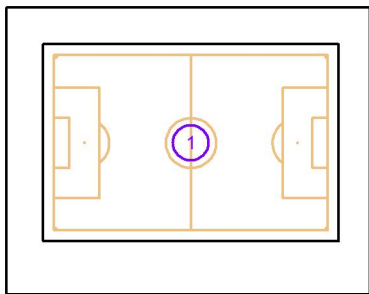
- 1 Recuadro de evaluación Calzada 1
 Longitud: 20.000 m, Anchura: 10.000 m
 Trama: 10 x 7 Puntos
 Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
 Clase de iluminación seleccionada: CE4 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	13.16	0.63
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓



Escena exterior 1 / Insertar centros deportivos (lista de coordenadas)

Campo de fútbol

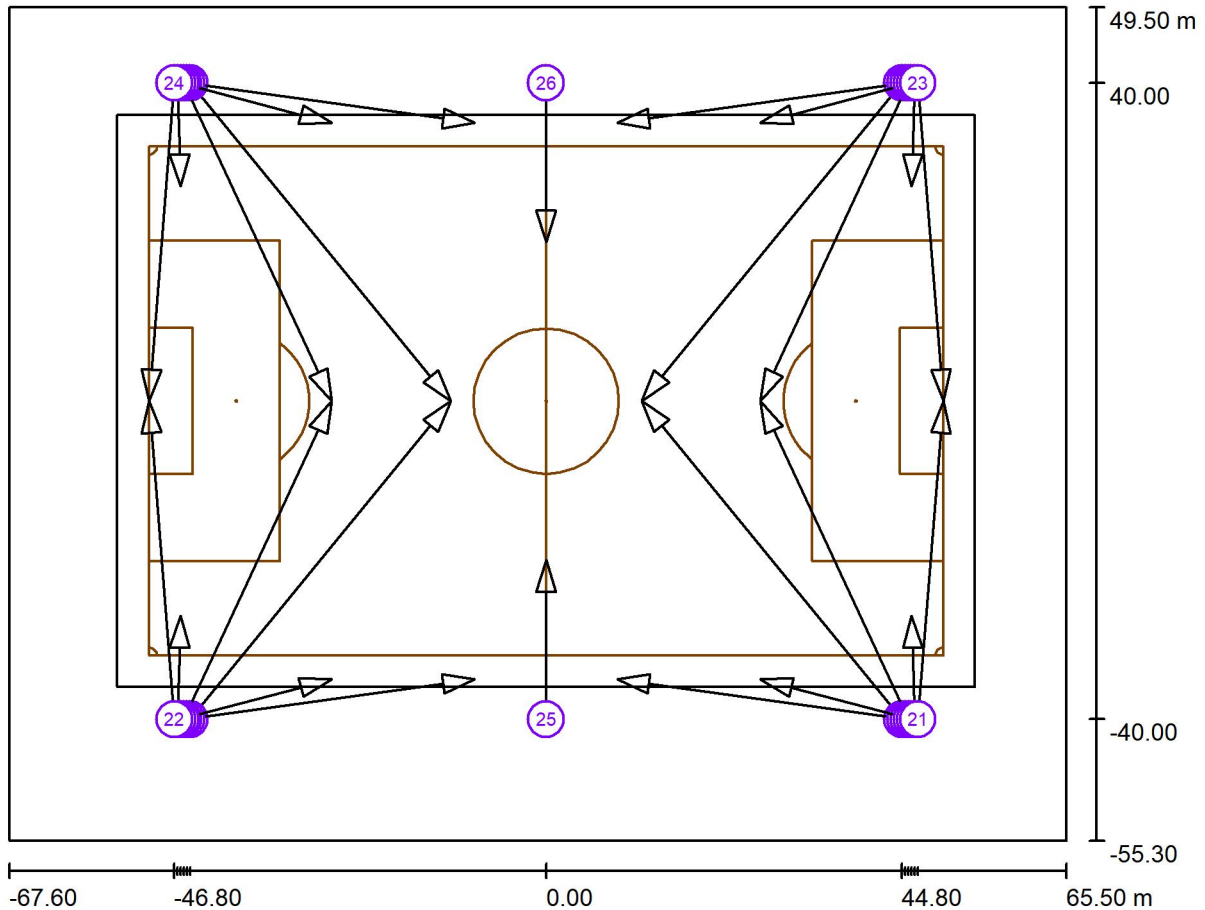


N°	Posición [m]			Tamaño Superficie principal [m]		Tamaño Superficie total [m]		Rotación [°]		
	X	Y	Z	L	A	L	A	X	Y	Z
1	0.000	0.000	0.000	100.000	64.000	108.000	72.000	0.0	0.0	0.0



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)



Escala 1 : 952

Lista de zonas luminarias deportivas

Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403	1	44.800	-40.000	25.500	12.000	0.000	0.000	26.2	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403	2	-44.800	-40.000	25.500	-12.000	0.000	0.000	26.2	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403	3	44.800	40.000	25.500	12.000	0.000	0.000	26.2	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403	4	-44.800	40.000	25.500	-12.000	0.000	0.000	26.2	(C 0.0°, G 0.0°)	/

Proyecto elaborado por Carlos Massó García
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Luminarias de deporte (lista de coordenadas)

Lista de zonas luminarias deportivas

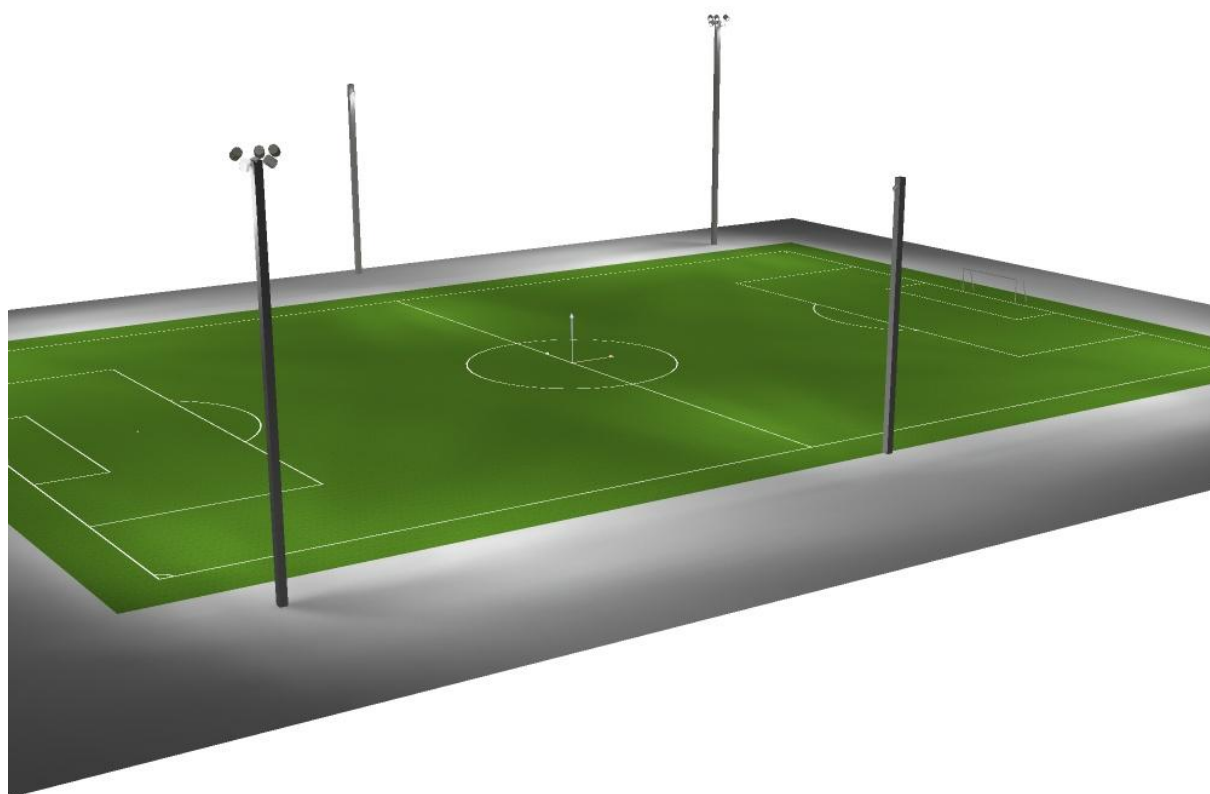
Luminaria	Índice	Posición [m]			Punto de irradiación [m]			Ángulo de irradiación [°]	Orientación	Mástil
		X	Y	Z	X	Y	Z			
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	5	45.200	-40.000	25.000	9.000	-35.000	0.000	34.4	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	6	-45.200	-40.000	25.000	-9.000	-35.000	0.000	34.4	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	7	45.200	40.000	25.000	9.000	35.000	0.000	34.4	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	8	-45.200	40.000	25.000	-9.000	35.000	0.000	34.4	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	9	45.600	-40.000	25.500	27.000	0.000	0.000	30.0	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	10	-45.600	-40.000	25.500	-27.000	0.000	0.000	30.0	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	11	45.600	40.000	25.500	27.000	0.000	0.000	30.0	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	12	-45.600	40.000	25.500	-27.000	0.000	0.000	30.0	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	13	46.000	-40.000	25.000	27.000	-35.000	0.000	51.8	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	14	-46.000	-40.000	25.000	-27.000	-35.000	0.000	51.8	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	15	46.000	40.000	25.000	27.000	35.000	0.000	51.8	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	16	-46.000	40.000	25.000	-27.000	35.000	0.000	51.8	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	17	46.400	-40.000	25.000	46.000	-27.000	0.000	62.5	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	18	-46.400	-40.000	25.000	-46.000	-27.000	0.000	62.5	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	19	46.400	40.000	25.000	46.000	27.000	0.000	62.5	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	20	-46.400	40.000	25.000	-46.000	27.000	0.000	62.5	(C 0.0°, G 0.0°)	/
PHILIPS MVF403 1xMHN- SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956	21	46.800	-40.000	25.500	50.000	0.000	0.000	32.4	(C 0.0°, G 0.0°)	/

SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403 1xMHN-	22	-46.800	-40.000	25.500	-50.000	0.000	0.000	32.4	(C 0.0°, G 0.0°) /
SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403 1xMHN-	23	46.800	40.000	25.500	50.000	0.000	0.000	32.4	(C 0.0°, G 0.0°) /
SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403 1xMHN-	24	-46.800	40.000	25.500	-50.000	0.000	0.000	32.4	(C 0.0°, G 0.0°) /
SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403 1xMHN-	25	0.000	-40.000	20.000	0.000	-20.000	0.000	45.0	(C 0.0°, G 0.0°) /
SAH2000W/400V/956 A7 +ZVF403 GS_956 PHILIPS MVF403 1xMHN-	26	0.000	40.000	20.000	0.000	20.000	0.000	45.0	(C 0.0°, G 0.0°) /



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
Teléfono
Fax
e-Mail

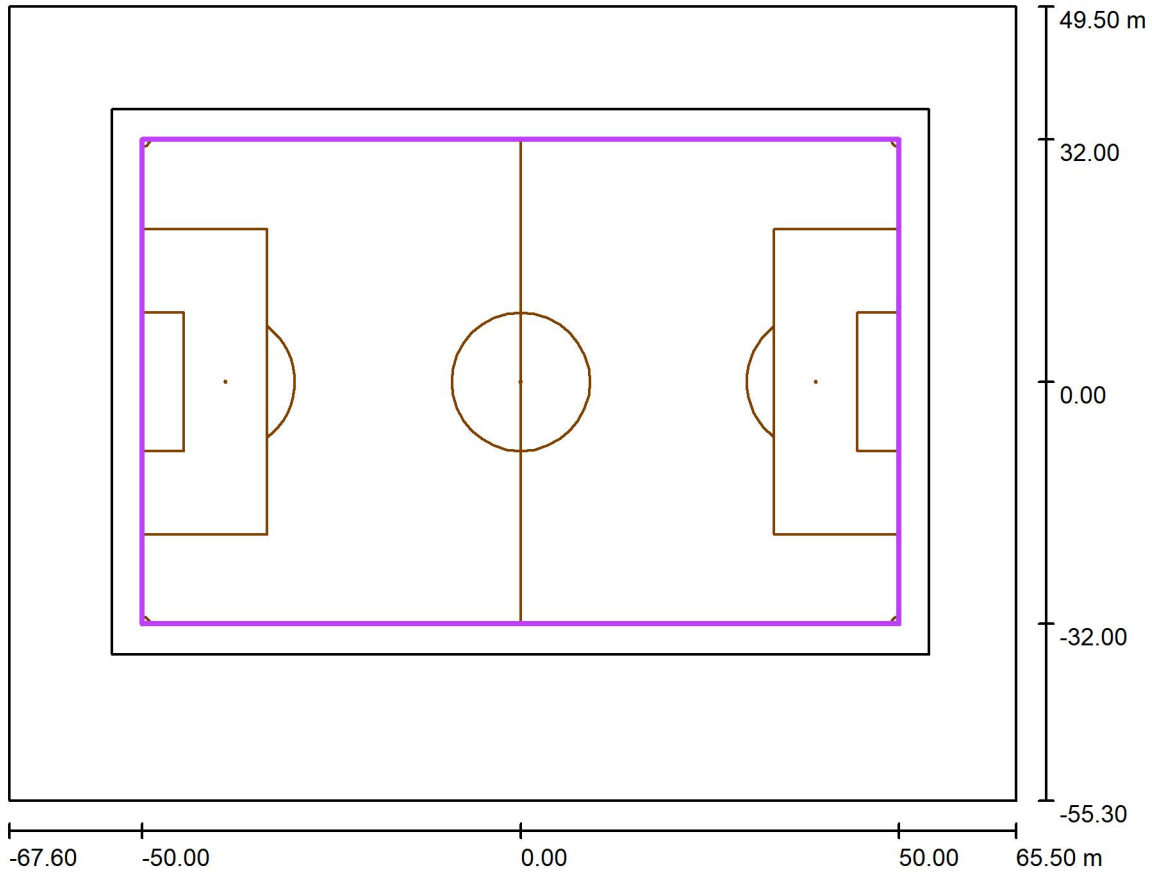
Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D





Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Resumen



Escala 1 : 1000

Posición: (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)
 Tamaño: (100.000 m, 64.000 m)
 Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)
 Tipo: Normal, Trama: 19 x 13 Puntos
 Pertenece al siguiente centro deportivo: Campo de Fútbol San Martín

Sumario de los resultados

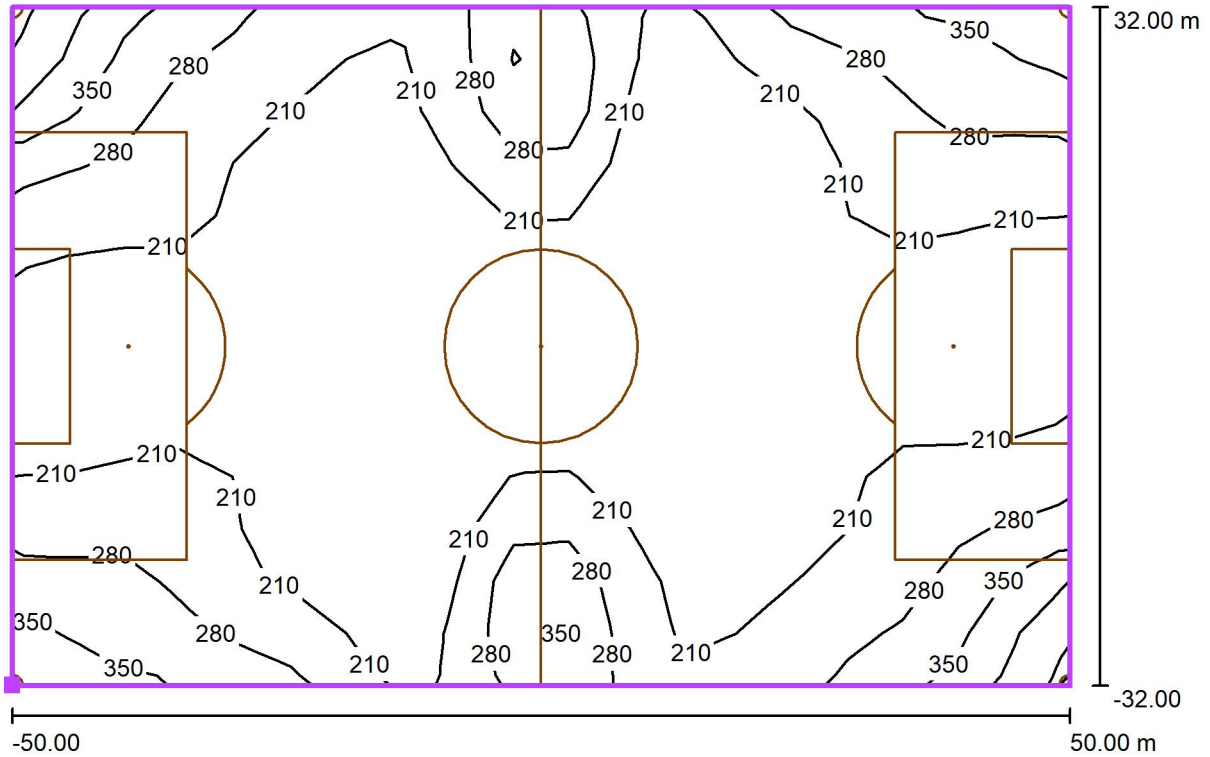
N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	227	153	466	0.67	0.33	/	0.000	/

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



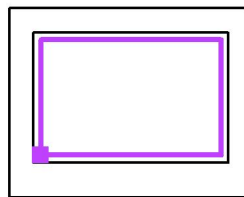
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 715

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
227

E_{min} [lx]
153

E_{max} [lx]
466

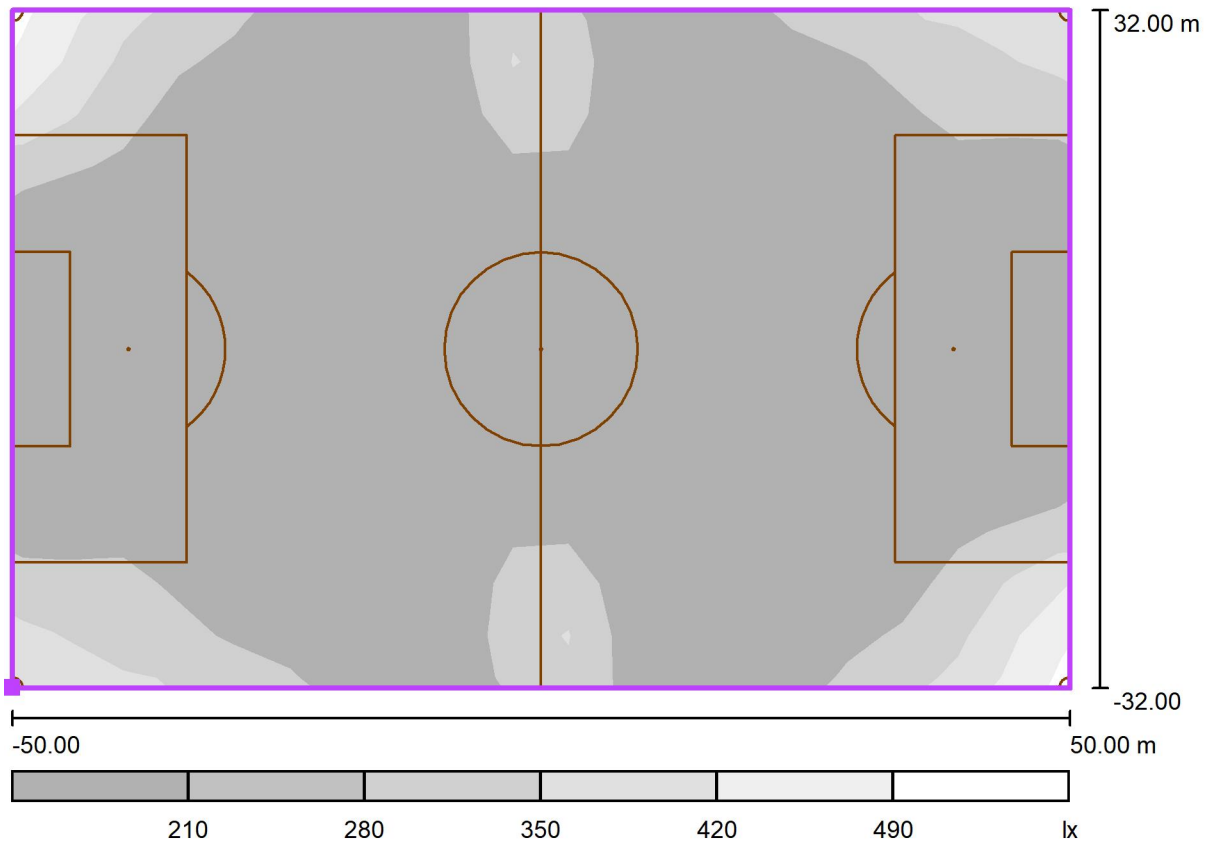
E_{min} / E_m
0.67

E_{min} / E_{max}
0.33



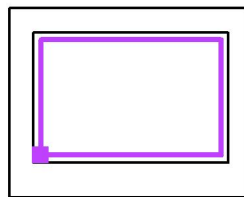
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 715

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
227

E_{min} [lx]
153

E_{max} [lx]
466

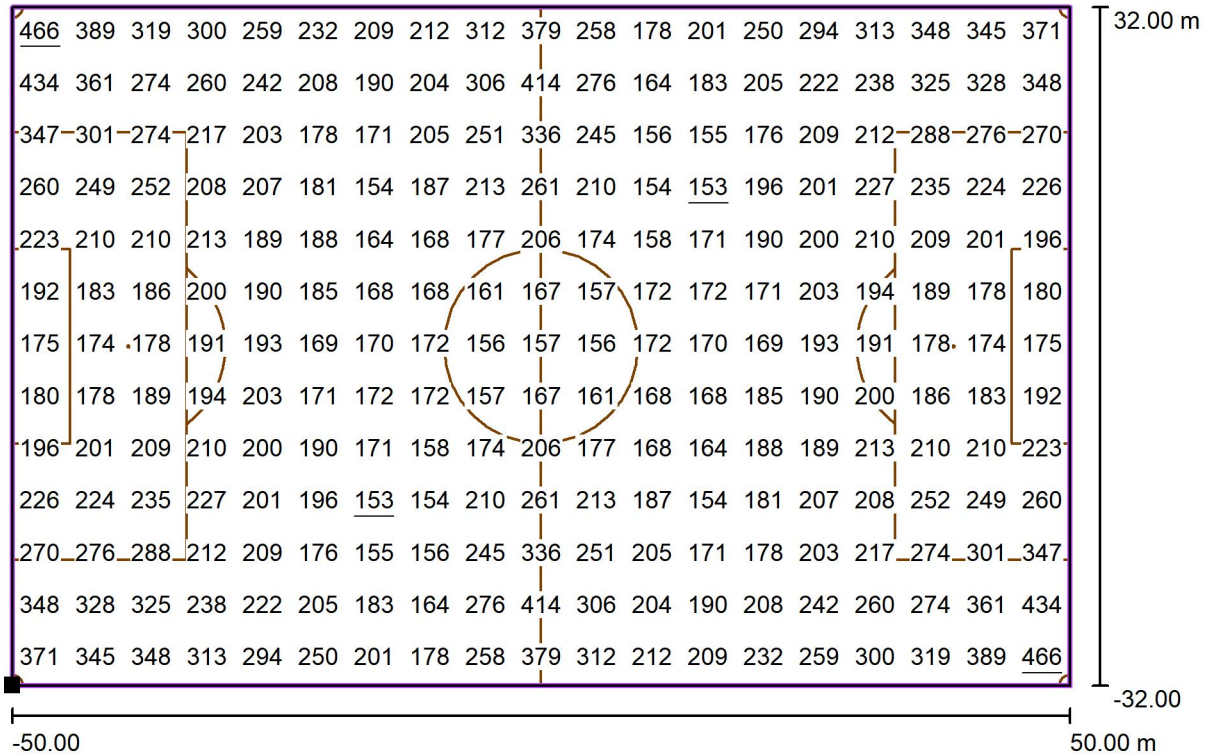
E_{min} / E_m
0.67

E_{min} / E_{max}
0.33



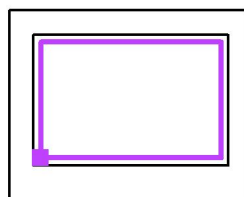
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (PA) / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 715

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-50.000 m, -32.000 m, 0.000 m)



Trama: 19 x 13 Puntos

E_m [lx]
227

E_{min} [lx]
153

E_{max} [lx]
466

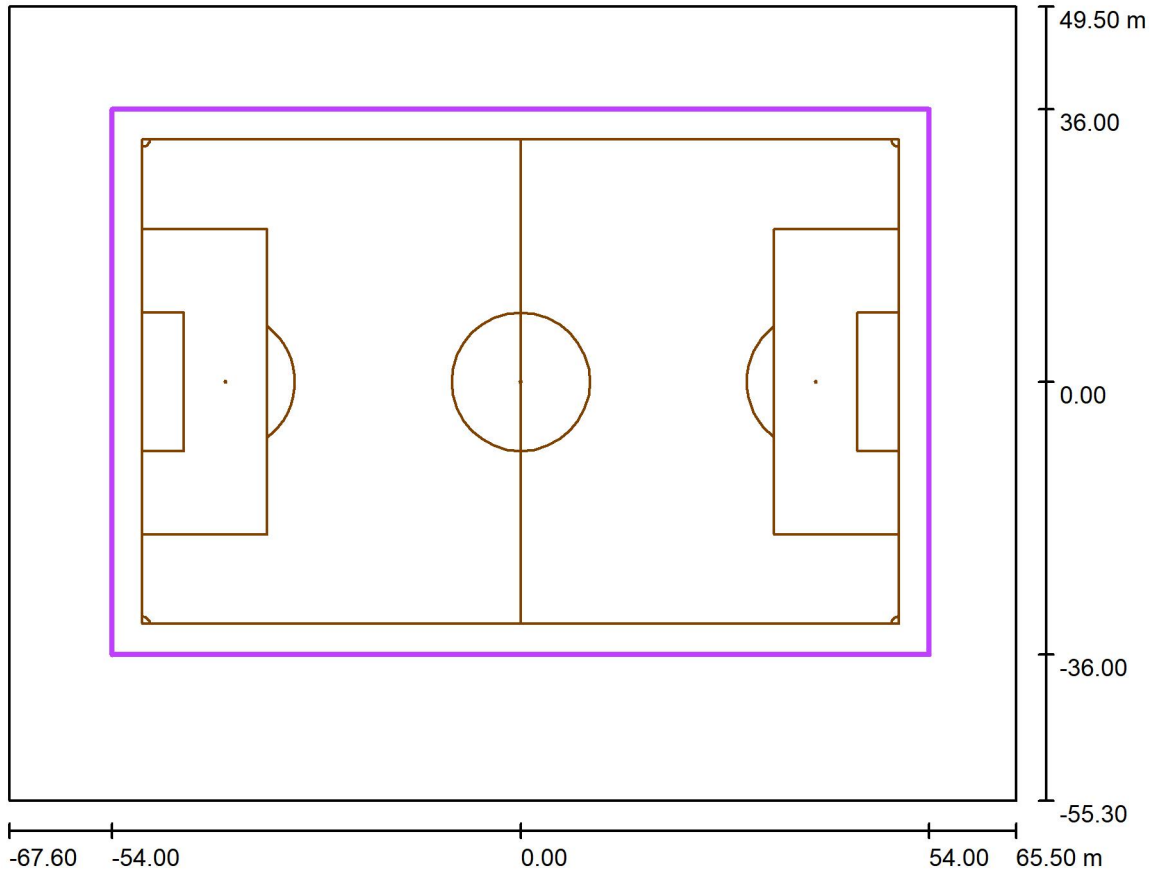
E_{min} / E_m
0.67

E_{min} / E_{max}
0.33



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (TA) / Resumen



Escala 1 : 1000

Posición: (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)
 Tamaño: (108.000 m, 72.000 m)
 Rotación: (0.0°, 0.0°, 0.0°)
 Tipo: Normal, Trama: 21 x 13 Puntos
 Pertenece al siguiente centro deportivo: Campo de Fútbol San Martín

Sumario de los resultados

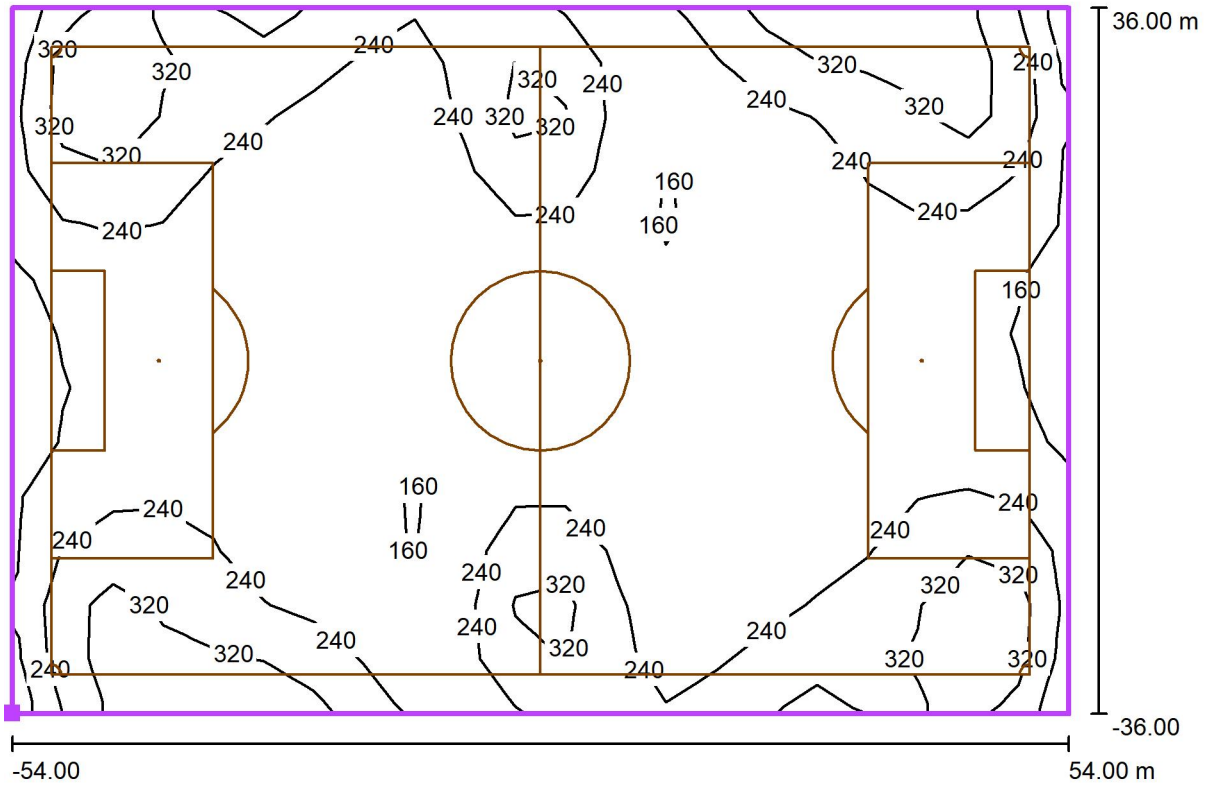
N°	Tipo	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	$E_{h\ m} / E_m$	H [m]	Cámara
1	perpendicular	230	106	456	0.46	0.23	/	0.000	/

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



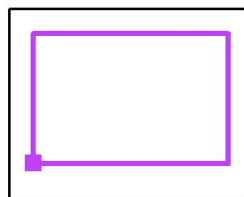
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (TA) / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 773

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-54.000 m, -36.000 m, 0.000 m)



Trama: 21 x 13 Puntos

E_m [lx]
230

E_{min} [lx]
106

E_{max} [lx]
456

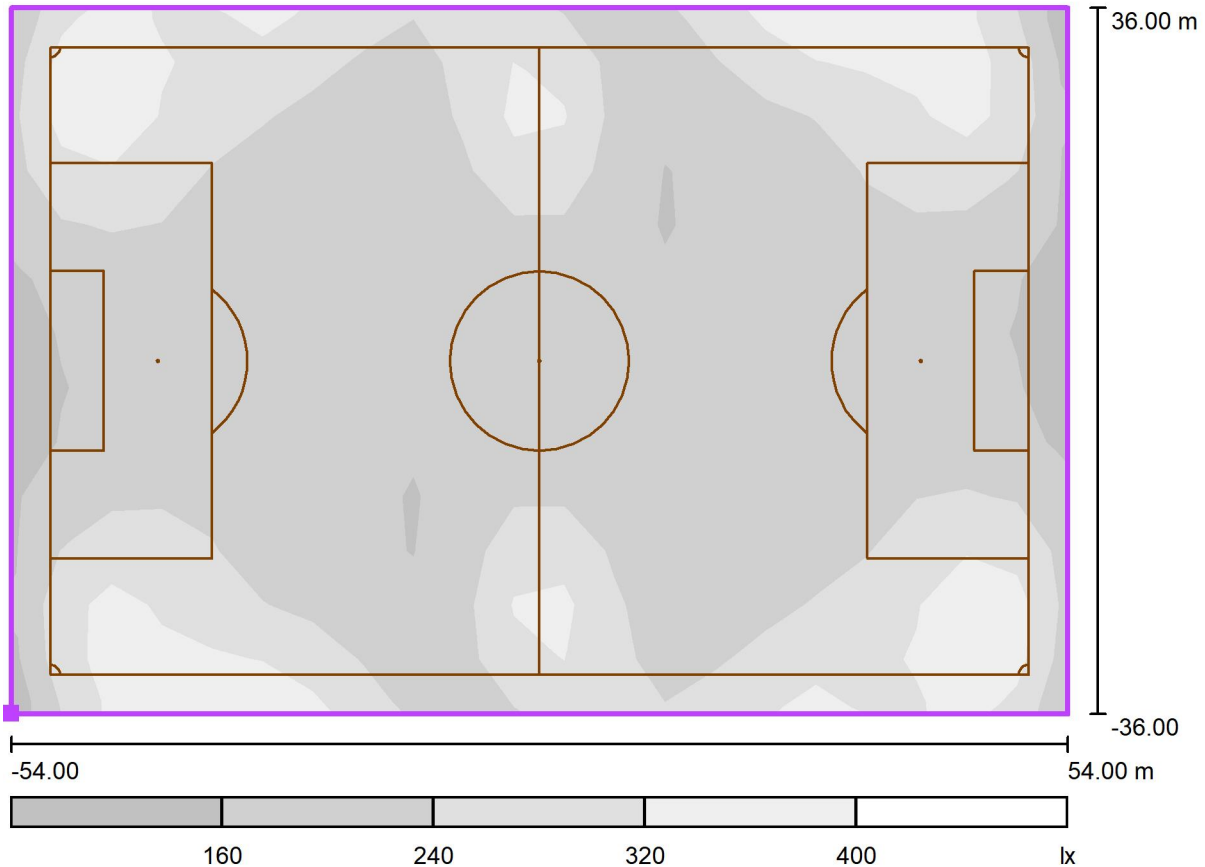
E_{min} / E_m
0.46

E_{min} / E_{max}
0.23



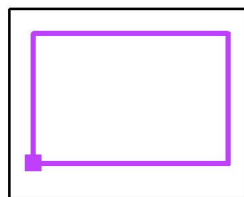
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (TA) / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 773

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-54.000 m, -36.000 m, 0.000 m)



Trama: 21 x 13 Puntos

E_m [lx]
230

E_{min} [lx]
106

E_{max} [lx]
456

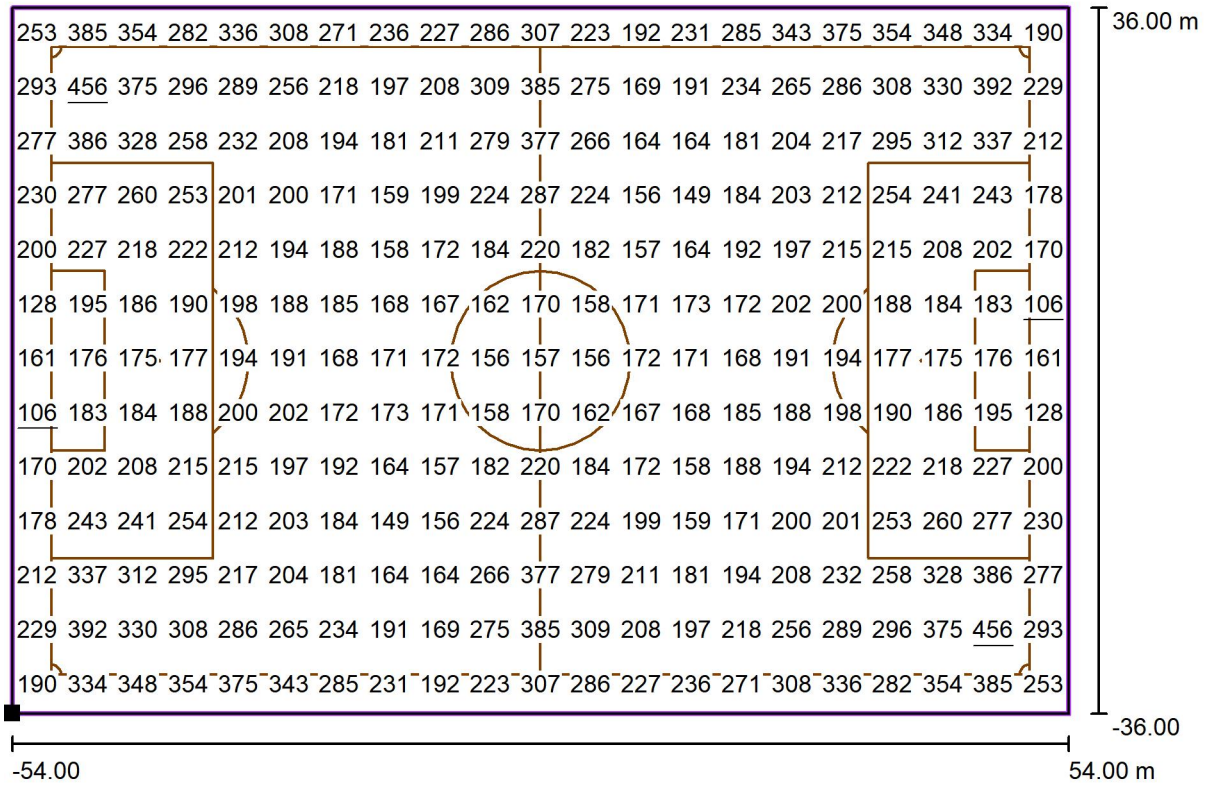
E_{min} / E_m
0.46

E_{min} / E_{max}
0.23



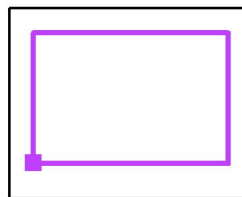
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Campo de fútbol 1 trama de cálculo (TA) / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 773

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado: (-54.000 m, -36.000 m, 0.000 m)



Trama: 21 x 13 Puntos

E_m [lx]
230

E_{min} [lx]
106

E_{max} [lx]
456

E_{min} / E_m
0.46

E_{min} / E_{max}
0.23

Plaza Mayor

Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 29.06.2019
Proyecto elaborado por: Carlos Massó García



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

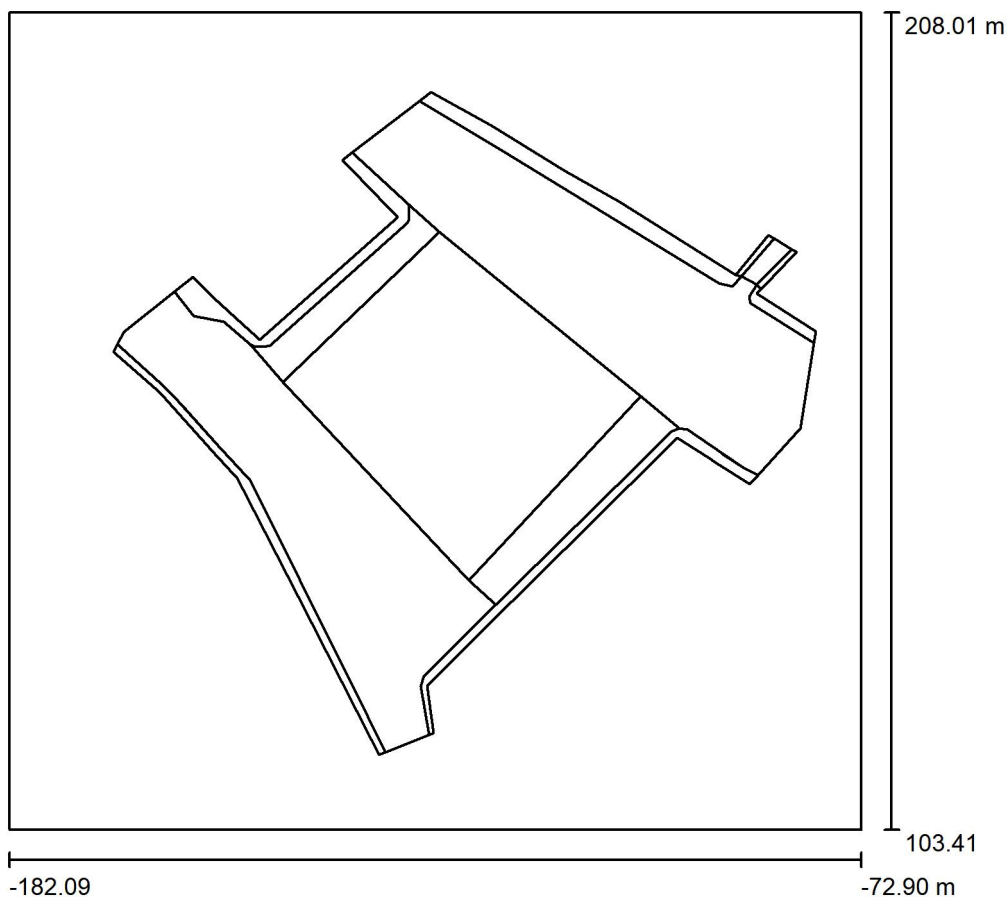
Índice

Plaza Mayor	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Escena exterior 1	
Datos de planificación	3
Lista de luminarias	5
Luminarias (ubicación)	7
Superficies exteriores	
Calle Real y Plaza Calzada 2	
Superficie 1	
Isolíneas (E)	9
Gama de grises (E)	10
Gráfico de valores (E)	11
Calle Antonio Machado Calzada	
Superficie 1	
Isolíneas (E)	12
Gama de grises (E)	13
Gráfico de valores (E)	14
Scal Plaza	
Isolíneas (E, perpendicular)	15
Gama de grises (E, perpendicular)	16
Gráfico de valores (E, perpendicular)	17



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.76, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

Escala 1:970

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11 (1.000)	1296	1800	14.4
2	38	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50 (1.000)	528	600	5.5
3	1	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 (1.000)	890	1000	8.7
4	6	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 (1.000)	2730	3000	23.5
5	14	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 (1.000)	6960	8000	67.0



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Datos de planificación


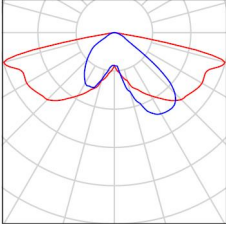
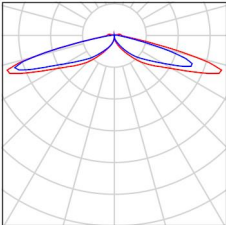
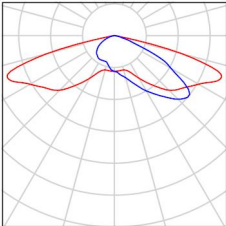

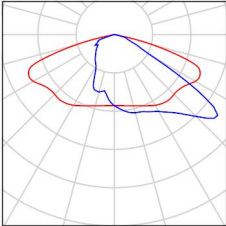
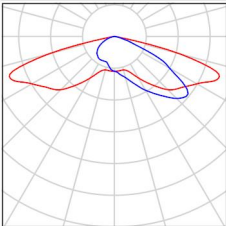
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
6	8	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50 (1.000)	1260	1800	14.4
Total:			147446	Total: 171800	1440.7



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

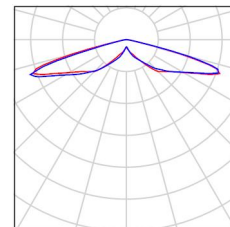
2 Pieza	<p>PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 1296 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm Potencia de las luminarias: 14.4 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 35 71 96 100 72 Lámpara: 1 x LED18-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>		
38 Pieza	<p>PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 528 lm Flujo luminoso (Lámparas): 600 lm Potencia de las luminarias: 5.5 W Clasificación luminarias según CIE: 97 Código CIE Flux: 09 34 83 97 88 Lámpara: 1 x LED6-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
1 Pieza	<p>PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 890 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1000 lm Potencia de las luminarias: 8.7 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 25 62 96 100 89 Lámpara: 1 x LED10-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
6 Pieza	<p>PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 2730 lm Flujo luminoso (Lámparas): 3000 lm Potencia de las luminarias: 23.5 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 34 73 97 100 91 Lámpara: 1 x LED30-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>		
14 Pieza	<p>PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 6960 lm Flujo luminoso (Lámparas): 8000 lm Potencia de las luminarias: 67.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 25 62 96 100 87 Lámpara: 1 x LED79-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

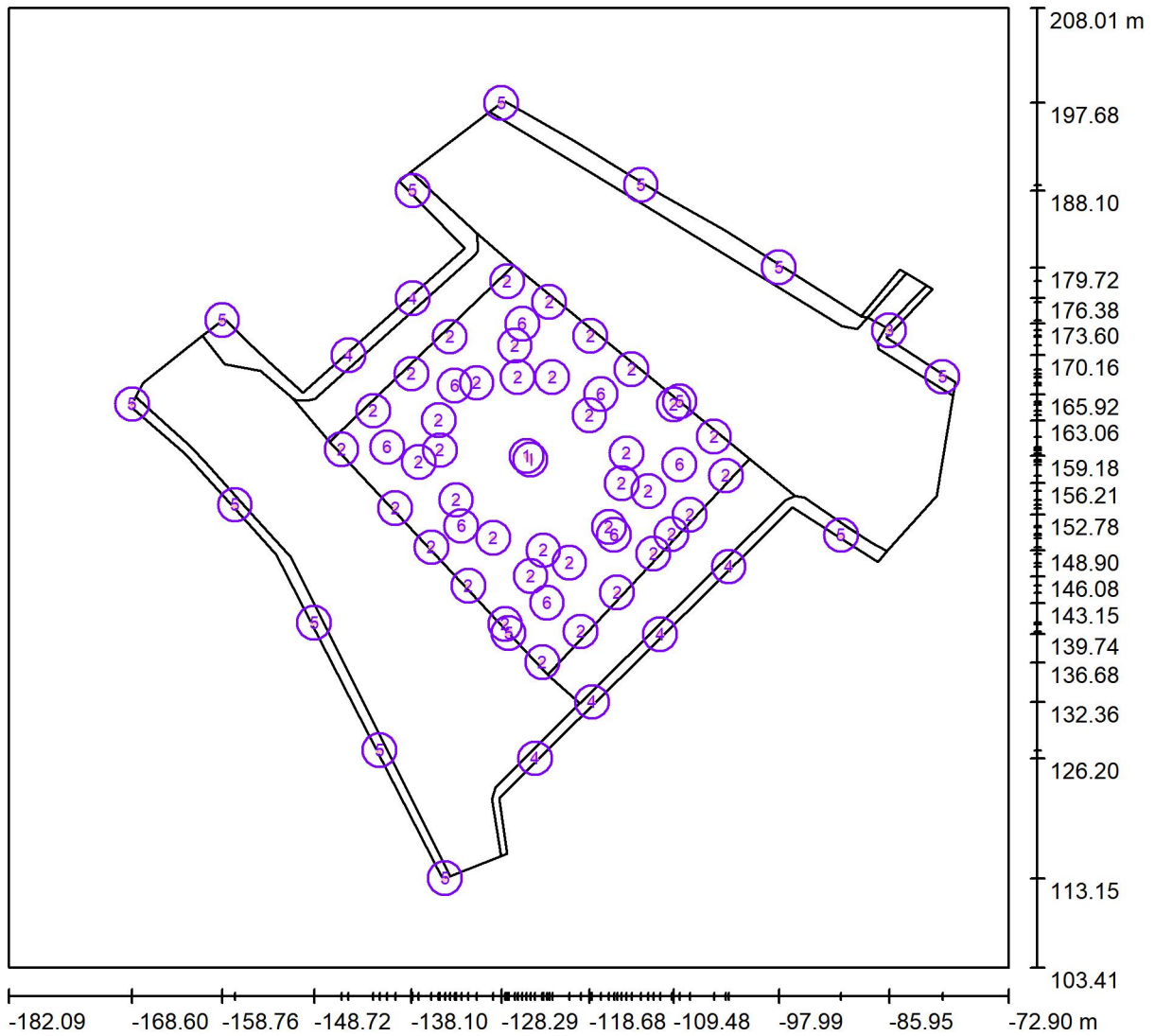
8 Pieza PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1260 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm
Potencia de las luminarias: 14.4 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 14 44 91 100 70
Lámpara: 1 x LED18-4S/830 (Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 781

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	2	PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11
2	38	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50
3	1	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52
4	6	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Luminarias (ubicación)

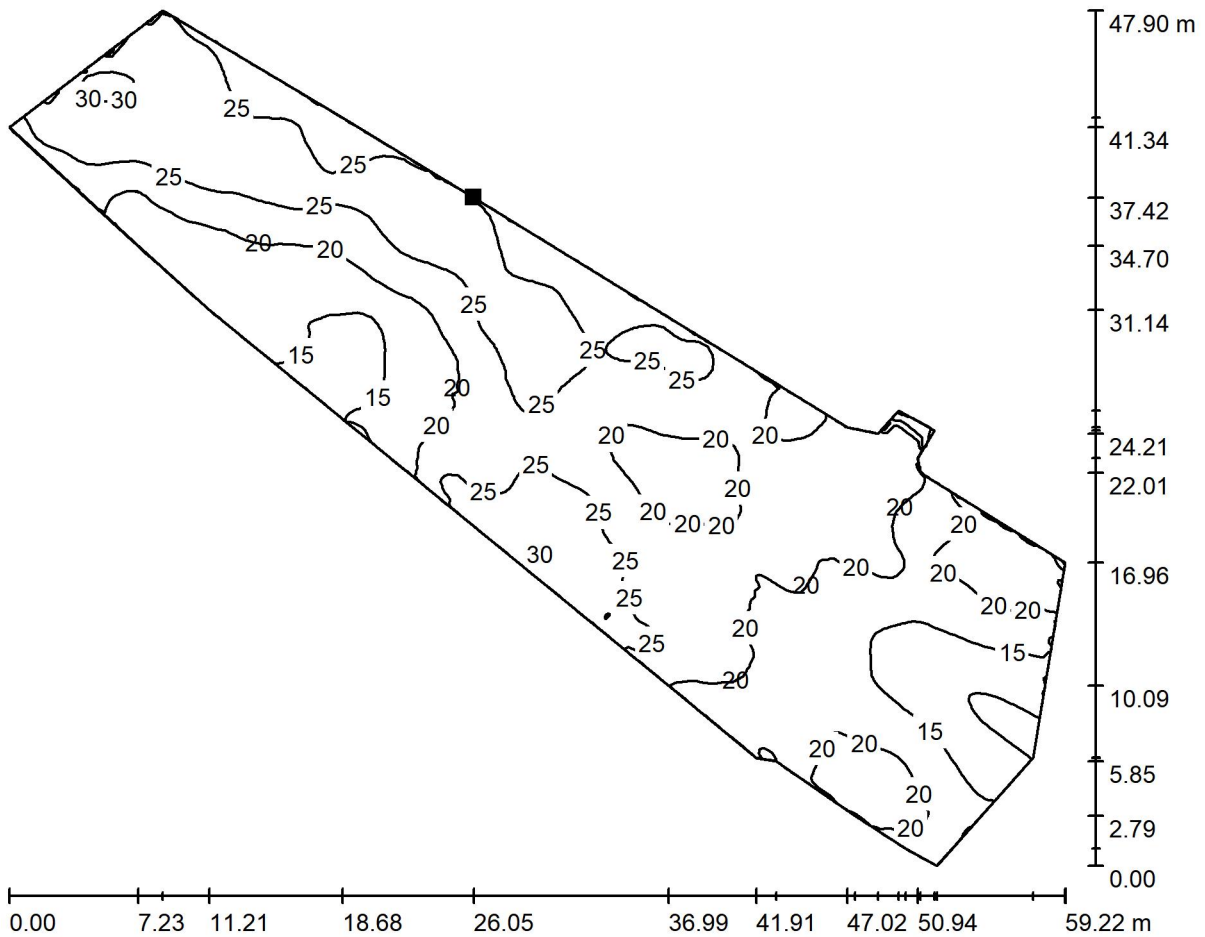
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
5	14	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52
6	8	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50



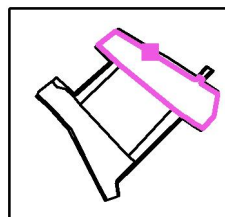
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Calle Real y Plaza Calzada 2 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 424

Situación de la superficie en la
 escena exterior:
 Punto marcado:
 (-112.134 m, 186.226 m, 0.000 m)



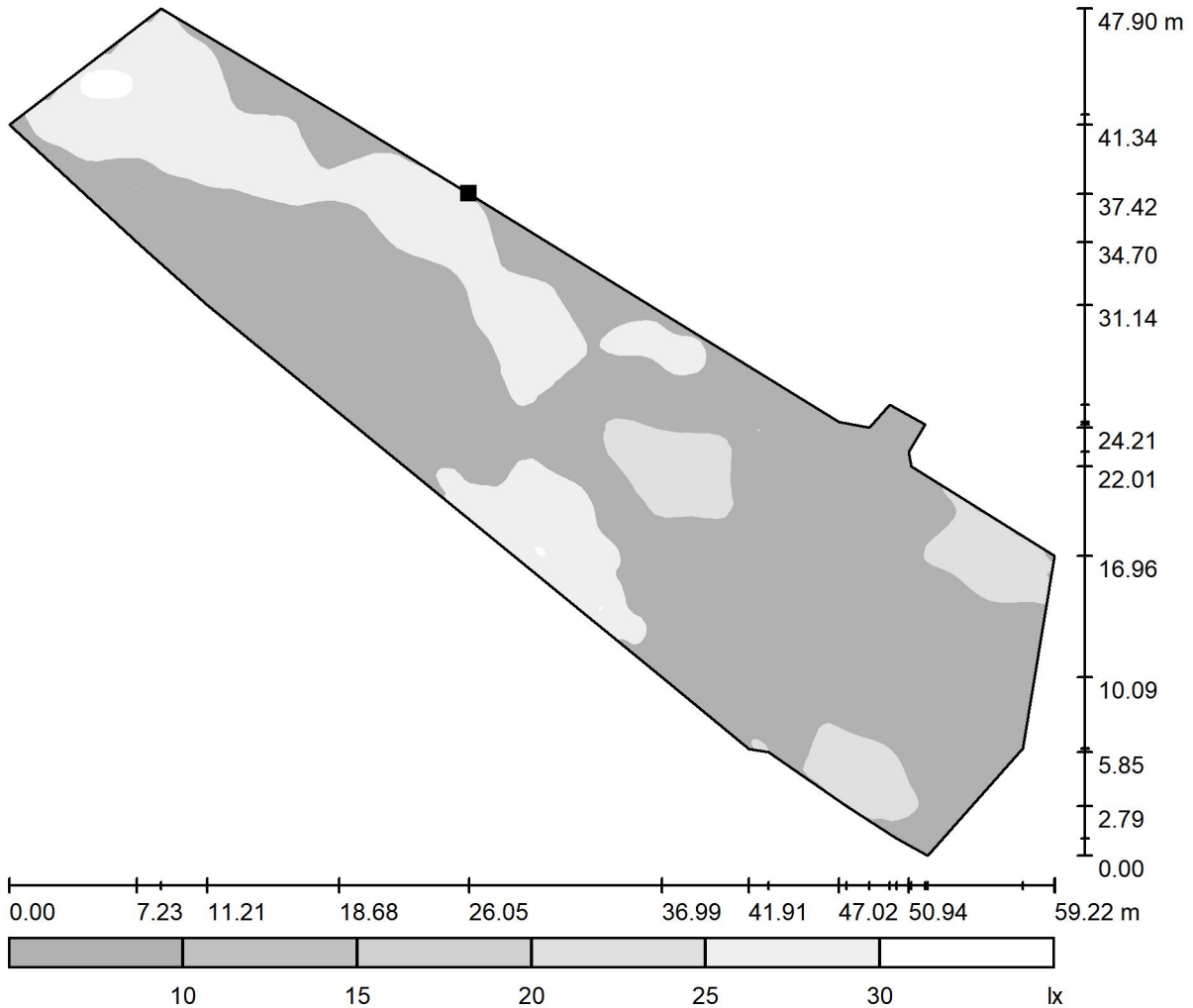
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	9.05	31	0.424	0.296



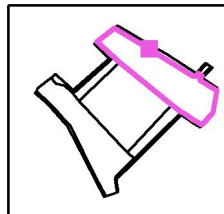
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Calle Real y Plaza Calzada 2 / Superficie 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 424

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-112.134 m, 186.226 m, 0.000 m)



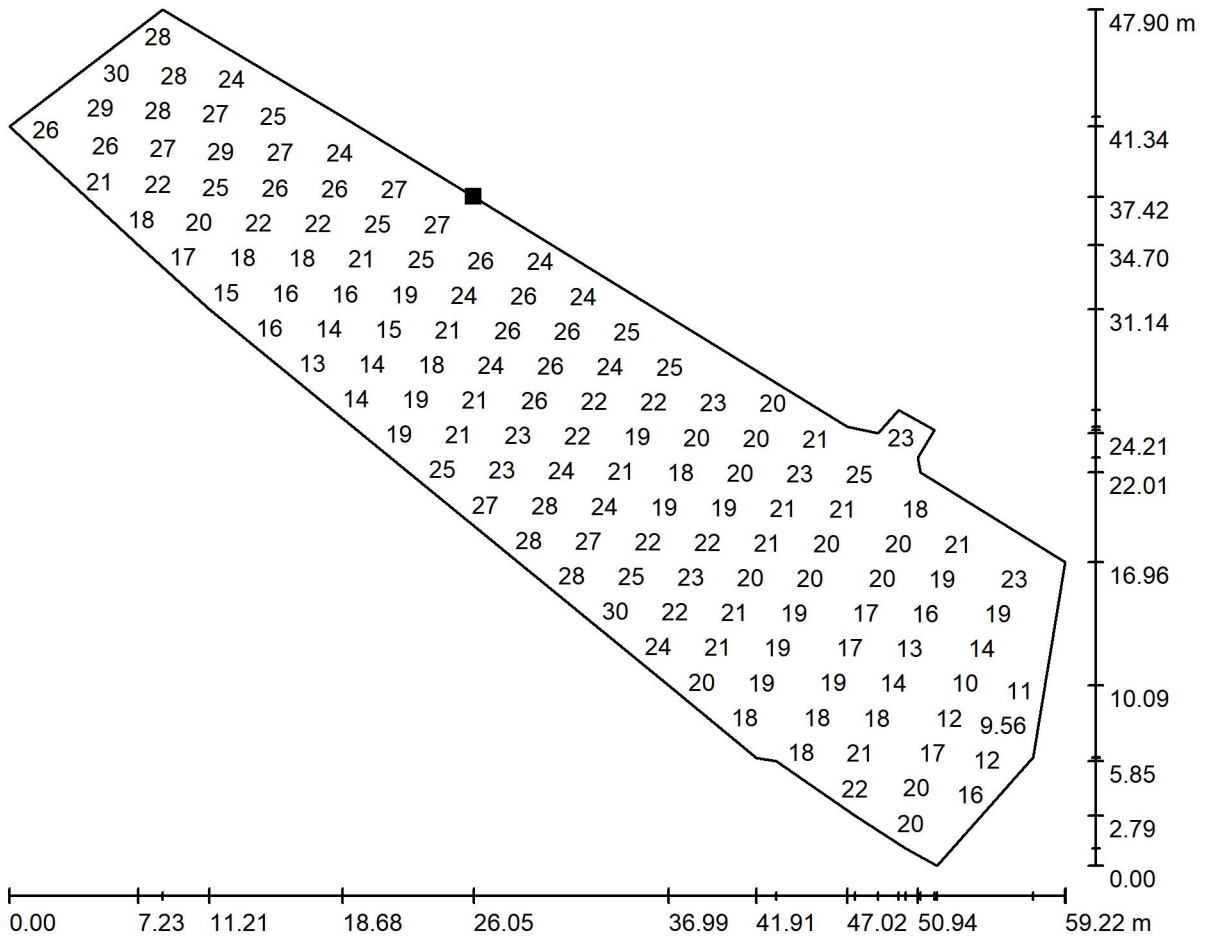
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	9.05	31	0.424	0.296



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

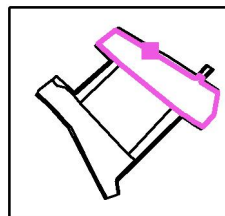
Escena exterior 1 / Calle Real y Plaza Calzada 2 / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 424

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-112.134 m, 186.226 m, 0.000 m)



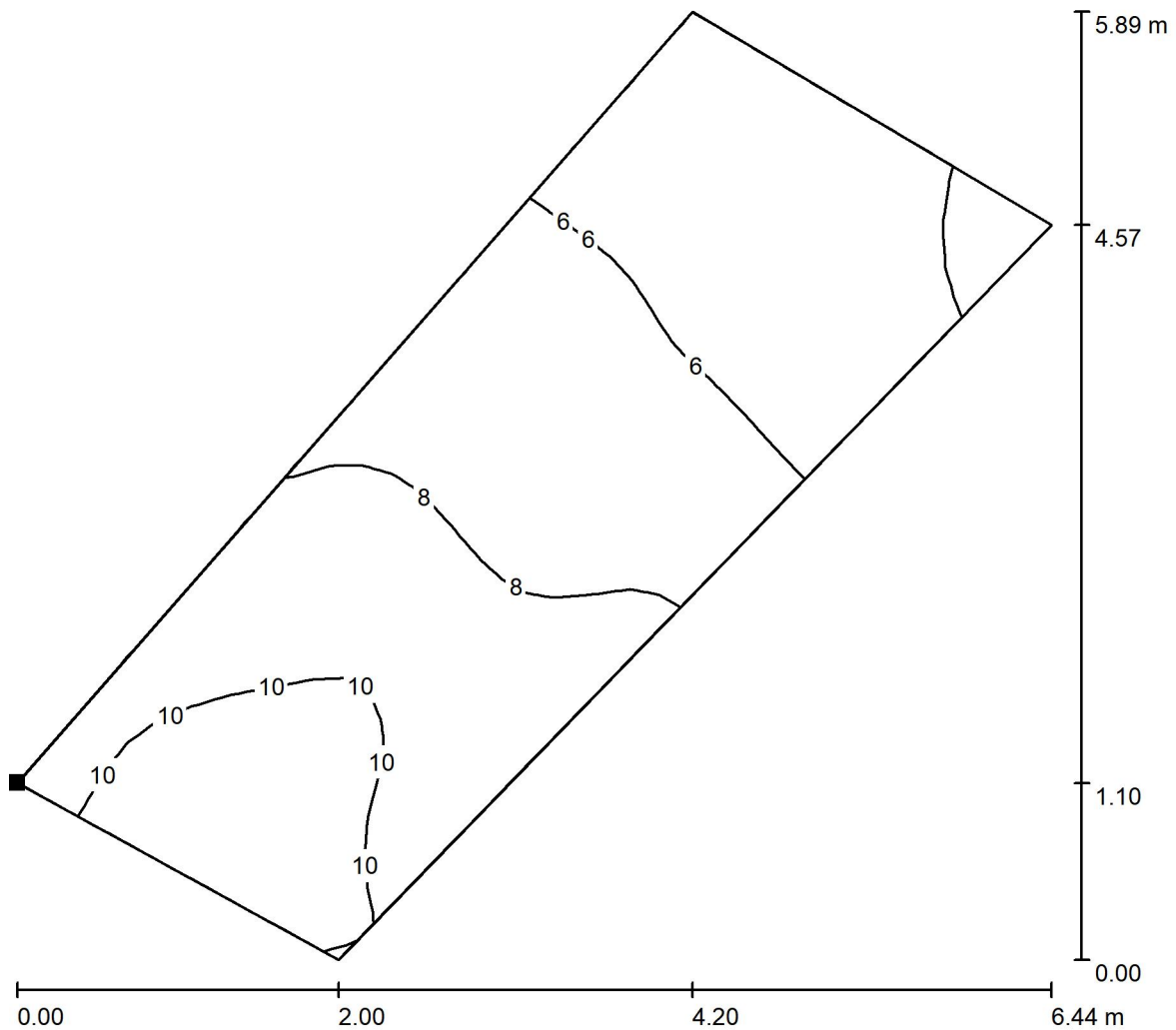
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	9.05	31	0.424	0.296



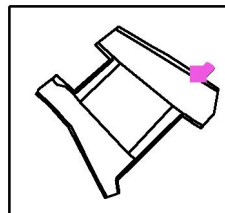
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Calle Antonio Machado Calzada / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 47

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-88.300 m, 174.300 m, 0.000 m)



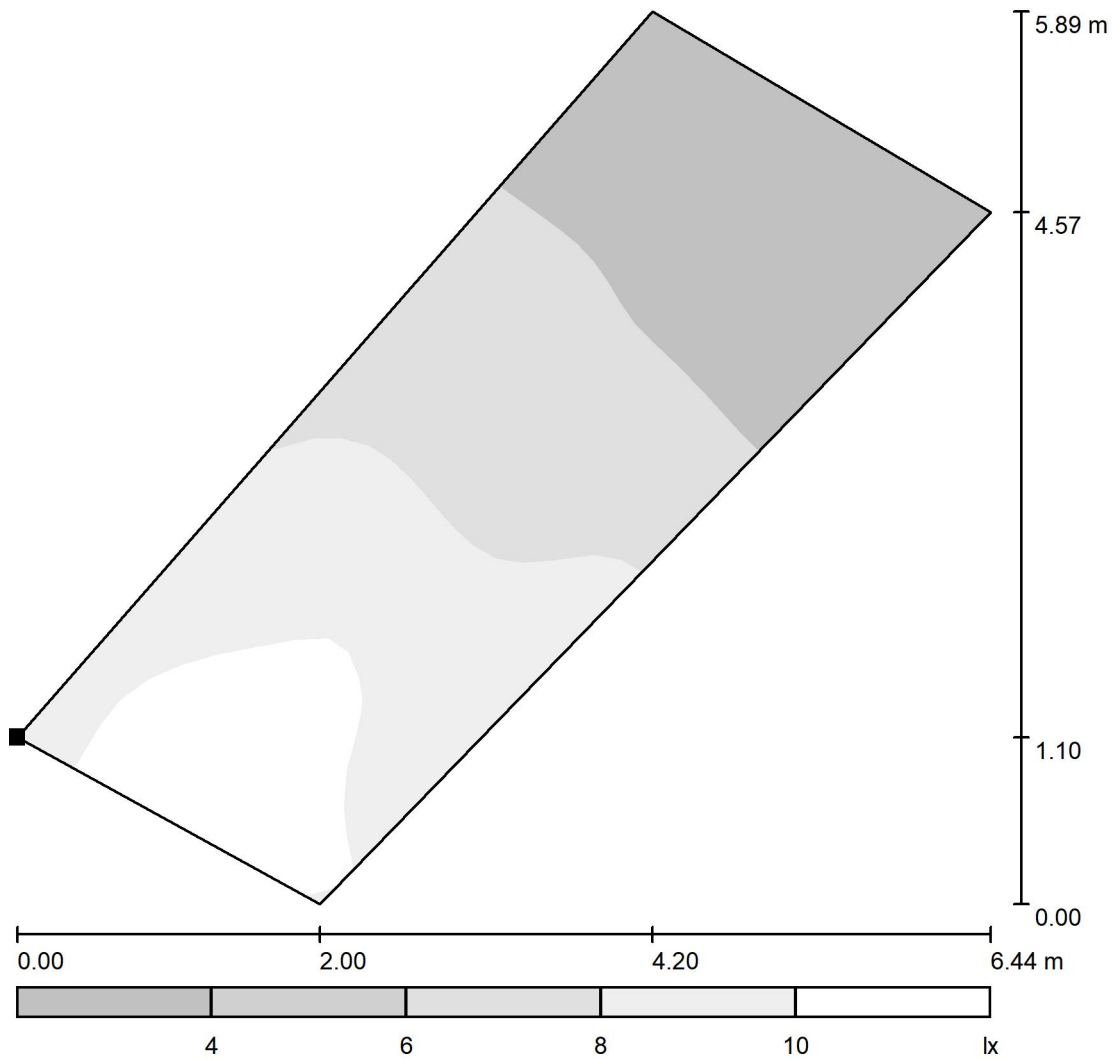
Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
7.42	3.33	11	0.449	0.301



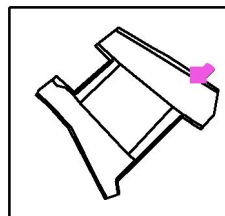
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Calle Antonio Machado Calzada / Superficie 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 50

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-88.300 m, 174.300 m, 0.000 m)



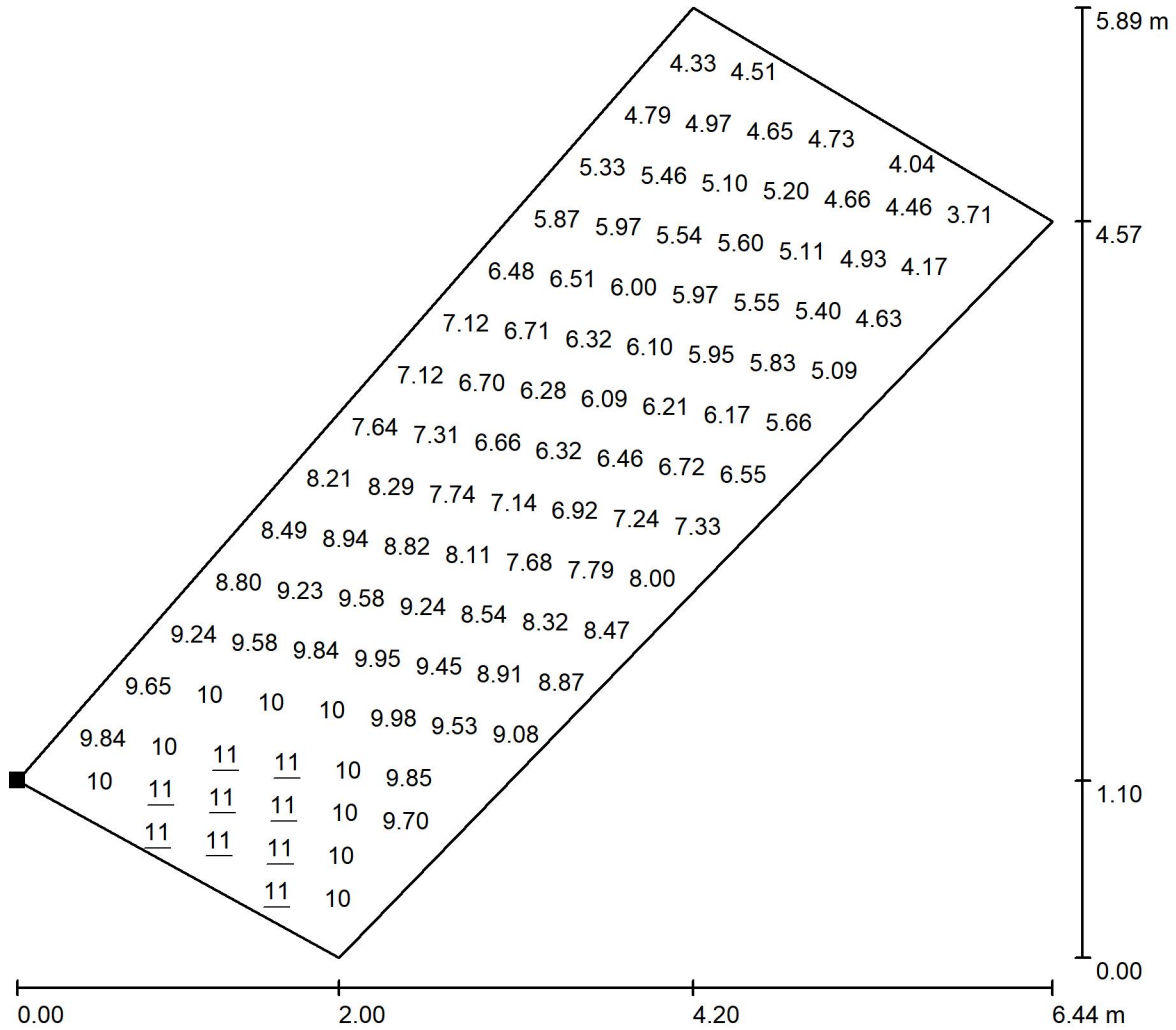
Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
7.42	3.33	11	0.449	0.301



Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

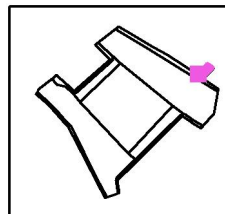
Escena exterior 1 / Calle Antonio Machado Calzada / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 47

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-88.300 m, 174.300 m, 0.000 m)



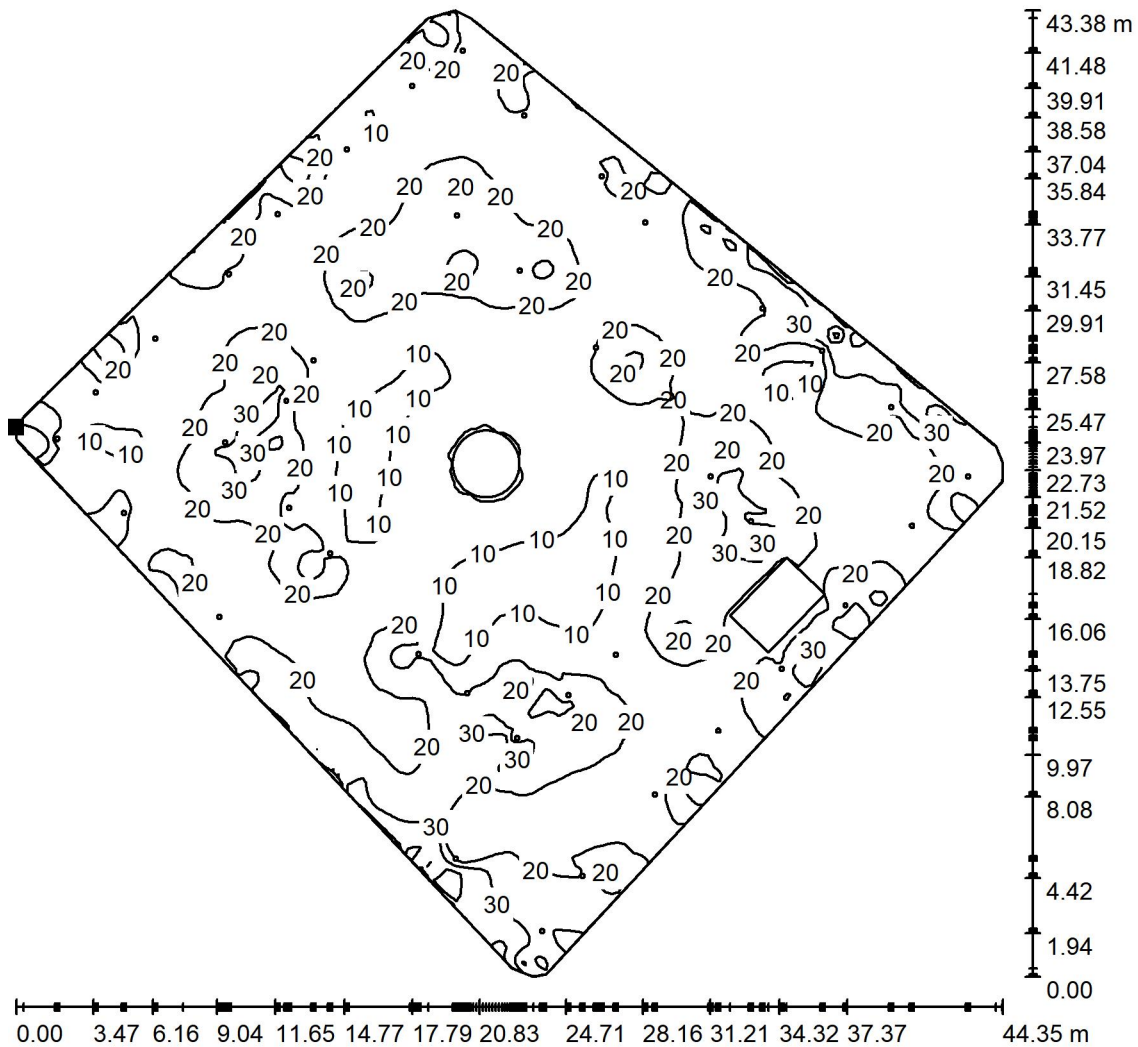
Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
7.42	3.33	11	0.449	0.301



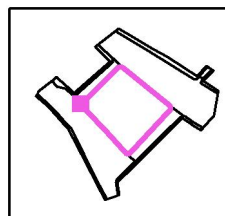
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Scal Plaza / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 340

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-146.456 m, 160.611 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
18

E_{min} [lx]
5.65

E_{max} [lx]
46

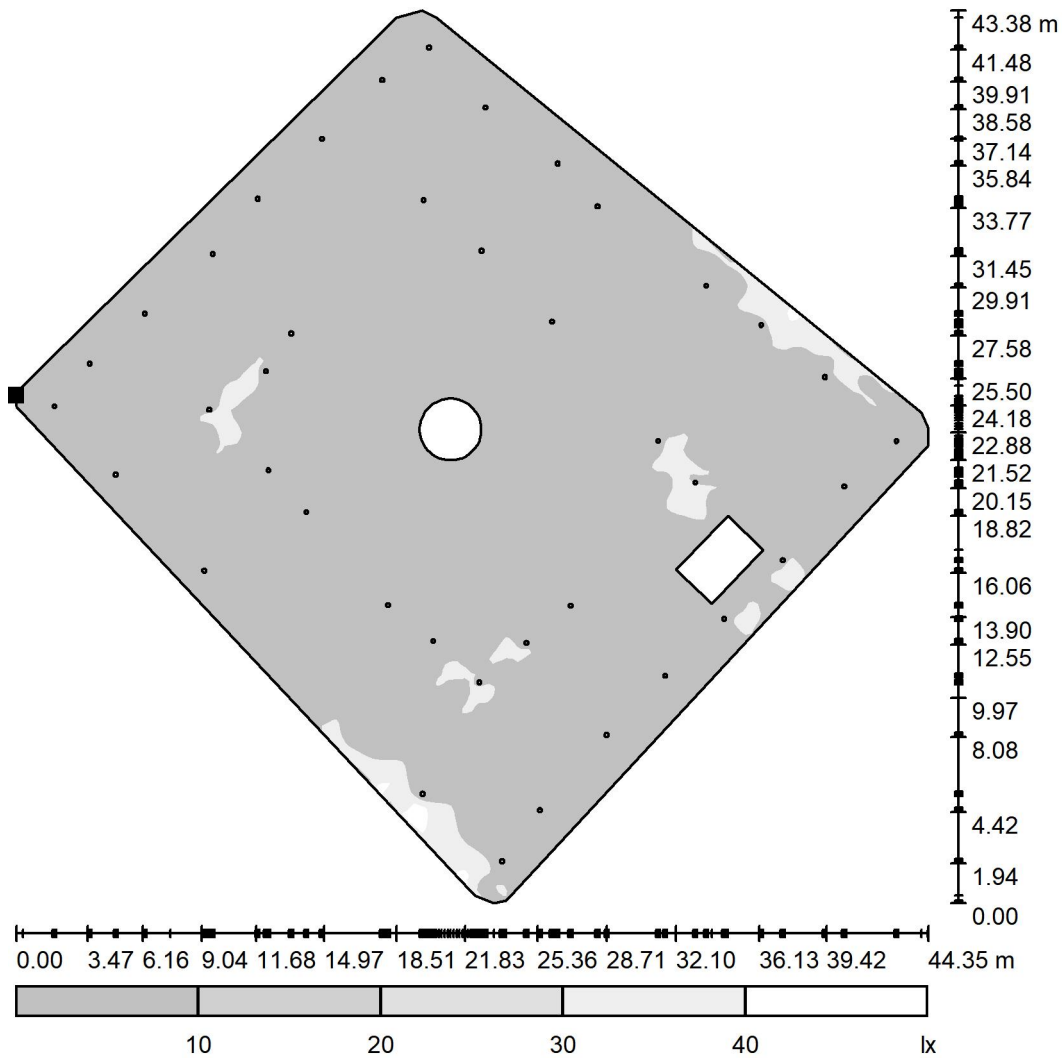
E_{min} / E_m
0.306

E_{min} / E_{max}
0.124



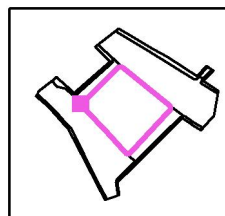
Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Escena exterior 1 / Scal Plaza / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 368

Situación de la superficie en la
 escena exterior:
 Punto marcado:
 (-146.456 m, 160.611 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
18

E_{min} [lx]
5.65

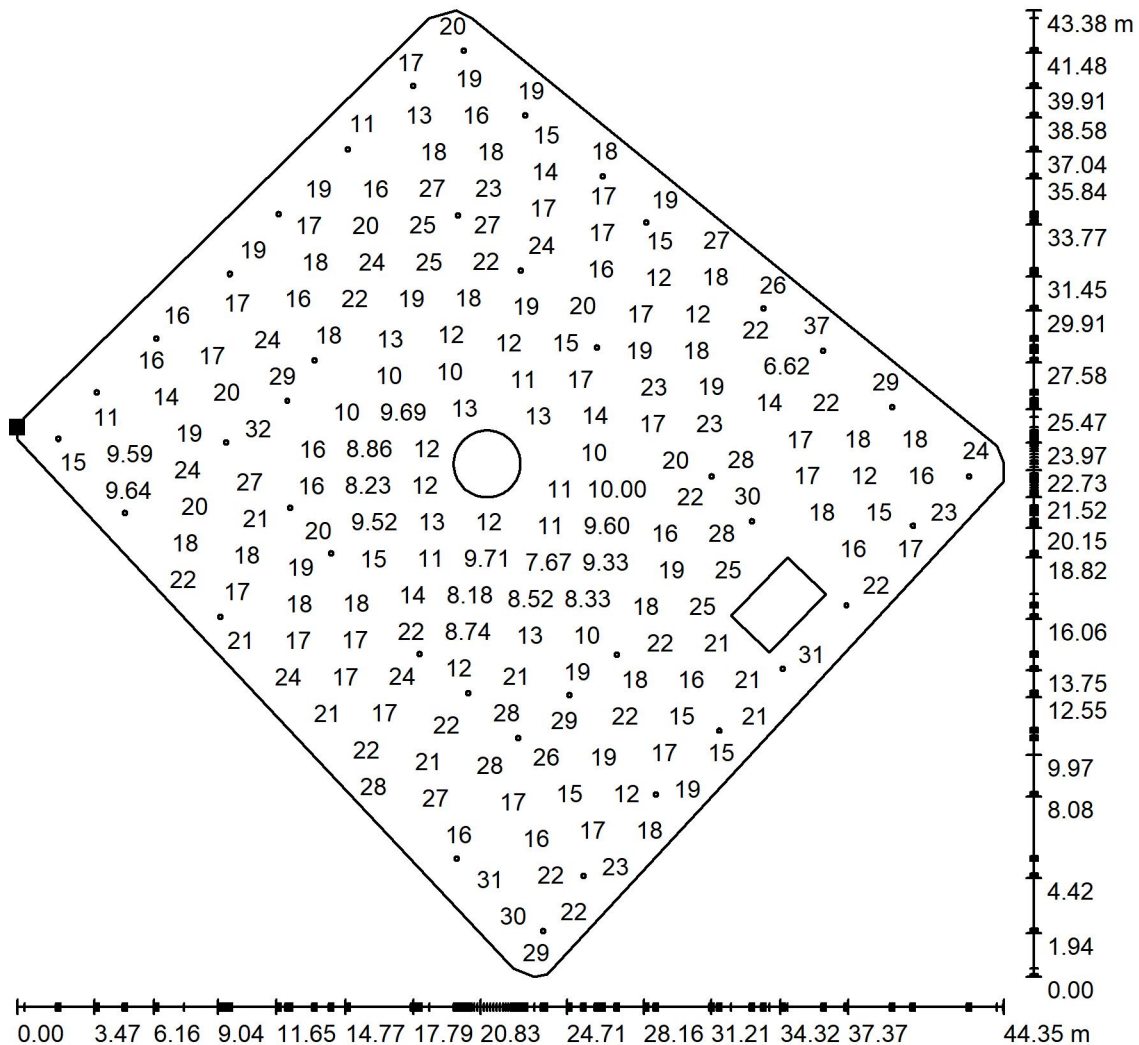
E_{max} [lx]
46

E_{min} / E_m
0.306

E_{min} / E_{max}
0.124

Proyecto elaborado por Carlos Massó García
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

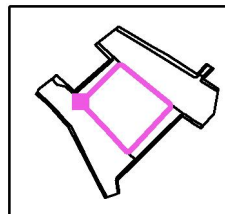
Escena exterior 1 / Scal Plaza / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 340

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-146.456 m, 160.611 m, 0.850 m)

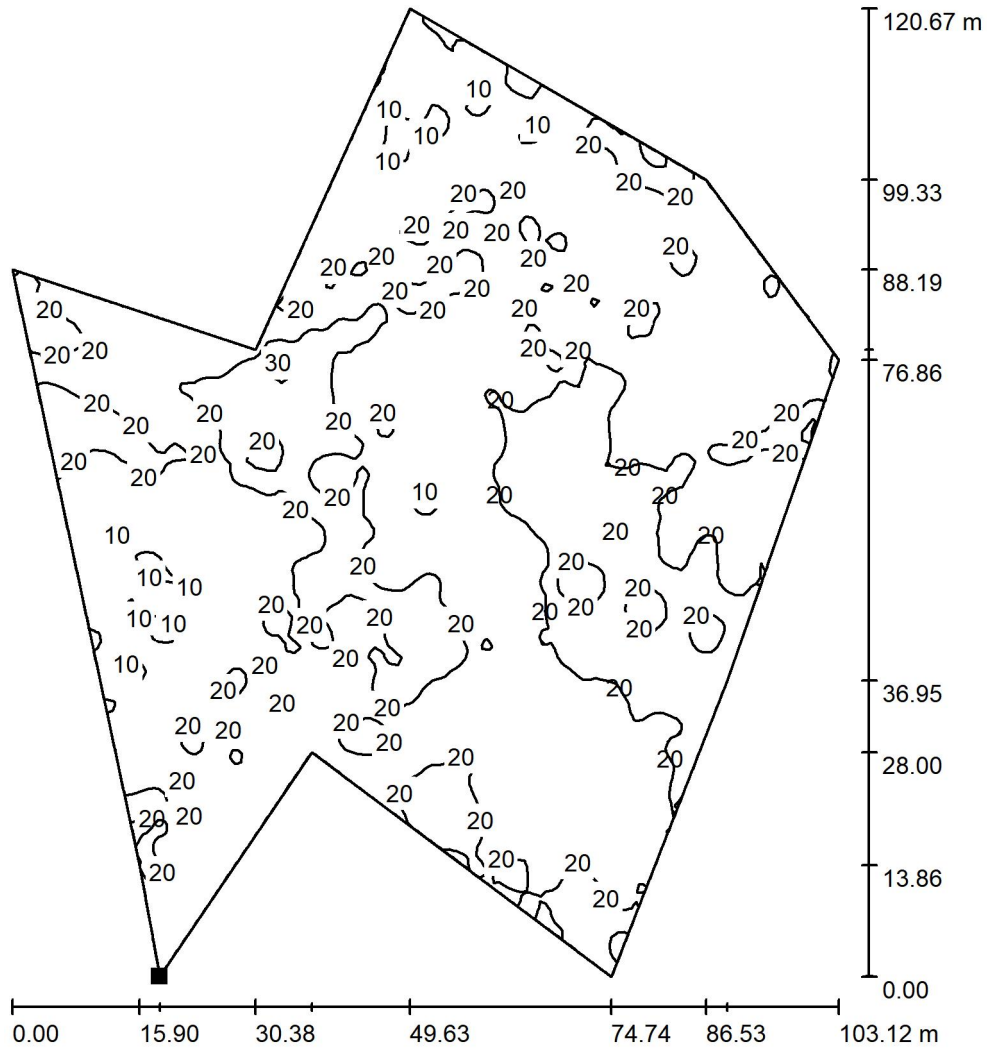


Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	5.65	46	0.306	0.124

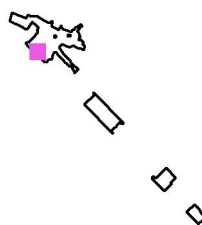
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / ScalcGlorieta / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 944

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(-1788.698 m, 1852.129 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
18

E_{min} [lx]
5.40

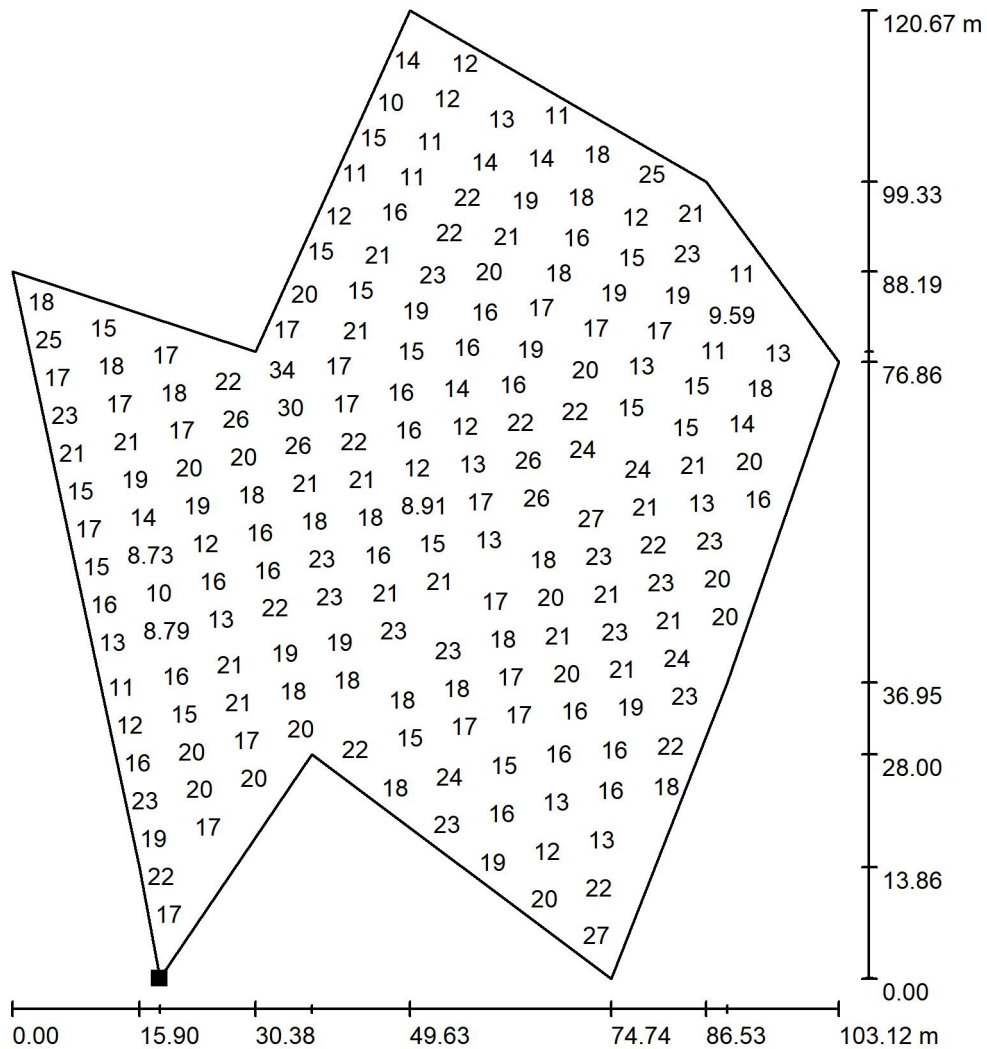
E_{max} [lx]
40

E_{min} / E_m
0.307

E_{min} / E_{max}
0.136

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

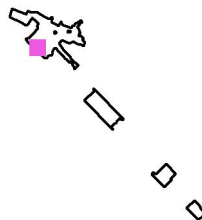
Escena exterior 1 / ScalcGlorieta / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 944

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(-1788.698 m, 1852.129 m, 0.850 m)



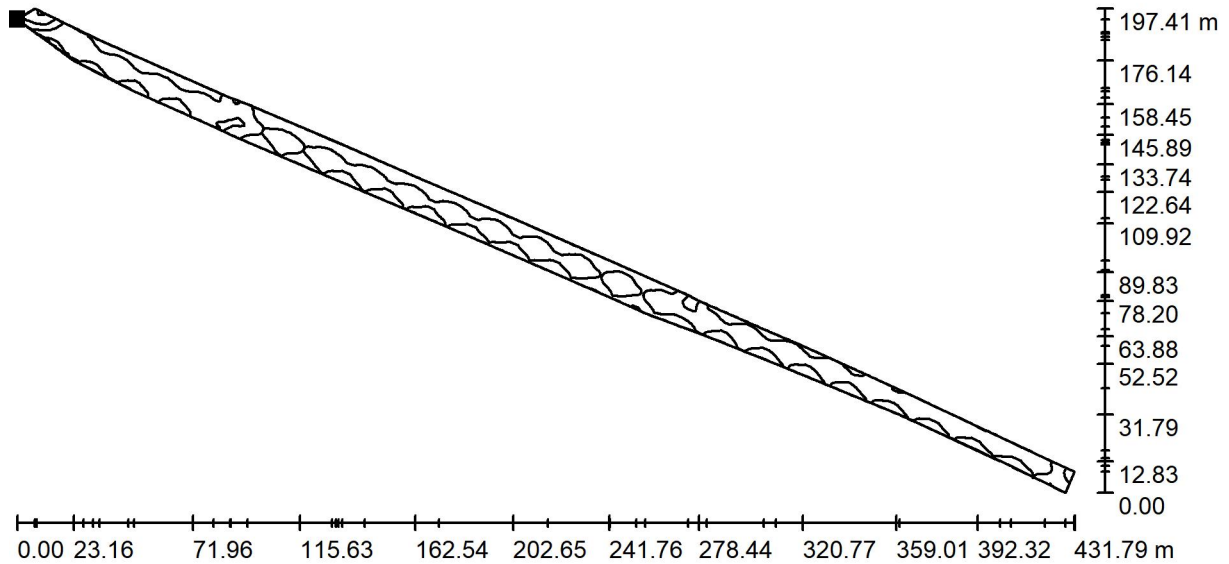
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
18	5.40	40	0.307	0.136



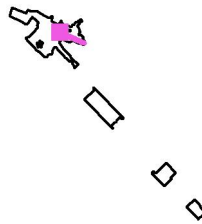
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / ScalCalleSanJuan / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 3087

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(-1381.339 m, 2121.908 m, 0.850 m)



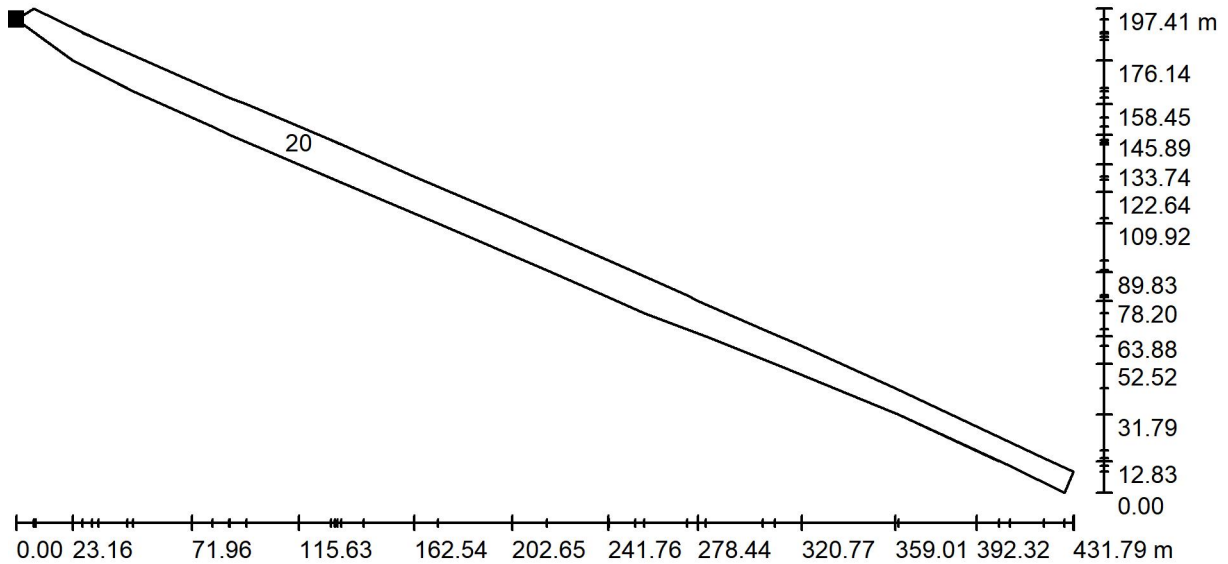
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	6.20	55	0.291	0.113



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

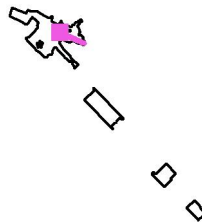
Escena exterior 1 / ScalcCalleSanJuan / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 3087

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(-1381.339 m, 2121.908 m, 0.850 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
21	6.20	55	0.291	0.113

Municipio completo

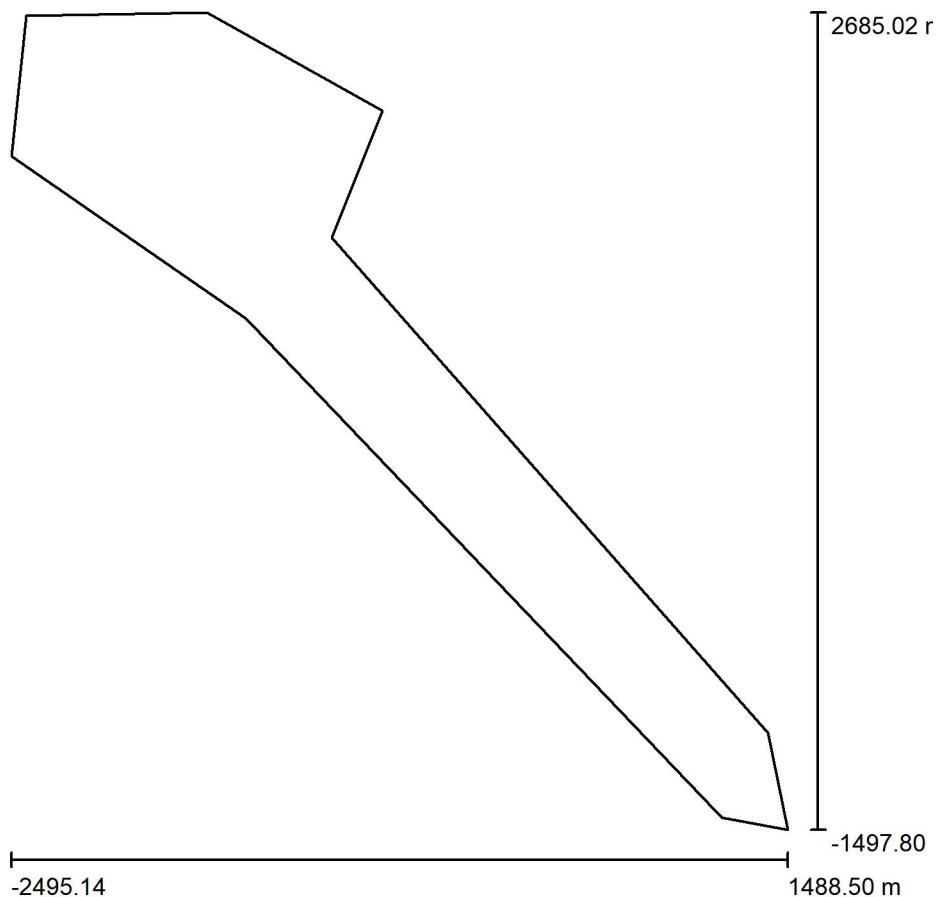
Contacto:
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 01.07.2019
Proyecto elaborado por:



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.76

Escala 1:38772

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11 (1.000)	1296	1800	14.4
2	161	PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50 (1.000)	528	600	5.5
3	100	PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM (1.000)	4642	5046	36.0
4	10	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 (1.000)	890	1000	8.7
5	46	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DX50 (1.000)	880	1000	8.7

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Datos de planificación

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
6	14	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10 (1.000)	1218	1400	11.6
7	23	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50 (1.000)	1232	1400	11.6
8	9	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED16-4S/830 DW50 (1.000)	1392	1600	13.2
9	8	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX10 (1.000)	1566	1800	15.0
10	17	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX50 (1.000)	1584	1800	15.0
11	64	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED24-4S/740 DX10 (1.000)	2088	2400	16.2
12	102	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/757 DX10 (1.000)	2349	2700	17.2
13	19	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50 (1.000)	2349	2700	21.0
14	6	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10 (1.000)	2730	3000	23.5
15	166	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DX10 (1.000)	2958	3400	21.5
16	7	PHILIPS BGP615 T25 1 xLED44-4S/740 DW10 (1.000)	4004	4400	28.0
17	89	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED119-4S/740 DW52 (1.000)	10440	12000	75.0
18	140	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50 (1.000)	3520	4000	33.0
19	21	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED45-4S/830 DX50 (1.000)	3915	4500	37.5
20	160	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED50-4S/740 DW50 (1.000)	4350	5000	31.0
21	16	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED59-4S/757 DX10 (1.000)	5220	6000	36.5
22	41	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED69-4S/757 DW50 (1.000)	6090	7000	43.0
23	20	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM33 (1.000)	6808	7400	46.0
24	35	PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 (1.000)	6960	8000	67.0
25	72	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DW52 (1.000)	8900	10000	59.0
26	27	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/830 DX50 (1.000)	11310	13000	98.0
27	19	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED60-4S/830 DX50 (1.000)	5280	6000	44.5
28	26	PHILIPS BGP623 T25 1 xLED70-4S/757 DX10 (1.000)	6090	7000	41.5
29	11	PHILIPS BGP630 T25 1 xLED80-4S/740 DM32 (1.000)	7120	8000	47.5
30	154	PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33 (1.000)	4984	5600	42.5
31	4	PHILIPS BGS451 1xECO28-2S/740 LPO (1.000)	2236	2830	27.2
32	8	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50 (1.000)	1260	1800	14.4
33	67	PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED32-4S/830 DS50 (1.000)	2208	3200	25.0

34 19 PHILIPS BSP794 MK-WH GF T25 1
xLED41-4S/830 DS50 (1.000)

2542


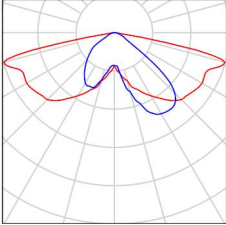
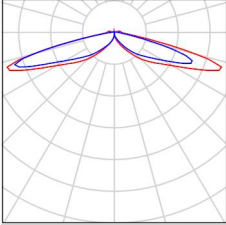

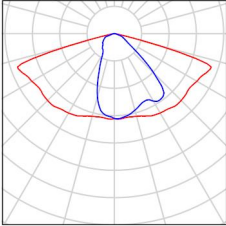
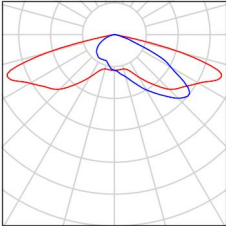

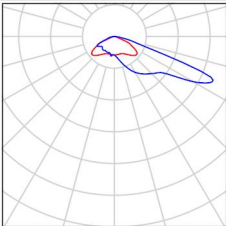
4100 32.5

Total: 6830969

Total: 7834420 54077.7

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

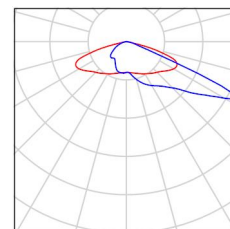
Escena exterior 1 / Lista de luminarias

2 Pieza	<p>PHILIPS BDP794 MK-BK FG T25 1 xLED18-4S/830 DM11 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 1296 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm Potencia de las luminarias: 14.4 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 35 71 96 100 72 Lámpara: 1 x LED18-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>		
161 Pieza	<p>PHILIPS BDS100 T25 1 xLED6-4S/830 DS50 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 528 lm Flujo luminoso (Lámparas): 600 lm Potencia de las luminarias: 5.5 W Clasificación luminarias según CIE: 97 Código CIE Flux: 09 34 83 97 88 Lámpara: 1 x LED6-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
100 Pieza	<p>PHILIPS BGP382 1xGRN50/830 DM N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 4642 lm Flujo luminoso (Lámparas): 5046 lm Potencia de las luminarias: 36.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 43 77 98 100 92 Lámpara: 1 x GRN50/830/- (Factor de corrección 1.000).</p>		
10 Pieza	<p>PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DW52 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 890 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1000 lm Potencia de las luminarias: 8.7 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 25 62 96 100 89 Lámpara: 1 x LED10-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
46 Pieza	<p>PHILIPS BGP615 T25 1 xLED10-4S/830 DX50 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 880 lm Flujo luminoso (Lámparas): 1000 lm Potencia de las luminarias: 8.7 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 27 63 96 100 88 Lámpara: 1 x LED10-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>		

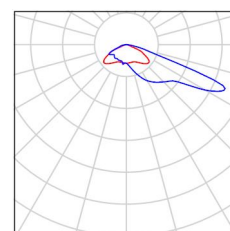
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

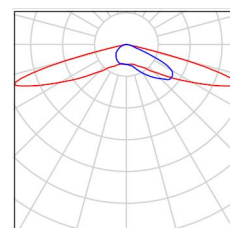
14 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1218 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1400 lm
Potencia de las luminarias: 11.6 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 63 96 100 87
Lámpara: 1 x LED14-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



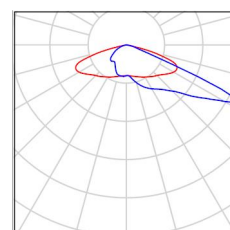
23 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED14-4S/830 DX50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1232 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1400 lm
Potencia de las luminarias: 11.6 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 27 63 96 100 88
Lámpara: 1 x LED14-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



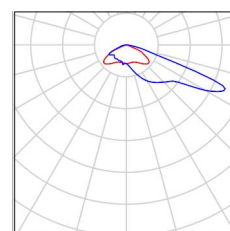
9 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED16-4S/830 DW50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1392 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1600 lm
Potencia de las luminarias: 13.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 23 59 95 100 87
Lámpara: 1 x LED16-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



8 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1566 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm
Potencia de las luminarias: 15.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 63 96 100 87
Lámpara: 1 x LED18-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



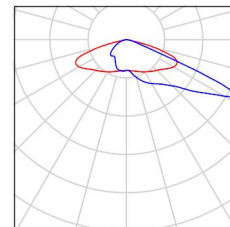
17 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED18-4S/830 DX50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1584 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm
Potencia de las luminarias: 15.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 27 63 96 100 88
Lámpara: 1 x LED18-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



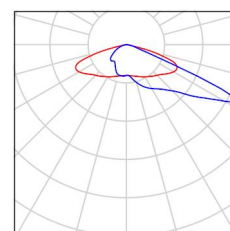
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

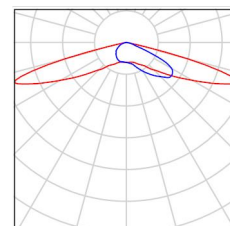
64 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED24-4S/740 DX10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2088 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm
Potencia de las luminarias: 16.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 63 96 100 87
Lámpara: 1 x LED24-4S/740 (Factor de corrección 1.000).



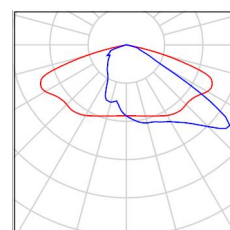
102 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/757 DX10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2349 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2700 lm
Potencia de las luminarias: 17.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 63 96 100 87
Lámpara: 1 x LED27-4S/757 (Factor de corrección 1.000).



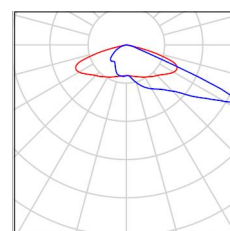
19 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED27-4S/830 DW50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2349 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2700 lm
Potencia de las luminarias: 21.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 23 59 95 100 87
Lámpara: 1 x LED27-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



6 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED30-4S/830 DW10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2730 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3000 lm
Potencia de las luminarias: 23.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 34 73 97 100 91
Lámpara: 1 x LED30-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



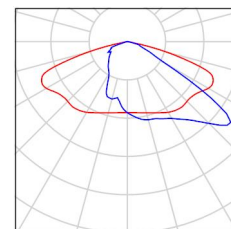
166 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED34-4S/740 DX10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2958 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3400 lm
Potencia de las luminarias: 21.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 28 63 96 100 87
Lámpara: 1 x LED34-4S/740 (Factor de corrección 1.000).



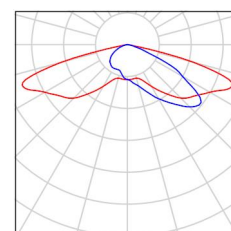
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

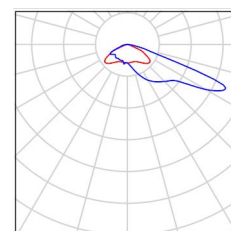
- 7 Pieza PHILIPS BGP615 T25 1 xLED44-4S/740 DW10
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 4004 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4400 lm
Potencia de las luminarias: 28.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 34 73 97 100 91
Lámpara: 1 x LED44-4S/740 (Factor de corrección 1.000).



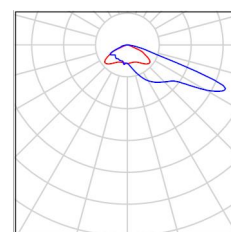
- 89 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED119-4S/740 DW52
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 10440 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 12000 lm
Potencia de las luminarias: 75.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 25 62 96 100 87
Lámpara: 1 x LED119-4S/740 (Factor de corrección 1.000).
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



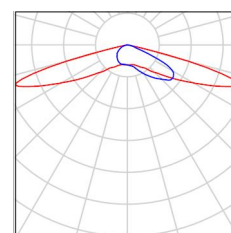
- 140 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED40-4S/830 DX50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3520 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4000 lm
Potencia de las luminarias: 33.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 27 63 96 100 88
Lámpara: 1 x LED40-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



- 21 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED45-4S/830 DX50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 3915 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4500 lm
Potencia de las luminarias: 37.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 27 63 96 100 88
Lámpara: 1 x LED45-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



- 160 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED50-4S/740 DW50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 4350 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 5000 lm
Potencia de las luminarias: 31.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 23 59 95 100 87
Lámpara: 1 x LED50-4S/740 (Factor de corrección 1.000).






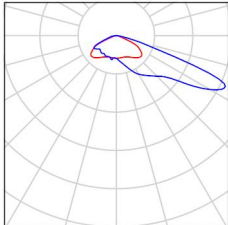

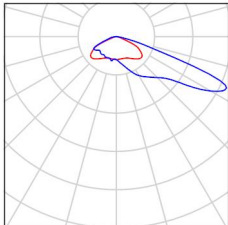

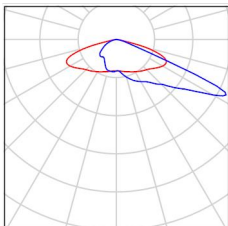
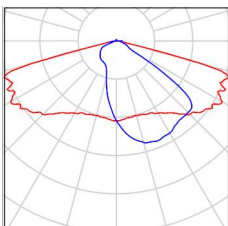
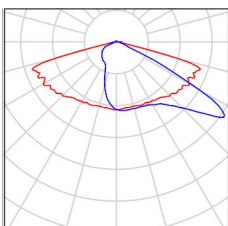
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

16 Pieza	<p>PHILIPS BGP621 T25 1 xLED59-4S/757 DX10 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 5220 lm Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm Potencia de las luminarias: 36.5 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 28 63 96 100 87 Lámpara: 1 x LED59-4S/757 (Factor de corrección 1.000).</p>		
41 Pieza	<p>PHILIPS BGP621 T25 1 xLED69-4S/757 DW50 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 6090 lm Flujo luminoso (Lámparas): 7000 lm Potencia de las luminarias: 43.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 23 59 95 100 87 Lámpara: 1 x LED69-4S/757 (Factor de corrección 1.000).</p>		
20 Pieza	<p>PHILIPS BGP621 T25 1 xLED74-4S/740 DM33 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 6808 lm Flujo luminoso (Lámparas): 7400 lm Potencia de las luminarias: 46.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 35 74 98 100 92 Lámpara: 1 x LED74-4S/740 (Factor de corrección 1.000).</p>		
35 Pieza	<p>PHILIPS BGP621 T25 1 xLED79-4S/830 DW52 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 6960 lm Flujo luminoso (Lámparas): 8000 lm Potencia de las luminarias: 67.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 25 62 96 100 87 Lámpara: 1 x LED79-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
72 Pieza	<p>PHILIPS BGP623 T25 1 xLED100-4S/740 DW52 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 8900 lm Flujo luminoso (Lámparas): 10000 lm Potencia de las luminarias: 59.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 25 61 96 100 89 Lámpara: 1 x LED100-4S/740 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

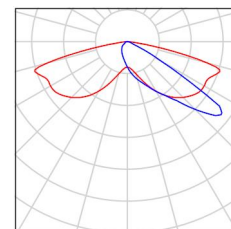
Escena exterior 1 / Lista de luminarias

27 Pieza	<p>PHILIPS BGP623 T25 1 xLED129-4S/830 DX50 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 11310 lm Flujo luminoso (Lámparas): 13000 lm Potencia de las luminarias: 98.0 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 27 62 96 100 87 Lámpara: 1 x LED129-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>		
19 Pieza	<p>PHILIPS BGP623 T25 1 xLED60-4S/830 DX50 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 5280 lm Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm Potencia de las luminarias: 44.5 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 27 62 96 100 88 Lámpara: 1 x LED60-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>		
26 Pieza	<p>PHILIPS BGP623 T25 1 xLED70-4S/757 DX10 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 6090 lm Flujo luminoso (Lámparas): 7000 lm Potencia de las luminarias: 41.5 W Clasificación luminarias según CIE: 100 Código CIE Flux: 28 62 96 100 87 Lámpara: 1 x LED70-4S/757 (Factor de corrección 1.000).</p>		
11 Pieza	<p>PHILIPS BGP630 T25 1 xLED80-4S/740 DM32 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 7120 lm Flujo luminoso (Lámparas): 8000 lm Potencia de las luminarias: 47.5 W Clasificación luminarias según CIE: 99 Código CIE Flux: 34 72 96 99 89 Lámpara: 1 x LED80-4S/740 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	
154 Pieza	<p>PHILIPS BGP635 T25 1 xLED56-4S/830 DM33 N° de artículo: Flujo luminoso (Luminaria): 4984 lm Flujo luminoso (Lámparas): 5600 lm Potencia de las luminarias: 42.5 W Clasificación luminarias según CIE: 99 Código CIE Flux: 32 70 97 99 89 Lámpara: 1 x LED56-4S/830 (Factor de corrección 1.000).</p>	<p>Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.</p>	

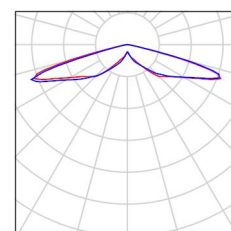
Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Lista de luminarias

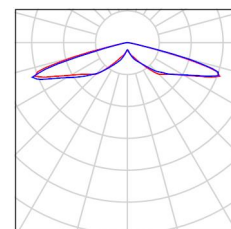
4 Pieza PHILIPS BGS451 1xECO28-2S/740 LPO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2236 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 2830 lm
Potencia de las luminarias: 27.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 25 69 97 100 79
Lámpara: 1 x ECO28-2S/740 (Factor de corrección 1.000).



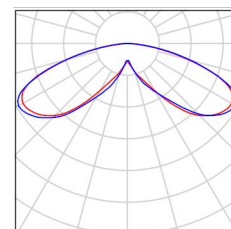
8 Pieza PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED18-4S/830 DS50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 1260 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 1800 lm
Potencia de las luminarias: 14.4 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 14 44 91 100 70
Lámpara: 1 x LED18-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



67 Pieza PHILIPS BSP794 MK-WH FG T25 1 xLED32-4S/830 DS50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2208 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 3200 lm
Potencia de las luminarias: 25.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 14 44 91 100 69
Lámpara: 1 x LED32-4S/830 (Factor de corrección 1.000).



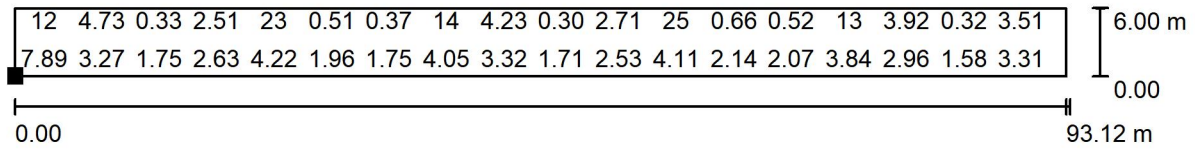
19 Pieza PHILIPS BSP794 MK-WH GF T25 1 xLED41-4S/830 DS50
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 2542 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 4100 lm
Potencia de las luminarias: 32.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 19 57 92 100 62
Lámpara: 1 x LED41-4S/830 (Factor de corrección 1.000).





Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

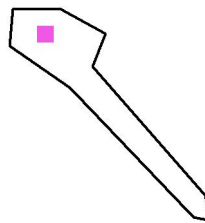
Escena exterior 1 / Cuerpo de extrusión / Superficie 3 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 666

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(-1764.129 m, 2167.725 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 16 Puntos

E_m [lx]
5.22

E_{min} [lx]
0.29

E_{max} [lx]
65

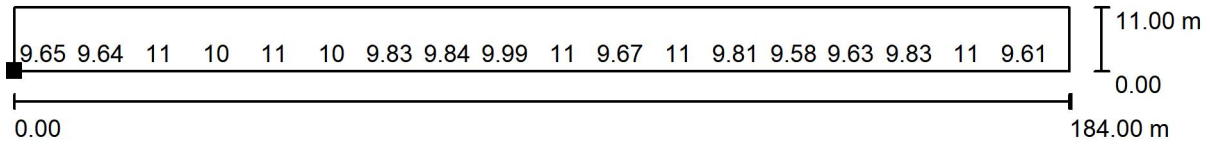
E_{min} / E_m
0.056

E_{min} / E_{max}
0.005



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / Cuerpo de extrusión / Superficie 3 / Gráfico de valores (E)

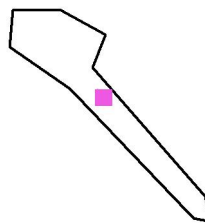


Valores en Lux, Escala 1 : 1316

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:

Punto marcado:
(-616.603 m, 930.501 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 32 Puntos

E_m [lx]
9.08

E_{min} [lx]
0.39

E_{max} [lx]
66

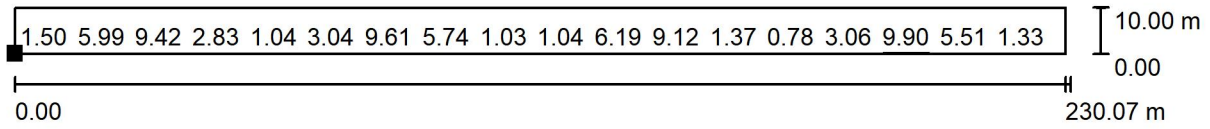
E_{min} / E_m
0.043

E_{min} / E_{max}
0.006



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

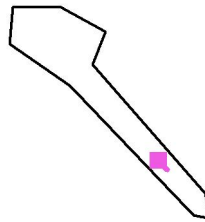
Escena exterior 1 / Cuerpo de extrusión / Superficie 4 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 1645

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(468.817 m, -366.043 m, 0.000 m)



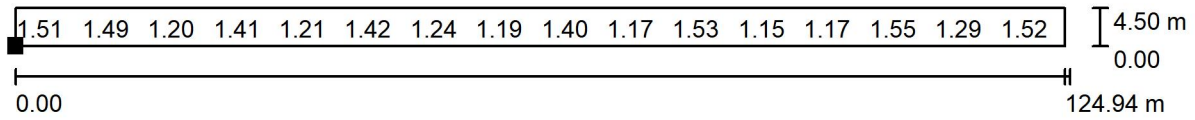
Trama: 128 x 8 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
2.46	0.00	9.90	0.000	0.000



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

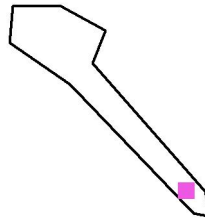
Escena exterior 1 / Cuerpo de extrusión / Superficie 3 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 894

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(1018.599 m, -1003.875 m, 0.000 m)



Trama: 64 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1.37	0.56	3.33	0.408	0.168

Anejo V Instalación eléctrica

En este anejo se muestran los detalles de la instalación del cuadro 1 únicamente por motivos de espacio.

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	6
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	9
10.- CÁLCULOS.....	10
10.1.- Sección de las líneas.....	10
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	11
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	12
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	12
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	18
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	18
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	19
12.1.- Calidad de los materiales.....	19
12.1.1.- Generalidades.....	19
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	19
12.1.3.- Conductores de neutro.....	19
12.1.4.- Conductores de protección.....	19
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	20
12.1.6.- Tubos protectores.....	20
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	20
12.2.1.- Colocación de tubos.....	20
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	21
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	22
12.2.4.- Aparatos de protección.....	22
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	25
12.2.6.- Red equipotencial.....	26
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	26
12.2.8.- Alumbrado.....	27
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	27
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	27

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	27
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	28
12.5.- Certificados y documentación.....	28
12.6.- Libro de órdenes.....	28
13.- MEDICIONES.....	29
14.- TABLA RESUMEN DE DIMENSIONADO.....	30



1.- OBJETO DEL PROYECTO

Diseño de la instalación eléctrica del Alumbrado Público de La Gineta

2.- TITULAR

Nombre: Carlos Massó García

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La Gineta (Albacete)

Cp: 02110

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
Cuadro-1	8.48
Potencia total demandada	8.48



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	varios	0.043	70	8.48	8.48
	C-4	0.038	21		
	C-3	0.037	16		
	varios	0.031	75		
	C-4	0.028	7		
	C-2	0.016	64		
	C-6	0.013	9		
	C-5	0.009	46		
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	8.48	0.96	20.0	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Linea1	T	3.92	0.95	1350.4	ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Linea2	T	3.74	0.95	2208.0	ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Linea3	M	0.82	1.00	343.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Linea1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Linea2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Linea3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 50 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Tres picas en línea	l = 2 m	50 Ohm·m



Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- I_n : Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- U_f : Tensión simple en V
- U_l : Tensión compuesta en V
- $\cos(\varphi)$: Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$



Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	8.48	0.96	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10	103.0	12.8	0.16	0.16
Linea1	T	3.92	0.95	1350.4	RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10	103.0	6.0	2.43	2.58
Linea2	T	3.74	0.95	2208.0	RZ1 0.6/1 kV 3 x 25 + 2G 16	131.8	5.7	2.39	2.55
Linea3	M	0.82	1.00	343.0	RZ1 0.6/1 kV 2 x 6 + 1 G 16	72.5	3.5	2.06	2.22

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Linea1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Linea2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Linea3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 50 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	I _{uso} (A)	Protecciones	I _z (A)	I _{tc} (A)	1.45 x I _z (A)
Esquema eléctrico	8.48	T	12.8	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; I _{cu} : 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	103.0	81.9	149.4
Linea1	3.92	T	6.0	ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; I _{cu} : 6 kA; Tipo C; Categoría 3	103.0	8.7	149.4
Linea2	3.74	T	5.7	ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; I _{cu} : 6 kA; Tipo C; Categoría 3	131.8	8.7	191.2



Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Linea3	0.82	M	3.5	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	72.5	8.7	105.1

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	16.0	16.0	12.0 1.9	< 0.1 0.59	- 0.02
Linea1	T	ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.8 0.0	0.23 >= 5	0.10 4.03
Linea2	T	ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.8 0.0	0.55 >= 5	0.10 4.54
Linea3	M	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	1.9 0.1	0.21 >= 5	0.10 0.10

REGULACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las siguientes protecciones tendrán que ser reguladas a las posiciones indicadas a continuación para cumplir las condiciones de sobrecarga y cortocircuito ya establecidas:

Esquemas	Tipo	Protecciones	Regulaciones
Esquema eléctrico	T	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	Ir = 1 x In

siendo:

- Ir = intensidad regulada de disparo en sobrecarga.

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán tres picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.14 \cdot \left(\frac{25.00}{3} \right) = 9.5 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 3.19 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	I _{def} (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	12.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	37.303	0.300
Linea1	T	6.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	37.303	0.300
Linea2	T	5.7	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	37.303	0.300
Linea3	M	3.5	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)	37.303	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- I_{def} = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.



Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	12.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.148
Línea1	T	6.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.051
Línea2	T	5.7	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.083
Línea3	M	3.5	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.007

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atraviere partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.



Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.



Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de



los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.



Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.



Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.



Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Está limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen



1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férricos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.



Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.



El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	10240.5
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	1370.4
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm ² . Unipolar	6623.8
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	685.9

Medición de canalizaciones

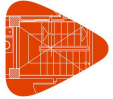
Material	Longitud (m)
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 90 mm	2227.95
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	1350.4
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 50 mm	342.95

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
ABB S260 Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	2
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	1

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	3
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I) Bipolar	1

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1



14.- TABLA RESUMEN DE DIMENSIONADO

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	6
9.2.- Caída de tensión.....	7
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	9
10.- CÁLCULOS.....	10
10.1.- Sección de las líneas.....	10
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	11
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	12
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	12
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	21
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	22
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	23
12.1.- Calidad de los materiales.....	23
12.1.1.- Generalidades.....	23
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	23
12.1.3.- Conductores de neutro.....	23
12.1.4.- Conductores de protección.....	23
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	23
12.1.6.- Tubos protectores.....	24
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	24
12.2.1.- Colocación de tubos.....	24
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	25
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	26
12.2.4.- Aparatos de protección.....	26
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	29
12.2.6.- Red equipotencial.....	30
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	30
12.2.8.- Alumbrado.....	31
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	31
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	31

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	31
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	32
12.5.- Certificados y documentación.....	32
12.6.- Libro de órdenes.....	32
13.- MEDICIONES.....	33



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 2	7.65
Potencia total demandada	7.65



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	C-6	0.042	13	7.65	7.65
	C-3	0.025	67		
	varios	0.022	166		
	varios	0.017	54		
	C-5	0.012	10		
	C-4	0.006	123		
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	7.65	0.95	20.0	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.) Contadores Contador de activa IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	3.23	0.95	1393.4	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 2	T	1.84	0.95	1015.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Línea 3	T	1.92	0.95	982.2	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 4	M	0.66	0.95	402.9	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 4	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m



Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia



9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t. en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
 - Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	7.65	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	11.6	0.22	0.22
Línea 1	T	3.23	0.95	1393.4	RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10	100.0	4.9	2.06	2.28
Línea 2	T	1.84	0.95	1015.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	2.8	1.36	1.59
Línea 3	T	1.92	0.95	982.2	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	2.9	1.37	1.60
Línea 4	M	0.66	0.95	402.9	RZ1 0.6/1 kV 2 x 6 + 1 G 16	72.5	3.0	1.96	2.18



Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.80
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 4	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:



Cuadro general de distribución
Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	Itc (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	7.65	T	11.6	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	79.1	81.9	114.7
Línea 1	3.23	T	4.9	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	100.0	8.7	145.0
Línea 2	1.84	T	2.8	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7
Línea 3	1.92	T	2.9	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7
Línea 4	0.66	M	3.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	72.5	8.7	105.1

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	16.0	16.0	12.0 1.8	< 0.1 0.65	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.0	0.41 >= 5	0.10 4.59
Línea 2	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.0	0.16 >= 5	0.10 2.93
Línea 3	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.0	0.16 >= 5	0.10 2.57
Línea 4	M	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	1.8 0.1	0.23 >= 5	0.10 0.10

REGULACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las siguientes protecciones tendrán que ser reguladas a las posiciones indicadas a continuación para cumplir las condiciones de sobrecarga y cortocircuito ya establecidas:

Esquemas	Tipo	Protecciones	Regulaciones
Esquema eléctrico	T	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	Ir = 1 x In

siendo:

- Ir = intensidad regulada de disparo en sobrecarga.

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 2.85 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm



11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	11.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	39.496	0.300
Línea 1	T	4.9	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	39.496	0.300
Línea 2	T	2.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	39.496	0.300
Línea 3	T	2.9	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	39.496	0.300
Línea 4	M	3.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)	39.496	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	11.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.144
Línea 1	T	4.9	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.053
Línea 2	T	2.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.038
Línea 3	T	2.9	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.037
Línea 4	M	3.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.009



12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.



12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último



sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100



y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.



Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.



Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0.05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por



dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.



12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.



12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	9462.3
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	7993.6
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	805.9

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 90 mm	20
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	3390.6
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	402.93

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	3
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	1

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	4
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I) Bipolar	1

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	6
9.2.- Caída de tensión.....	7
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	9
10.- CÁLCULOS.....	10
10.1.- Sección de las líneas.....	10
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	11
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	12
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	12
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	18
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	18
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	19
12.1.- Calidad de los materiales.....	19
12.1.1.- Generalidades.....	19
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	19
12.1.3.- Conductores de neutro.....	20
12.1.4.- Conductores de protección.....	20
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	20
12.1.6.- Tubos protectores.....	20
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	20
12.2.1.- Colocación de tubos.....	20
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	22
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	22
12.2.4.- Aparatos de protección.....	22
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	25
12.2.6.- Red equipotencial.....	26
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	26
12.2.8.- Alumbrado.....	27
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	28
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	28

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	28
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	28
12.5.- Certificados y documentación.....	28
12.6.- Libro de órdenes.....	29
13.- MEDICIONES.....	30



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 3	9.09
Potencia total demandada	9.09



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	C-1	0.067	35	9.09	9.09
	C-7	0.048	11		
	C-2	0.045	19		
	C-5	0.043	5		
	C-2	0.031	85		
	C-3	0.024	6		
	C-2	0.022	13		
	varios	0.021	26		
	varios	0.017	42		
	C-3	0.015	8		
	C-4	0.014	8		
	varios	0.012	23		
	C-6	0.009	10		
C-5	0.006	38			
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	9.09	0.95	20.0	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	3.21	0.95	1470.7	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Línea 2	M	0.69	0.95	342.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 2 x 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 3	T	3.68	0.96	1047.1	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 4	T	1.51	0.95	739.3	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 4	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m



Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Dos picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia



9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t. en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

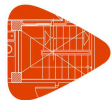
Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
 - Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	9.09	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	13.8	0.27	0.27
Línea 1	T	3.21	0.95	1470.7	RZ1 0.6/1 kV 3 x 25 + 2G 16	131.8	4.9	1.37	1.63
Línea 2	M	0.69	0.95	342.0	RZ1 0.6/1 kV 2 x 6 + 1 G 16	72.5	3.1	1.73	2.00
Línea 3	T	3.68	0.96	1047.1	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	5.6	2.81	3.08
Línea 4	T	1.51	0.95	739.3	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	2.3	0.81	1.08



Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 4	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:



Cuadro general de distribución
Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	Itc (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	9.09	T	13.8	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	79.1	81.9	114.7
Línea 1	3.21	T	4.9	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	131.8	8.7	191.2
Línea 2	0.69	M	3.1	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	72.5	8.7	105.1
Línea 3	3.68	T	5.6	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7
Línea 4	1.51	T	2.3	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	16.0	16.0	12.0 1.8	< 0.1 0.65	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.1	1.01 >= 5	0.10 0.10
Línea 2	M	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	1.8 0.1	0.23 >= 5	0.10 0.10
Línea 3	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.0	0.16 >= 5	0.10 3.32
Línea 4	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.1	0.16 >= 5	0.10 0.10

REGULACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las siguientes protecciones tendrán que ser reguladas a las posiciones indicadas a continuación para cumplir las condiciones de sobrecarga y cortocircuito ya establecidas:

Esquemas	Tipo	Protecciones	Regulaciones
Esquema eléctrico	T	Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.)	Ir = 1 x In

siendo:

- Ir = intensidad regulada de disparo en sobrecarga.

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 4.64 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$



Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	13.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	30.224	0.300
Línea 1	T	4.9	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	30.224	0.300
Línea 2	M	3.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)	30.224	0.300
Línea 3	T	5.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	30.224	0.300
Línea 4	T	2.3	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	30.224	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	13.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.136
Línea 1	T	4.9	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.055
Línea 2	M	3.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.007
Línea 3	T	5.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.039
Línea 4	T	2.3	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.028

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.



12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.



Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o



"tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.



Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".



Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.



Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- V_c: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- I_s: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.



Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Está limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.



Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.



Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.



12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	7225.9
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	5089.8
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm ² . Unipolar	4412.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	684.0

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 90 mm	1490.67
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	2128.45

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Legrand Lexic DPX-E 125 In: 63 A; Un: 240 ÷ 500 V; Icu: 8 ÷ 22 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	3
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Bipolar	1

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	4
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 230 V; Id: 300 mA; (I) Bipolar	1

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	6
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	8
10.- CÁLCULOS.....	9
10.1.- Sección de las líneas.....	9
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	10
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	11
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	11
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	14
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	14
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	15
12.1.- Calidad de los materiales.....	15
12.1.1.- Generalidades.....	15
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	15
12.1.3.- Conductores de neutro.....	15
12.1.4.- Conductores de protección.....	16
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	16
12.1.6.- Tubos protectores.....	16
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	16
12.2.1.- Colocación de tubos.....	16
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	18
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	18
12.2.4.- Aparatos de protección.....	18
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	21
12.2.6.- Red equipotencial.....	22
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	22
12.2.8.- Alumbrado.....	23
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	24
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	24

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	24
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	24
12.5.- Certificados y documentación.....	24
12.6.- Libro de órdenes.....	25
13.- MEDICIONES.....	26



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

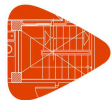
Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 4	6.76
Potencia total demandada	6.76



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	C-3	0.098	27	6.76	6.76
	varios	0.046	20		
	varios	0.043	34		
	varios	0.033	37		
	C-2	0.027	4		
	C-4	0.017	6		
	C-2	0.015	17		
C-3	0.012	4			
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	6.76	0.95	20.0	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	3.31	0.95	774.6	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 2	T	1.41	0.95	567.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Línea 3	T	2.04	0.95	988.4	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0,6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Dos picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN



Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t. en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$



Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha (T_{\max} - 20)]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \cdot \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha (T - 20)]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha (T_0 - 20)]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	6.76	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	59.3	10.3	0.33	0.33
Línea 1	T	3.31	0.95	774.6	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	5.0	1.87	2.20
Línea 2	T	1.41	0.95	567.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	59.3	2.1	0.98	1.31
Línea 3	T	2.04	0.95	988.4	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	3.1	1.47	1.80

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Línea 3	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P_{Calc} = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	I _{uso} (A)	Protecciones	I _z (A)	I _{tc} (A)	1.45 x I _z (A)
Esquema eléctrico	6.76	T	10.3	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; I _{cu} : 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	59.3	20.8	86.0
Línea 1	3.31	T	5.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; I _{cu} : 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7
Línea 2	1.41	T	2.1	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; I _{cu} : 6 kA; Tipo C; Categoría 3	59.3	8.7	86.0



Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Línea 3	2.04	T	3.1	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	T _{cable} CC máx CC mín (s)	T _p CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	12.0 1.2	< 0.1 0.51	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	2.4 0.1	0.36 >= 5	0.10 0.10
Línea 2	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	2.4 0.1	0.13 >= 5	0.10 2.42
Línea 3	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	2.4 0.0	0.36 >= 5	0.10 2.78

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 8.04 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$



Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	10.3	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	20.923	0.300
Línea 1	T	5.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	20.923	0.300
Línea 2	T	2.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	20.923	0.300
Línea 3	T	3.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	20.923	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	10.3	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.089
Línea 1	T	5.0	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.029
Línea 2	T	2.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.021
Línea 3	T	3.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.037

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las



corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.



Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobrecargas

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobrecargas (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.



Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.



Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.



Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.



Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Está limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.



Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.



Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.



12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	2348.1
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	2350.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	7051.9

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	2350.01

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	3

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	4

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	5
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	5
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	8
10.- CÁLCULOS.....	9
10.1.- Sección de las líneas.....	9
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	10
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	11
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	11
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	13
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	13
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	14
12.1.- Calidad de los materiales.....	14
12.1.1.- Generalidades.....	14
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	14
12.1.3.- Conductores de neutro.....	14
12.1.4.- Conductores de protección.....	15
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	15
12.1.6.- Tubos protectores.....	15
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	15
12.2.1.- Colocación de tubos.....	15
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	17
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	17
12.2.4.- Aparatos de protección.....	17
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	20
12.2.6.- Red equipotencial.....	21
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	21
12.2.8.- Alumbrado.....	22
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	23
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	23

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	23
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	23
12.5.- Certificados y documentación.....	23
12.6.- Libro de órdenes.....	24
13.- MEDICIONES.....	25



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobretensiones.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobretensiones.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobretensiones.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 11	6.44
Potencia total demandada	6.44



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	varios varios	0.075 0.059	45 52	6.44	6.44
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	6.44	0.95	20.0	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	3.51	0.95	2018.1	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 2	T	2.94	0.95	1517.9	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - Tª: 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - Tª: 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - Tª: 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Dos picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$



En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t. en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

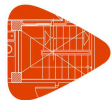
Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	6.44	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10	103.0	9.8	0.12	0.12
Línea 1	T	3.51	0.95	2018.1	RZ1 0.6/1 kV 3 x 25 + 2G 16	131.8	5.3	2.05	2.17
Línea 2	T	2.94	0.95	1517.9	RZ1 0.6/1 kV 3 x 25 + 2G 16	131.8	4.5	1.29	1.41

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	6.44	T	9.8	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	103.0	20.8	149.4
Línea 1	3.51	T	5.3	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	131.8	8.7	191.2
Línea 2	2.94	T	4.5	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	131.8	8.7	191.2



Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	12.0 1.9	< 0.1 0.59	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.8 0.0	0.55 >= 5	0.10 3.15
Línea 2	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	4.8 0.1	0.55 >= 5	0.10 0.10

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 11.71 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$



Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	9.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	15.698	0.300
Línea 1	T	5.3	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	15.698	0.300
Línea 2	T	4.5	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	15.698	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	9.8	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.134
Línea 1	T	5.3	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.076
Línea 2	T	4.5	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.057

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:



- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos



rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.



Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobrintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobrintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.



Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.



Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.



Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- V_c: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- I_s: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.



Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Está limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.



Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.



Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

**12.6.- Libro de órdenes**

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	7152.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	20.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm ² . Unipolar	10608.0

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 90 mm	3556

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	2

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	3

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	5
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	5
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	8
10.- CÁLCULOS.....	9
10.1.- Sección de las líneas.....	9
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	10
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	11
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	11
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	16
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	16
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	17
12.1.- Calidad de los materiales.....	17
12.1.1.- Generalidades.....	17
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	17
12.1.3.- Conductores de neutro.....	17
12.1.4.- Conductores de protección.....	18
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	18
12.1.6.- Tubos protectores.....	18
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	18
12.2.1.- Colocación de tubos.....	18
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	20
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	20
12.2.4.- Aparatos de protección.....	20
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	23
12.2.6.- Red equipotencial.....	24
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	24
12.2.8.- Alumbrado.....	25
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	26
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	26

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	26
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	26
12.5.- Certificados y documentación.....	26
12.6.- Libro de órdenes.....	27
13.- MEDICIONES.....	28



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 12	4.39
Potencia total demandada	4.39



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	C-2	0.075	46	4.39	4.39
	C-1	0.059	16		
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	4.39	0.95	20.0	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	0.94	0.95	888.5	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 2	T	3.45	0.95	1735.0	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 25 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - Tª: 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - Tª: 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - Tª: 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m
Dos picas en línea	l = 2 m	500 Ohm·m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.



1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	4.39	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	6.7	0.13	0.13
Línea 1	T	0.94	0.95	888.5	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	1.4	0.61	0.74
Línea 2	T	3.45	0.95	1735.0	RZ1 0.6/1 kV 3 x 25 + 2G 16	131.8	5.2	1.73	1.86

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

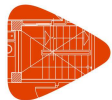
- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	4.39	T	6.7	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	79.1	20.8	114.7
Línea 1	0.94	T	1.4	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7
Línea 2	3.45	T	5.2	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	131.8	8.7	191.2



Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	12.0 1.8	< 0.1 0.65	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.1	0.16 >= 5	0.10 1.71
Línea 2	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.1	1.01 >= 5	0.10 1.72

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 4.94 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$



Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	6.7	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	29.089	0.300
Línea 1	T	1.4	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	29.089	0.300
Línea 2	T	5.2	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	29.089	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	6.7	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.100
Línea 1	T	1.4	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.033
Línea 2	T	5.2	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.065

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:



- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos



rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.



Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobrecargas

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobrecargas (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.



Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.



Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.



Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- V_c: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- I_s: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.



Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima el suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.



Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.



Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.



12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	3634.2
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	4378.5
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 25 mm ² . Unipolar	5205.0

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 90 mm	1755
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	888.54

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	2

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	3

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Línea general.....	4
7.3.- Cuadro general de distribución.....	5
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	6
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	9
10.- CÁLCULOS.....	10
10.1.- Sección de las líneas.....	10
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	11
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	12
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	12
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	22
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	22
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	23
12.1.- Calidad de los materiales.....	23
12.1.1.- Generalidades.....	23
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	23
12.1.3.- Conductores de neutro.....	23
12.1.4.- Conductores de protección.....	24
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	24
12.1.6.- Tubos protectores.....	24
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	24
12.2.1.- Colocación de tubos.....	24
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	26
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	26
12.2.4.- Aparatos de protección.....	26
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	29
12.2.6.- Red equipotencial.....	30
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	30
12.2.8.- Alumbrado.....	31
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	32

ÍNDICE

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	32
12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	32
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	32
12.5.- Certificados y documentación.....	32
12.6.- Libro de órdenes.....	32
13.- MEDICIONES.....	33



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 13	4.03
Potencia total demandada	4.03



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	C-1	0.033	122	4.03	4.03
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16

7.2.- Línea general

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	4.03	0.95	20.0	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Esquema eléctrico	T	4.03	0.95	20.0	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W



Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- I_n : Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- U_f : Tensión simple en V
- U_l : Tensión compuesta en V
- $\cos(\varphi)$: Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$



Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Línea general

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	4.03	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	59.3	6.1	0.2	0.20
Esquema eléctrico	T	4.03	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	59.3	6.1	0.1	0.30

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



Cuadro general de distribución

No existen

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

No existen

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P_{Calc} = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc \text{ máx}}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc \text{ máx}}: T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc \text{ mín}}: T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:



Línea general Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	4.03	T	6.1	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	59.3	20.8	86.0
Esquema eléctrico	4.03	T	6.1	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	59.3	14.5	86.0

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	T _{cable} CC máx CC mín (s)	T _p CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	12.0 1.2	< 0.1 0.51	- 0.02
Esquema eléctrico	T	EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	2.4 0.7	0.13 1.66	0.10 0.10

Cuadro general de distribución

No existen

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 2.52 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$



Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	6.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	41.873	0.300
Esquema eléctrico	T	6.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	41.873	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	6.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.002
Esquema eléctrico	T	6.1	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.001

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.



12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción



ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto



de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.



Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.



La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- V_c: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- I_s: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima el suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de



mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férricos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.



Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.



12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	160.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	40.0

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	40

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
Siemens 3VF3 In: 16 A; Un: 240 ÷ 415 V; Icu: 25 ÷ 40 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 10 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	1

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	2

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Línea general.....	4
7.3.- Cuadro general de distribución.....	5
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	5
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	5
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	8
10.- CÁLCULOS.....	9
10.1.- Sección de las líneas.....	9
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	10
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	11
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	11
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	17
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	17
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	18
12.1.- Calidad de los materiales.....	18
12.1.1.- Generalidades.....	18
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	18
12.1.3.- Conductores de neutro.....	18
12.1.4.- Conductores de protección.....	19
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	19
12.1.6.- Tubos protectores.....	19
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	19
12.2.1.- Colocación de tubos.....	19
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	21
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	21
12.2.4.- Aparatos de protección.....	21
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	24
12.2.6.- Red equipotencial.....	25
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	25
12.2.8.- Alumbrado.....	26
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	27

ÍNDICE

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	27
12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	27
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	27
12.5.- Certificados y documentación.....	27
12.6.- Libro de órdenes.....	27
13.- MEDICIONES.....	28



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 14	3.05
Potencia total demandada	3.05



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	C-1	0.043	71	3.05	3.05
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16

7.2.- Línea general

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	3.05	0.95	20.0	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	3.05	0.95	1226.5	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 16 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Esquemas	Tipo de instalación
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C-cm/W
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C-cm/W



7.3.- Cuadro general de distribución

No existen

Canalizaciones

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se harán de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

No existen

8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

La instalación de puesta a tierra de la obra se efectuará de acuerdo con la reglamentación vigente, concretamente lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su Instrucción 18, quedando sujeta a la misma las tomas de tierra y los conductores de protección.

Tipo de electrodo	Geometría	Resistividad del terreno
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Cuatro picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m
Dos picas en línea	$l = 2 \text{ m}$	500 Ohm·m

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.



1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- U_f: Tensión simple en V
- U_l: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
- Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Línea general

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	3.05	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	4.6	0.09	0.09
Línea 1	T	3.05	0.95	1226.5	RZ1 0.6/1 kV 4 G 16 + 1 x 10	103.0	4.6	1.72	1.80

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 90 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



Cuadro general de distribución

No existen

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

No existen

10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P_{Calc} = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc \text{ máx}}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc \text{ máx}}: T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc \text{ mín}}: T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:



Línea general
Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	3.05	T	4.6	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	79.1	20.8	114.7
Línea 1	3.05	T	4.6	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	103.0	8.7	149.4

Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	T _{cable} CC máx CC mín (s)	T _p CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	12.0 1.8	< 0.1 0.65	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	3.6 0.0	0.41 >= 5	0.10 2.74

Cuadro general de distribución

No existen

REGULACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las siguientes protecciones tendrán que ser reguladas a las posiciones indicadas a continuación para cumplir las condiciones de sobrecarga y cortocircuito ya establecidas:

Esquemas	Tipo	Protecciones	Regulaciones
Esquema eléctrico	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	Ir = 1 x In

siendo:

- Ir = intensidad regulada de disparo en sobrecarga.

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- R_e = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 4.38 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$



Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	4.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	31.306	0.300
Línea 1	T	4.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	31.306	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	4.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.047
Línea 1	T	4.6	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.046

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.



12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción



ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto



de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.



Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán construidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.



La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- V_c: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- I_s: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0,05 m por encima el suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de



mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férricos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.



Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reuna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.



12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	1306.5
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	4926.0

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo canalización enterrada(EN/UNE 50086). DN: 90 mm	20
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	1226.49

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	1

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	2

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

ÍNDICE

1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
2.- TITULAR.....	3
3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	3
4.- LEGISLACIÓN APLICABLE.....	3
5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	3
6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN.....	3
7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	4
7.1.- Origen de la instalación.....	4
7.2.- Cuadro general de distribución.....	4
8.- INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	5
9.- FÓRMULAS UTILIZADAS.....	6
9.1.- Intensidad máxima admisible.....	6
9.2.- Caída de tensión.....	6
9.3.- Intensidad de cortocircuito.....	9
10.- CÁLCULOS.....	10
10.1.- Sección de las líneas.....	10
10.2.- Cálculo de las protecciones.....	11
11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA.....	12
11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas.....	12
11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro.....	22
11.3.- Protección contra contactos indirectos.....	22
12.- PLIEGO DE CONDICIONES.....	23
12.1.- Calidad de los materiales.....	23
12.1.1.- Generalidades.....	23
12.1.2.- Conductores eléctricos.....	23
12.1.3.- Conductores de neutro.....	23
12.1.4.- Conductores de protección.....	23
12.1.5.- Identificación de los conductores.....	24
12.1.6.- Tubos protectores.....	24
12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	24
12.2.1.- Colocación de tubos.....	24
12.2.2.- Cajas de empalme y derivación.....	25
12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra.....	26
12.2.4.- Aparatos de protección.....	26
12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo.....	29
12.2.6.- Red equipotencial.....	30
12.2.7.- Instalación de puesta a tierra.....	30
12.2.8.- Alumbrado.....	31
12.3.- Pruebas reglamentarias.....	31
12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra.....	31

ÍNDICE

12.3.2.- Resistencia de aislamiento.....	31
12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	32
12.5.- Certificados y documentación.....	32
12.6.- Libro de órdenes.....	32
13.- MEDICIONES.....	33



1.- OBJETO DEL PROYECTO

2.- TITULAR

Nombre:

Dirección:

C.I.F:

3.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

4.- LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE 20-460-94 Parte 5-523: Intensidades admisibles en los cables y conductores aislados.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- UNE-EN 60947-2: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- UNE-EN 60947-3: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- UNE-EN 60269-1: Fusibles de baja tensión.
- UNE-EN 60898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

5.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados.

Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando, al menos, con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general y para la protección contra sobrecargas.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.

6.- POTENCIA TOTAL PREVISTA PARA LA INSTALACIÓN

La potencia total demandada por la instalación será:

Esquemas	P Demandada (kW)
CUADRO 15	4.25
Potencia total demandada	4.25



Dadas las características de la obra y los consumos previstos, se tiene la siguiente relación de receptores de fuerza, alumbrado y otros usos con indicación de su potencia eléctrica:

Cargas	Denominación	P. Unitaria (kW)	Número	P. Instalada (kW)	P. Demandada (kW)
Motores	-	-	-	-	-
Alumbrado de descarga	-	-	-	-	-
Alumbrado	varios varios	0.043 0.036	15 100	4.25	4.25
Otros usos	-	-	-	-	-

7.- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

7.1.- Origen de la instalación

El origen de la instalación vendrá determinado por una intensidad de cortocircuito en cabecera de: 12 kA
El tipo de línea de alimentación será: RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16

7.2.- Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Dem (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Protecciones Línea
Esquema eléctrico	T	4.25	0.95	20.0	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Contadores Contador de activa
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 6 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 6 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 1	T	2.12	0.95	939.6	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²
Línea 2	T	2.12	0.95	890.6	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)
					RZ1 0.6/1 kV RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 3 x 10 mm ² N: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 10 mm ² P: RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible 16 mm ²



Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior,
- perfil de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado,
- barra de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

CONDUCTORES DE PROTECCIÓN

Los conductores de protección discurrirán por la misma canalización sus correspondientes circuitos y presentarán las secciones exigidas por la Instrucción ITC-BT 18 del REBT.

9.- FÓRMULAS UTILIZADAS

9.1.- Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \varphi}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- P: Potencia en W
- Uf: Tensión simple en V
- Ul: Tensión compuesta en V
- cos(phi): Factor de potencia

9.2.- Caída de tensión

Tipo de instalación: Instalación general.

Tipo de esquema: Desde acometida.

La caída de tensión no superará el siguiente valor:

- Derivación individual: 1,5%

En circuitos interiores de la instalación, la caída de tensión no superará un porcentaje del 3% de la tensión nominal para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto de circuitos, siendo admisible la compensación de caída de tensión junto con las correspondientes derivaciones individuales, de manera que conjuntamente no se supere un porcentaje del 4,5% de la tensión nominal para los circuitos de alumbrado y del 6,5% para el resto de circuitos.

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

1. C.d.t. en servicio monofásico

Despreciando el término de reactancia, dado el elevado valor de R/X, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$



Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

2. C.d.t en servicio trifásico

Despreciando también en este caso el término de reactancia, la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I_n \cdot \cos \varphi$$

Siendo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$



Los valores conocidos de resistencia de los conductores están referidos a una temperatura de 20°C.

Los conductores empleados serán de cobre o aluminio, siendo los coeficientes de variación con la temperatura y las resistividades a 20°C los siguientes:

- Cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{56} \Omega \cdot mm^2 / m$$

- Aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ} C^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}C} = \frac{1}{35} \Omega \cdot mm^2 / m$$

Se establecen tres criterios para la corrección de la resistencia de los conductores y por tanto del cálculo de la caída de tensión, en función de la temperatura a considerar.

Los tres criterios son los siguientes:

a) Considerando la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

En este caso, para calcular la resistencia real del cable se considerará la máxima temperatura que soporta el conductor en condiciones de régimen permanente.

Se aplicará la fórmula siguiente:

$$R_{T_{\max}} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_{\max} - 20) \right]$$

La temperatura 'Tmax' depende de los materiales aislantes y corresponderá con un valor de 90°C para conductores con aislamiento XLPE y EPR y de 70°C para conductores de PVC según tabla 2 de la ITC BT-07 (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

b) Considerando la temperatura máxima prevista de servicio del cable.

Para calcular la temperatura máxima prevista de servicio se considerará que su incremento de temperatura (T) respecto a la temperatura ambiente To (25 °C para cables enterrados y 40°C para cables al aire) es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad, por lo que:

$$T = T_0 + \left[(T_{\max} - T_0) \left(\frac{I_n}{I_z} \right)^2 \right]$$

En este caso la resistencia corregida a la temperatura máxima prevista de servicio será:

$$R_T = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T - 20) \right]$$

c) Considerando la temperatura ambiente según el tipo de instalación.

En este caso, para calcular la resistencia del cable se considerará la temperatura ambiente To, que corresponderá con 25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire, de acuerdo con la fórmula:

$$R_{T_0} = R_{20^{\circ}C} \left[1 + \alpha (T_0 - 20) \right]$$



En las tablas de resultados de cálculo se especifica el criterio empleado para las diferentes líneas.

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- In: Intensidad nominal del circuito en A
- Iz: Intensidad admisible del cable en A.
- P: Potencia en W
- cos(phi): Factor de potencia
- S: Sección en mm²
- L: Longitud en m
- ro: Resistividad del conductor en ohm·mm²/m
- alpha: Coeficiente de variación con la temperatura

9.3.- Intensidad de cortocircuito

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

En las fórmulas se han empleado los siguientes términos:

- Ul: Tensión compuesta en V
- Uf: Tensión simple en V
- Zt: Impedancia total en el punto de cortocircuito en mohm
- Icc: Intensidad de cortocircuito en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtendrá a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red hasta el punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

Siendo:

- Rt = R1 + R2 + ... + Rn: Resistencia total en el punto de cortocircuito.
- Xt = X1 + X2 + ... + Xn: Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deberán tener un poder de corte mayor o igual a la intensidad de cortocircuito prevista en el punto de su instalación, y deberán actuar en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por los cables no supere la máxima permitida por el conductor.

Para que se cumpla esta última condición, la curva de actuación de los interruptores automáticos debe estar por debajo de la curva térmica del conductor, por lo que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I^2 \cdot t \leq C \cdot \Delta T \cdot S^2$$



para $0,01 \leq 0,1$ s, y donde:

- I: Intensidad permanente de cortocircuito en A.
- t: Tiempo de desconexión en s.
- C: Constante que depende del tipo de material.
- incremento T: Sobretemperatura máxima del cable en °C.
- S: Sección en mm²

Se tendrá también en cuenta la intensidad mínima de cortocircuito determinada por un cortocircuito fase - neutro y al final de la línea o circuito en estudio.

Dicho valor se necesita para determinar si un conductor queda protegido en toda su longitud a cortocircuito, ya que es condición imprescindible que dicha intensidad sea mayor o igual que la intensidad del disparador electromagnético. En el caso de usar fusibles para la protección del cortocircuito, su intensidad de fusión debe ser menor que la intensidad soportada por el cable sin dañarse, en el tiempo que tarde en saltar. En todo caso, este tiempo siempre será inferior a 5 seg.

10.- CÁLCULOS

10.1.- Sección de las líneas

Para el cálculo de los circuitos se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Caída de tensión
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 3% para circuitos de alumbrado.
 - 5% para el resto de circuitos.
 - Caída de tensión acumulada
 - Circuitos interiores de la instalación:
 - 4,5% para circuitos de alumbrado.
 - 6,5% para el resto de circuitos.
- I_{max}: La intensidad que circula por la línea (I) no debe superar el valor de intensidad máxima admisible (I_z).

Los resultados obtenidos para la caída de tensión se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo	P Calc (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	I _z (A)	I (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum (%)
Esquema eléctrico	T	4.25	0.95	20.0	RZ1 0.6/1 kV 4 x 6 + 1 G 16	59.3	6.4	0.21	0.21
Línea 1	T	2.12	0.95	939.6	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	3.2	1.45	1.66
Línea 2	T	2.12	0.95	890.6	RZ1 0.6/1 kV 4 x 10 + 1 G 16	79.1	3.2	1.38	1.59

Cálculos de factores de corrección por canalización

Los siguientes factores de corrección calculados según el tipo de instalación ya están contemplados en los valores de intensidad máxima admisible (I_z) de la tabla anterior.

Esquemas	Tipo de instalación	Factor de corrección
Esquema eléctrico	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 1	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82
Línea 2	Instalación enterrada - Bajo tubo. DN: 63 mm - T ^a : 25 °C Resistividad térmica del terreno: 1.0 °C·cm/W	0.82



10.2.- Cálculo de las protecciones

Sobrecarga

Para que la línea quede protegida a sobrecarga, la protección debe cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$I_{uso} \leq I_n \leq I_z \text{ cable}$$

$$I_{tc} \leq 1.45 \times I_z \text{ cable}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{uso} = Intensidad de uso prevista en el circuito.
- I_n = Intensidad nominal del fusible o magnetotérmico.
- I_z = Intensidad admisible del conductor o del cable.
- I_{tc} = Intensidad disparo del dispositivo a tiempo convencional.

Otros datos de la tabla son:

- P Calc = Potencia calculada.
- Tipo = (T) Trifásica, (M) Monofásica.

Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} \geq I_{cc} \text{ máx}$$

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$\text{Para } I_{cc} \text{ máx: } T_p \text{ CC máx} < T_{\text{cable CC máx}}$$

$$\text{Para } I_{cc} \text{ mín: } T_p \text{ CC mín} < T_{\text{cable CC mín}}$$

Estando presentadas en la tabla de comprobaciones de la siguiente manera:

- I_{cu} = Intensidad de corte último del dispositivo.
- I_{cs} = Intensidad de corte en servicio. Se recomienda que supere la I_{cc} en protecciones instaladas en acometida del circuito.
- T_p = Tiempo de disparo del dispositivo a la intensidad de cortocircuito.
- T_{cable} = Valor de tiempo admisible para los aislamientos del cable a la intensidad de cortocircuito.

El resultado de los cálculos de las protecciones de sobrecarga y cortocircuito de la instalación se resumen en las siguientes tablas:

Cuadro general de distribución

Sobrecarga

Esquemas	P Calc (kW)	Tipo	Iuso (A)	Protecciones	Iz (A)	I _{tc} (A)	1.45 x Iz (A)
Esquema eléctrico	4.25	T	6.4	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	59.3	20.8	86.0
Línea 1	2.12	T	3.2	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7
Línea 2	2.12	T	3.2	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	79.1	8.7	114.7



Cortocircuito

Esquemas	Tipo	Protecciones	Icu (kA)	Ics (kA)	Icc máx mín (kA)	Tcable CC máx CC mín (s)	Tp CC máx CC mín (s)
Esquema eléctrico	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	25.0	25.0	12.0 1.2	< 0.1 0.51	- 0.02
Línea 1	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	2.4 0.1	0.36 >= 5	0.10 2.28
Línea 2	T	EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3	6.0	6.0	2.4 0.1	0.36 >= 5	0.10 1.84

REGULACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Las siguientes protecciones tendrán que ser reguladas a las posiciones indicadas a continuación para cumplir las condiciones de sobrecarga y cortocircuito ya establecidas:

Esquemas	Tipo	Protecciones	Regulaciones
Esquema eléctrico	T	M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.)	Ir = 1 x In

siendo:

- Ir = intensidad regulada de disparo en sobrecarga.

11.- CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA**11.1.- Resistencia de la puesta a tierra de las masas**

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{Re}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

Se instalarán cuatro picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.23 \cdot \left(\frac{250.00}{4} \right) = 76.88 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.



Se instalarán dos picas en línea de tubo de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior con una longitud de 2 m y una separación entre picas de 4 m, por lo que la resistencia de puesta a tierra tendrá un valor de:

$$R = k \cdot \left(\frac{R_e}{n} \right) = 1.09 \cdot \left(\frac{250.00}{2} \right) = 136.25 \text{ Ohm}$$

siendo:

- n = número de picas verticales en paralelo
- Re = resistencia de un electrodo vertical,
- k = coeficiente corrector dependiente del número de picas, disposición y la relación distancia entre 2 electrodos y longitud de cada pica.

La resistencia total de puesta a tierra será:

$$R: 2.69 \text{ Ohm}$$

El valor de resistividad del terreno supuesta para el cálculo es estimativo y no homogéneo. Deberá comprobarse el valor real de la resistencia de puesta a tierra una vez realizada la instalación y proceder a las correcciones necesarias para obtener un valor aceptable si fuera preciso.

11.2.- Resistencia de la puesta a tierra del neutro

El cálculo de la resistencia de puesta a tierra de la instalación se realiza según la Instrucción 18 de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La resistencia de puesta a tierra es de: 3.00 Ohm

11.3.- Protección contra contactos indirectos

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

La intensidad de defecto se calcula según los valores definidos de resistencia de las puestas a tierra, como:

$$I_{def} = \frac{U_{fn}}{(R_{masas} + R_{neutro})}$$

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Idef (A)	Sensibilidad (A)
Esquema eléctrico	T	6.4	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	40.578	0.300
Línea 1	T	3.2	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	40.578	0.300
Línea 2	T	3.2	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	40.578	0.300

siendo:

- Tipo = (T)Trifásica, (M)Monofásica.
- I = Intensidad de uso prevista en la línea.
- Idef = Intensidad de defecto calculada.
- Sensibilidad = Intensidad diferencial residual de la protección.

Por otro lado, esta sensibilidad debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad



mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

Esquemas	Tipo	I (A)	Protecciones	Inodisparo (A)	Ifugas (A)
Esquema eléctrico	T	6.4	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.070
Línea 1	T	3.2	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.035
Línea 2	T	3.2	IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I)	0.150	0.034

12.- PLIEGO DE CONDICIONES

12.1.- Calidad de los materiales

12.1.1.- Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

12.1.2.- Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

12.1.3.- Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considerar serán las siguientes:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

12.1.4.- Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atravesase partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.



12.1.5.- Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

12.1.6.- Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

12.2.- Normas de ejecución de las instalaciones

12.2.1.- Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21.

Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad 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 desee 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 indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán 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.

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará 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 m.



No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Tubos en montaje superficial

Cuando los tubos se coloquen 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, 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 adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" 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. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

12.2.2.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

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 por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.



Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y 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 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

12.2.3.- Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

12.2.4.- Aparatos de protección

Protección contra sobreintensidades

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

Aplicación

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos).

Protección contra sobrecargas

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

Protección contra cortocircuitos

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

Situación y composición

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.

Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobreintensidades se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.



Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva: B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

- La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.
- Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades.
- Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (I_n).
- Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.



Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son: 0.006A, 0.01A, 0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

- Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.
- Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.
- Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.



Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

Donde:

- R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).
- Vc: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).
- Is: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

12.2.5.- Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

- VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0.05 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.
- VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.
- VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por



dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

12.2.6.- Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férricos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

12.2.7.- Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

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.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desea poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos, las conexiones deberán efectuarse por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.



12.2.8.- Alumbrado

Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

- Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.
- Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reúna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

12.3.- Pruebas reglamentarias

12.3.1.- Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

12.3.2.- Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000 \times U$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.



12.4.- Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

12.5.- Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

12.6.- Libro de órdenes

La dirección de la ejecución de los trabajos de instalación será llevada a cabo por un técnico competente, que deberá cumplimentar el Libro de Órdenes y Asistencia, en el que reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

En _____, a _____ de _____ de 2.0_____

Fdo.:



13.- MEDICIONES

Medición de líneas

Material	Longitud (m)
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 6 mm ² . Unipolar	80.0
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 16 mm ² . Unipolar	1850.2
RZ1 0,6/1 kV Cobre Flexible, 10 mm ² . Unipolar	7320.8

Medición de canalizaciones

Material	Longitud (m)
Tubo aislante canalización empotrada(EN/UNE 50086). DN: 63 mm	1850.2

Medición de protecciones

Magnetotérmicos	Cantidad
M-G Compact NS100N - TM.xD In: 16 A; Un: 240 ÷ 690 V; Icu: 8 ÷ 85 kA; Curva I - t (Ptos.) Tripolar	1
EN60898 6kA Curva C In: 6 A; Un: 240 / 415 V; Icu: 6 kA; Tipo C; Categoría 3 Tripolar	2

Diferenciales	Cantidad
IEC60947-2 Instantáneos In: 25 A; Un: 400 V; Id: 300 mA; (I) Tripolar-Tetrapolar	3

Aparatos de medida	Cantidad
Contadores Contador de activa	1

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía:

- GmbH, D. (2018, August 23). Manuals and useful information. Retrieved May 25, 2019, from <https://www.dial.de/en/dialux/dialux-desktop/allgemeine-downloads/>
- Versión 2019 de los programas de CYPE. (n.d.). Retrieved May 25, 2019, from <http://www.cype.es/>
- Philips Lighting. (n.d.). Retrieved May 25, 2019, from <http://www.lighting.philips.es/prof>
- Home. (n.d.). Retrieved May 25, 2019, from <https://www.cnmc.es/>