



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

PROYECTO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN EN
NAVE INDUSTRIAL PARA USO LOGÍSTICO

LOW VOLTAGE ELECTRICAL PROJECT IN
INDUSTRIAL BUILDING FOR LOGISTICS USE

Autor

Víctor Aróstegui García

Director

Ismael Sanz Velazaman

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza
Septiembre de 2023

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEXO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS BT

ANEXO 2: ESTUDIO DE ILUMINACIÓN

ANEXO 3: FOTOVOLTAICA

ANEXO 4: PLANOS

ANEXO 5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO 6: PLIEGO DE CONDICIONES

ANEXO 7: PRESUPUESTO



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

PROYECTO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN EN
NAVE INDUSTRIAL PARA USO LOGÍSTICO

MEMORIA DESCRIPTIVA

Autor

Víctor Aróstegui García

Director

Ismael Sanz Velazaman

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza
Septiembre de 2023

ÍNDICE

1.	OBJETO	1
2.	ANTECEDENTES	1
3.	NORMATIVA APLICABLE	1
4.	CLASIFICACIÓN DEL EDIFICIO	2
5.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	2
6.	ACOMETIDA.....	3
7.	INSTALACIONES DE ENLACE	3
7.1.	SECCIONAMIENTO.....	3
7.2.	DERIVACIÓN INDIVIDUAL	3
7.3.	DISPOSITIVOS DE MANDO Y PROTECCIÓN.....	3
8.	INSTALACIONES INTERIORES	5
8.1.	CONDUCTORES.....	5
8.2.	IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES	5
8.4.	CANALIZACIONES.....	5
8.5.	SUBDIVISIÓN DE LAS INSTALACIONES	6
8.6.	EQUILIBRADO DE CARGAS.....	7
8.7.	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.....	7
8.8.	CONEXIONES	7
8.9.	SISTEMAS DE INSTALACIÓN	7
9.	PROTECCIÓN CONTRA SOBREENSIDADES.....	10
10.	PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES	11
10.1.	CATEGORÍAS DE LAS SOBRETENSIONES	11
10.2.	MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS SOBRETENSIONES	11
10.3.	SELECCIÓN DE LOS MATERIALES EN LA INSTALACIÓN	12
11.	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	12
11.1.	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.....	12
11.2.	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	13
12.	PUESTAS A TIERRA.....	13
12.1.	UNIONES A TIERRA	14
12.2.	CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD	16
12.3.	RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA	16
12.4.	TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES.....	16

12.5. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	16
12.6. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA.....	17
13. RECEPTORES DE ALUMBRADO	17
14. RECEPTORES DE FUERZA	19
15. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	20
16. CONCLUSIÓN	20
17. BIBLIOGRAFÍA.....	21

1. OBJETO

El objeto de este proyecto es definir y justificar desde el aspecto técnico y económico la instalación de baja tensión para dotar de suministro eléctrico a una nueva edificación y asegurar que reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas en la reglamentación vigente con el fin de obtener la legalización. Además, este documento servirá como base para la ejecución de los trabajos.

2. ANTECEDENTES

Se elabora el presente proyecto eléctrico de Baja Tensión de ejecución que desarrolla toda la instalación eléctrica destinada a dar suministro energético de una nueva nave industrial, con determinación completa de detalles y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos en base a la normativa y reglamentación vigente.

3. NORMATIVA APLICABLE

La elaboración de este proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, teniendo en cuenta la siguiente reglamentación:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002, B.O.E. nº 224, de 18 de septiembre de 2002.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Reglamento sobre eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias (RD 1890/2008).
- Recomendaciones CIE (Comisión Internacional de ILUMINACIÓN).
- Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, con sus Documentos Básicos (DB).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre, Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Además de las normas UNE, reglamentos y recomendaciones de aplicación más específica que se mencionan más adelante en la memoria.

Todo el trabajo será realizado de acuerdo con la práctica más avanzada para esta clase de instalaciones, y salvo que se indique lo contrario en esta documentación, todos los materiales y todos los trabajos realizados están de acuerdo con los reglamentos, normas y guías más recientes, que sean aplicables y que hayan sido editados hasta la fecha de realización.

4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La nave proyectada se sitúa en Calle K, 8, San Juan de Mozarrifar (Ciudad del Transporte), Zaragoza, 50820, España.

5. CLASIFICACIÓN DEL EDIFICIO

Se considerará como edificio industrial. Atendiendo a la clasificación de la ITC-BT-04 del REBT, se incluirá en el grupo 'a', necesitando proyecto e inspección final por Organismo de Control puesto que la potencia requerida supera superior a los 100 kW.

Por lo tanto, se tendrá en cuenta dicha consideración para conseguir la autorización para la puesta en marcha del proyecto, así como para modificaciones futuras.

Tanto la nave como el almacén y las oficinas, zonas destinadas a áreas de trabajo se clasifican como locales.

El programa de necesidades en base al cual se ha proyectado el edificio consiste básicamente en la construcción de una nave logística con la siguiente distribución:

ZONA	SUPERFICIE
Muelles y Nave	3600 m ²
Almacén	1006,13 m ²
Oficinas	400 m ²

Tabla 1. Distribución de los espacios de la nave.

6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El suministro eléctrico viene desde los bornes del secundario de un transformador situado en el exterior de la parcela donde se encuentra la nave. El estudio de este proyecto de BT abarca la instalación dentro de la parcela iniciándose en el armario donde se encuentra la Caja General de Protección junto con la Caja de Seccionamiento (CGP+CS), no incluyendo la acometida que va desde el transformador hasta dicho armario.

El conjunto CGP+CS está en el interior de un nicho prefabricado de hormigón situado en el interior de la parcela, pero exterior a la nave. Desde aquí se alimenta el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) denominado CG Nave situado en un cuadro dedicado a este fin y lo más próximo a la entrada de la acometida. Partiendo de este cuadro se proyecta la distribución de baja tensión hacia los cuadros secundarios. La distribución de estos cuadros se especifica en los planos anexos.

El embarrado de los distintos cuadros da suministro a los receptores de fuerza y de alumbrado de la nave, el almacén y la oficina. La sección de estas líneas es la indicada en los esquemas unifilares.

Las características del suministro eléctrico de baja tensión serán las siguientes:

- Será corriente alterna trifásica de 50 Hz de frecuencia en régimen permanente.
- La tensión normal de suministro será de 230/400 V.
- La conexión de receptores trifásicos será a 400 V entre fases.
- La conexión de receptores monofásicos será a 230 V entre fases y neutro, equilibrando las cargas entre fases.

La previsión de máxima potencia admisible de la instalación es de 173205,06 W, sacada de los cálculos eléctricos del anexo.

7. ACOMETIDA

En este proyecto, la acometida se define como el conductor que sale desde los bornes del secundario del transformador y alimenta el equipo de protección y seccionamiento (CGP+CS). Va bajo tubo en canalización enterrada, siguiendo el recorrido más corto y rectilíneo posible.

Los cables son conductores unipolares de XZ1 0,6/1KV de Aluminio 3x1x240+1x150mm².

Como se ha mencionado anteriormente, no se estudiará en profundidad la acometida en este proyecto.

8. INSTALACIONES DE ENLACE

7.1. SECCIONAMIENTO

La caja seccionamiento está constituida por un fusible de 400 A con cuchilla de seccionamiento por fase y neutro. Está situada en la parte inferior de un monolito junto con la CGP. La acometida viene subterránea hasta la CS de la que sale por la parte de arriba hasta la CGP. El monolito se sitúa en una caseta al borde de la parcela.

7.2. DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Es el tramo de la instalación que parte de CGP y suministra energía eléctrica al CG Nave.

Formado por conductor unipolar de 4(4x240+TTx120) mm² de Aluminio con aislamiento 0.6/1kV, XLPE+Pol, RZ1-K no propagador de incendios y con emisión de humos y opacidad reducida. Será instalado enterrado bajo tubo de 200 mm de diámetro exterior.

7.3. DISPOSITIVOS DE MANDO Y PROTECCIÓN

La Caja de Protección y Medida se situará junto a la CGP+CS en la caseta al borde de la parcela lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. Además, se sitúan dispositivos generales de mando y protección en uno de los módulos del CG Nave, así como en el resto de subcuadros.

A continuación, se indican las normas y recomendaciones que se han tenido en cuenta al realizar la instalación de dispositivos de mando y protección.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE-EN 60670-1 y UNE-EN 61439, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE-EN 60529 e IK 07 según UNE-EN 50.102. La cubierta y partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos. La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Su tipo y características corresponderá a un modelo oficialmente aprobado.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, de intensidad nominal mínima 25 A, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos (según ITC-BT-22). Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4,5 kA como mínimo. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, de intensidad asignada superior o igual a la del interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24). Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra * Ia = U$$

donde:

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

Si por el tipo o carácter de la instalación se instalará un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores (según ITC-BT-22).
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

9. INSTALACIONES INTERIORES

8.1. CONDUCTORES

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados para la máxima tensión de servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %).

En instalaciones interiores, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases, salvo justificación de cálculo, teniendo en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales.

En caso de canalizaciones eléctricas próximas a otras no eléctricas, se mantendrá una distancia de separación de 3 cm y en caso de proximidad a conductos de calefacción o agua caliente se establecerá una separación suficiente para que el conductor no alcance una temperatura peligrosa pudiendo colocar pantallas calorífugas. Tampoco se colocarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, salvo que se tomen las medidas oportunas.

Los conductores dispuestos en canales irán sujetos con bridas aislantes de material auto extingible.

Las intensidades máximas admisibles, se registrarán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE-HD 60364-5-52:2014.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección conductores fase (mm ²)	Sección conductores protección (mm ²)
Sfase < 16	Sfase
16 < Sfase < 35	16
Sfase > 35	Sfase/2

Tabla 2. Sección mínima conductores.

8.2. IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

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

8.4. CANALIZACIONES

Las canalizaciones serán fundamentalmente de:

- Bandejas de rejilla
- Tubos de acero galvanizado enchufable
- Tubos de PVC rígidos y corrugados.
- Canalizaciones prefabricadas.

Se emplearán bandejas independientes para telecomunicaciones y potencia y, de no ser así se dispondrán separadores. La distribución de cable se realizará mediante bandeja de rejilla con tratamiento zincado electrolítico bricomatado y se dimensionarán para que tengan una capacidad de ampliación futura de un 30% de su capacidad.

Las bandejas tendrán en todo su recorrido un conductor de protección, amarrado en el lateral de la canalización, de cobre electrolítico.

Los soportes se dispondrán según la carga máxima admisible de la bandeja y conforme a las especificaciones del fabricante.

Los tubos serán no propagadores de la llama. La conexión entre ellos se ejecutará mediante accesorios adecuados a su clase para asegurar la continuidad de la protección que proporciona. Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección que superen los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo, especificados por el fabricante.

Sera posible una retirada y fácil introducción de los conductores en el interior de los tubos, disponiendo para ello de registros. En tramos rectos se dispondrá de un registro cada 15 metros. Los extremos abiertos de los tubos tendrán una boquilla de protección para las aristas.

Para protección de los cables, los tubos en las entradas a las cajas llevaran boquillas de plástico.

Los tubos metálicos que sean accesibles deben disponer de tierra y su continuidad eléctrica debe quedar asegurada. Cuando se fijen a superficies lo harán por medio de abrazaderas protegidas contra la corrosión cada 0,5 m. como máximo. En curvas se colocará una fijación a cada lado y también en las entradas a cajas.

Todas las canalizaciones se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en la instrucción ITC-BT-21 del REBT.

Las canalizaciones prefabricadas cumplirán la norma UNE-EN 61439-1:2011. En las juntas de dilatación deberá interrumpirse la canalización, empalmándose posteriormente sistemas deslizantes que permitan las contracciones y dilataciones.

8.5. SUBDIVISIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones se subdividen de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo, a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les preceden.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.

- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

8.6. EQUILIBRADO DE CARGAS

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

8.7. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA

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

Tensión nominal instalación	Tensión ensayo CC (V)	Resistencia de aislamiento
MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
$\leq 500V$	500	$\geq 0,50$
$> 500V$	1000	$\geq 1,00$

Tabla 3. Resistencia de aislamiento respecto tensión nominal y CC.

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

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

8.8. CONEXIONES

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, 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. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizan de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparatada utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.

8.9. SISTEMAS DE INSTALACIÓN

Prescripciones generales.

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

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

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

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

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

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

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de estas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1.

Conductores aislados bajo tubos protectores.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, armados con alambres galvanizados y provistos de aislamiento y cubierta.

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

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de estos. Estos dispositivos de sujeción serán hidrófugos y aislantes.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de estos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie

exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquella.

- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, armados con alambres galvanizados y provistos de aislamiento y cubierta.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

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

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

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

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

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

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

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

Conductores aislados con cubierta bajo canales protectoras aislantes.

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

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". El grado de resistencia a la corrosión será 3. Las conexiones, empalmes y derivaciones se realizan en el interior de cajas.

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

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

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

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, armados con alambres galvanizados y provistos de aislamiento y cubierta.

10. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobrintensidades previsibles.

Las sobrintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

a) Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) Protección contra cortocircuitos. 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 conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

La norma UNE-HD 60364-4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE-HD 60364-4-43 define la aplicación de las medidas de protección por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

11. PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

10.1. CATEGORÍAS DE LAS SOBRETENSIONES

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

Tensión nominal instalación (kV)		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 (kV)			
Sistemas III	Sistemas II	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

Tabla 4. Categoría de sobretensiones respecto tensión soportada

Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.). En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).

Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad (armarios de distribución, embarrados, aparatos: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc., canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc., motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc.

Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.).

10.2. MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS SOBRETENSIONES

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de

categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.

- Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados.

También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

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.

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

10.3. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES EN LA INSTALACIÓN

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla se pueden utilizar, no obstante:

- En situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

12. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

11.1. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Protección por aislamiento de las partes activas.

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

Protección por medio de barreras o envolventes.

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

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles deben responder como mínimo al grado de protección IP 4X o IP XXD.

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

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

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

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

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

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

11.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

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

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

Se cumplirá la siguiente condición:

$$Ra * Ia = U$$

donde:

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

13. PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga pueden circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

12.1. UNIONES A TIERRA

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras, tubos;
- Pletinas, conductores desnudos;
- Placas;
- Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE-EN 60228.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tipo mecánicamente	Protegido mecánicamente	No protegido
Galvanizado	Igual a conductores Protección apdo. 9.7.1	16mm ² Cu 16mm ² Acero
No galvanizado	25mm ² Cu 50mm ² Hierro	25mm ² Cu 50mm ² Hierro

Tabla 5. Protección del conductor respecto a la sección.

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la Tabla 2:

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- Conductores en los cables multiconductores
- Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos
- Conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

12.2. CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm². Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm² si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

12.3. RESISTENCIA DE LAS TOMAS DE TIERRA

El valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

12.4. TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

12.5. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que, durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15

metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ($<100 \text{ ohmios} \cdot \text{m}$). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada.

c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de estos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Sólo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra (I_d) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ($V_d = I_d \times R_t$) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

12.6. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

14. RECEPTORES DE ALUMBRADO

La iluminación de los distintos locales del edificio se realizará por medio de diferentes aparatos de alumbrado para cumplir las condiciones siguientes:

- Se suministrará una cantidad de luz suficiente.
- Se eliminarán todas las causas de deslumbramiento.
- Se preverán aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular.
- Se utilizarán fuentes luminosas que aseguran una satisfactoria distribución de los colores.

Los niveles de iluminación vienen determinados por la norma internacional ISO 8995 /CIE S 008. También se cumplen con los documentos normativos UNE EN 12464-1:2012 y UNE EN 12464-2:2012, que trata la iluminación de los lugares de trabajo en espacios interiores y exteriores.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598. Estarán protegidas contra la caída vertical de agua, IP X1 y no serán de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de clase II.

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

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

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

Los niveles de iluminación proyectados para la instalación en las distintas zonas serán como mínimo los siguientes.

Alumbrado en nave:

El nivel de iluminación en nave y en pasillo será de 300 y 200 lux, respectivamente, con una uniformidad de 0,6 medidos a 85 cm del suelo. La iluminación de emergencia será conforme a la normativa del CTE y del REBT.

Alumbrado en oficinas y locales técnicos:

El nivel de iluminación (Iluminación media E_m) previstos con uniformidad mínima de 0,6 previstos a 85 cm del suelo.

- Oficinas (Puestos de trabajo): 500 lx.
- Zonas Sociales: 300 lx.
- Pasillos: 100 lx.
- Vestuarios/Aseos: 250 lx.
- Salas Técnicas: 250 lx.

Los niveles citados se consideran en servicio.

Alumbrado exterior:

Se emplearán proyectores colocados en fachadas y pantallas estancas bajo las marquesinas con fuente de luz mediante lámparas LED para obtener una iluminancia media E_m , prevista a nivel de suelo y con uniformidad mínima del 0,4.

El nivel de iluminación requerido será el recomendado según la normativa vigente, se seguirán los criterios marcados por el ITC-BT-09 "Instalaciones para Alumbrado Exterior" y el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, según Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre.

Alumbrado de emergencia:

Las instalaciones destinadas alumbrado de emergencia tienen por objeto, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los espacios y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del personal o iluminar otros puntos que se señalen.

Los aparatos autónomos de emergencia deberán cumplir las siguientes normas:

- UNE EN 60.598-2-22 Requisitos particulares.
- UNE 20392:1993 Aparatos con lámparas fluorescentes.

El alumbrado de emergencia de la nave se resuelva mediante luminarias con lámparas de tipo led y su correspondiente batería estará dimensionada para proporcionar una hora de

autonomía. El alumbrado previsto será a través de equipos autónomos con su propia batería y duración de 1h.

Los cuadros de alumbrado, así como los equipos de extinción de incendios manual, dispondrán de un equipo de emergencia autónomo para proporcionar 5 lux. Los puestos de control de incendios tendrán una luminaria de emergencia de alto flujo.

A continuación, se resumen todos los receptores de alumbrado instalados indicando su ubicación, cantidad y potencia:

UBICACIÓN	MODELO	TIPO	CANTIDAD	POTENCIA
NAVE	TRILUX E-Line 7651	Carril	26	139 W
	TRILUX GmbH & Co. KG E-Line 7651	Carril	84	107 W
	Aerlux 20300E Serie 20	Emergencias	6	1,9 W
	Trilux SOS Line 500 EB	Emergencias	56	1,9 W
OFICINAS	DISANO Eco Pannelo luminoso	Panel 60x60	51	31 W
	DISANO ECO LEX 3	Downlight	20	21 W
	DISANO ECO LEX 2	Downlight	1	14 W
	DISANO Roda	Pantallas estancas	1	39 W
	Aerlux 10200 Serie 10	Emergencias	11	1,9 W
	DISANO Pastilla	Aplique	3	24 W
EXTERIOR	DISANO 1898 Rodio	Proyector fachada	21	79 W
	DISANO 1898 Rodio	Proyector fachada	5	196 W
	DISANO 927 Echo	Estanca	15	24 W

Tabla 6. Receptores de alumbrado de la instalación.

Sin embargo, dichos receptores quedan especificados con más detalle en “Anexo 2: Estudio de iluminación” y “Anexo 4: “Planos”.

15. RECEPTORES DE FUERZA

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

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

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

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia

del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

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

Las tomas de corriente de la instalación tendrán una tensión de alimentación asignada de 230/400V dependiendo si se trate de una toma monofásica o una trifásica respectivamente. Para las tomas monofásicas, se instalarán bases Schuko de 16A, mientras que, en el caso de las tomas trifásicas, serán bases Cetac de 16, 32 o 63A dependiendo de su uso. Además, en las zonas que se requiera de una protección adicional, las tomas instaladas tendrán el grado de protección IP que corresponda.

La potencia y ubicación de todos estos puntos de fuerza queda detallada en el “Anexo 1: Cálculos Eléctricos BT” y “Anexo 2: Planos” respectivamente.

16. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto total del proyecto eléctrico de baja tensión es de TRSCIENTOS CUARENTA Y TRES MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON DOS CÉNTIMOS (343.951,02 €).

El presupuesto queda detallado por capítulos en “Anexo 6: Presupuesto”.

17. CONCLUSIÓN

Se considera que la presente memoria junto con sus anexos describe detalladamente el diseño y la implementación de este proyecto eléctrico de baja tensión. Se combina la distribución estratégica de puntos de alumbrado y de fuerza para la óptima funcionalidad de la nave. Asegura el correcto funcionamiento de la instalación, garantizando la seguridad de las personas y operaciones, contribuyendo al uso responsable de la energía y la reducción de costes a largo plazo.

18. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía consultada es la descrita a lo largo de a memoria en lo respectivo a reglamentación, normas y recomendaciones.

Para la aplicación del REBT:

- Guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico para baja tensión.

En el caso de la información utilizada sobre los programas de software externo es la siguiente:

- Manual del usuario DIALux 4.9 (2011) - 'scalofrios.es' - POV-Team - Recuperado de: http://www.scalofrios.es/eficiencia/EE_iluminacion/Manual%20Dialux.pdf
- Información CIEBT (dmELECT) - 'dmelec.com' – dmELECT - Recuperado de: https://www.dmelect.com/masinfo/img/CIEBT/Informacion_CIEBT.pdf