



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

*Estudio técnico económico de la
instalación eléctrica en baja
tensión de una industria dedicada
a la fabricación de plásticos
mediante inyección, sita en el
polígono industrial de Benigánim,
Valencia.*

MEMORIA PRESENTADA POR:

Silvia Santamans Cuenca

GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Convocatoria de defensa: 07/2020

Resumen:

El proyecto tiene como objetivo la electrificación de una industria destinada a la fabricación de plástico mediante inyección. Se incluyen los cálculos necesarios para realizar el diseño de la instalación eléctrica en baja tensión y la iluminación de la nave industrial.

La instalación, que se ha realizado siguiendo las normas vigentes, parte desde el cuadro general situado en el centro de transformación hasta la instalación interior.

Con la realización de este proyecto se trata de demostrar el conocimiento necesario para comprender los requisitos de una instalación eléctrica en baja tensión, siguiendo las normativas vigentes.

Palabras clave:

Baja tensión; Alta tensión; Centro de transformación; Iluminación; Electrificación.

ÍNDICE

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1. MOTIVACIONES Y ANTECEDENTES.....	4
2. OBJETO Y ALCANCE EL PROYECTO	4
3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	4
4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO INDUSTRIAL.....	5
5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN.....	5
5.1 Alumbrado.....	7
5.2 Tomas de corriente	23
5.3 Instalación de los cuadros secundarios.....	24
5.4 Conductores	25
5.5 Protecciones	32
6. CONCLUSIÓN.....	53
7. REFERENCIAS	53

DOCUMENTO 2: JUSTIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS

1. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES.....	55
2. PUESTA A TIERRA DEL CT.....	57
3. CÁLCULO PROTECCIÓN FRENTE A SOBREINTENSIDADES	59
3.1. Cortocircuito	59
3.2. Sobrecarga	61

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA	62
2. PRESUPUESTOS PARCIALES	66
3. PRESUPUESTOS DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	77
4. PRESUPUESTOS DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	77

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

1. CONDICIONES FACULTATIVAS	78
2. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN	87

DOCUMENTO 5: PLANOS

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1. MOTIVACIONES Y ANTECEDENTES

El presente proyecto con título “Estudio técnico económico de la instalación eléctrica en baja tensión de una industria dedicada a la fabricación de plásticos mediante inyección, sita en el polígono industrial de Benigánim, Valencia”. Este proyecto que se encuadra como proyecto final del grado Ingeniería Eléctrica, trata de reunir temas estudiados durante el grado, ponerlos en práctica y demostrar los conocimientos que se han adquirido a lo largo del mismo.

El diseño se ha realizado de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) según el Real Decreto 842/2002.

2. OBJETO Y ALCANCE EL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es la instalación eléctrica de una nave industrial ubicada en el término de Benigánim. La nave será destinada a la fabricación de plásticos mediante inyección. La instalación eléctrica viene definida desde la salida del centro de transformación hasta los puntos de conexión de los receptores eléctricos presentes en la industria.

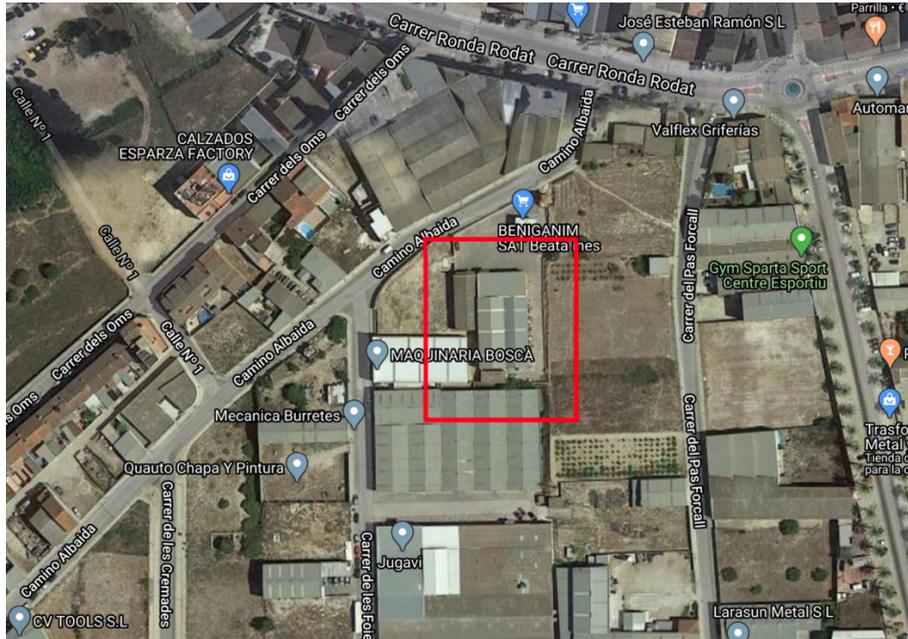
- | | |
|-----------------------------|--|
| 1. Instalaciones de enlace | 4. Instalación del alumbrado exterior |
| 2. Instalaciones interiores | 5. Protección |
| 3. Instalación alumbrado | 6. Compensación de la energía reactiva |

3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Se ha decidido ubicar la nave industrial dentro del polígono industrial Les Foies, Benigánim (Valencia). El polígono industrial está a las afueras de la población, la parcela está ubicada en Nave industrial en Avenida Albaida, 3. Cuenta con entrada para camiones. Bien comunicada con la CV-612. Se trata de una parcela libre que puede ser adquirida y que cubre las necesidades de espacio de la industria.

Este polígono está urbanizado en su totalidad, cubriendo por tanto las necesidades de luz, agua y gas.

A continuación, se puede ver una imagen que, junto a los planos del emplazamiento que se presentan en el Documento 5 facilitará la visualización de la localización del edificio industrial.



Il·lustració 1. Vista en planta del polígon industrial de Les Foies

4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO INDUSTRIAL

Este edificio estará destinado a la fabricación de distintos productos plásticos Tereftalato de Polietileno (PET) y Policloruro de vinilo (PVC) mediante inyección. El edificio tiene una superficie total de 2801,50 m² se compone de una zona diáfana y una planta alta. La superficie del almacén es de 630 m². La zona diáfana estará dividida en una zona de trabajo y procesamiento del material, otra zona dedicada al almacén y una planta alta, los baños, oficinas y comedor.

La planta tiene los siguientes locales distribuidos:

- Almacén
- Local del CT interior
- Local dedicado a trituradora
- Comedor
- Aseos
- Sala de reuniones
- Oficina 1
- Oficina 2
- Local grupo de frio
- Entrada camión
- Vestuarios

5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

El edificio está alimentado mediante un transformador, situado en el interior del centro de transformación, con una superficie de 13,895 m². Tiene una capacidad de 20 KV/400 V, estando alimentado por una red de alta tensión situada en el mismo polígono industrial.

Para la realización de la instalación eléctrica de BT se ha partido de los datos de los receptores eléctricos y su potencia demandada, proporcionados por los fabricantes:

Identificación en el plano	Receptores de fuerza motriz	Potencia (kW)
11	Taladro vertical 45mm HELLER	0,375
13	Torno 2m GEMINIS GHT - 720 x 2000	17
12	Fresadora de torreta con cabeza universal LAGUN FU 130	3
1	Máquina de inyección NEGRI ROSSI NOVA eT 280 TF	18
2	Máquina de inyección NEGRI ROSSI NOVA eT 280 TF	18
3	Máquina de inyección NEGRI ROSSI NOVA eT 280 TF	18
10	Máquina de inyección NEGRI ROSSI NOVA eT 350 TF	50
9	Máquina de inyección NEGRI ROSSI NOVA eT 350 TF	50
4	Máquina de inyección HUARONG GROUP YT SERIES 450 TF	80
6	Máquina de inyección HUARONG GROUP YT SERIES 820TF	135,5
8	Máquina de inyección ETTINGLER SRM-800 815 TF	130
5	Máquina de inyección VERMACK VM-150P 150 TF	10
7	Máquina de inyección DEMANG CONCEPT 350 TF	49,5
14	Trituradora PE LIDEM CRS5 10NA	14
15	Trituradora PVC LIDEM CRD5 10NA	18,5
26	Embolsadora ROVEBLOC DOYPACK RV	5
23	Secador BOGE DH 160	1
24	Secador BOGE DH 160	1
20	Compresor de espiral BOGE SERIE EO 22D	22
21	Compresor de espiral BOGE SERIE EO 15	15
22	Compresor de espiral BOGE SERIE C-2	18
19	Deposito BOGE 10001 (11bar)	1
25	Puente grúa ABUS	15
32	Ascensor OTIS	14
16	Grupo de frío INTARCON AKD-NH 3 350	18
17	Grupo de frío INTARCON AKH-NH 2 350	15
18	Grupo de frío INTARCON MKD-NH 3 350	22,5
27	Bomba - Grupo contra incendios EBARA GN/ENI	11,25
31	Carrusel de distribución	1
28 - 30	Aire acondicionado	1

Tabla 1 Receptores de potencia de la instalación

5.1 Alumbrado

El alumbrado de este proyecto se ha planteado en tres partes, alumbrado exterior, alumbrado interior y alumbrado de emergencia. Los criterios que se han considerado para realizar la instalación del alumbrado tienen en cuenta la uniformidad, el deslumbramiento e iluminancia horizontal.

La uniformidad: es el cociente entre la iluminancia mínima y la máxima de un local. Por lo general se considera que una buena uniformidad en locales puede ser un valor cercano al 80% en el caso de alumbrado general.

El área de tarea debe ser iluminada tan uniformemente como sea posible. La uniformidad del área de tarea y las áreas circundantes inmediatas no deben ser menores que los valores dados en la siguiente tabla.

Iluminancia de tarea (lux)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{tarea}
Uniformidad ≥ 0.7	Uniformidad ≥ 0.5

Tabla 2 Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea, EN 12464-1:2002

Debe evitarse un deslumbramiento excesivo que pueda causar malestar en las personas que estén en el interior del local.

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión, puede ser experimentado bien, como deslumbramiento molesto o perturbador.

El deslumbramiento causado por la reflexiones en superficies especulares es usualmente conocido como reflexiones de velo o deslumbramiento reflejado.

Iluminancia horizontal: Esta viene determinada por la actividad que se va a realizar en él, siendo de aplicación los valores que indica la norma UNE EN 12464-1 (Norma europea para la iluminación de interiores).

La curva de distribución luminosa es un diagrama polar donde se representa la intensidad luminosa de una lámpara o una luminaria, esta curva se obtiene al tomar mediciones de la intensidad luminosa desde distintos ángulos alrededor de una luminaria. Cada luminaria tiene una curva de distribución en particular, lo cual permite elegir la más adecuada para una aplicación determinada.

Nº Referencia	Tipo de actividad o tarea	Iluminancia E (lux)	Ra
1.6	Mostrados de recepción	300	80
1.5	Sala de conferencias y reuniones	500	80
1.1	Oficina	300	80
5.2	Instalaciones con intervención manual limitada	150	40
2.17	Pasillos y áreas de circulación	100	40
2.18	Escaleras	150	40
2.4	Vestuarios, servicios	200	80
4.1	Almacenes	200	60

Tabla 3 Valores de iluminancia recomendados (Fuente: UNE EN 12464-1)

5.1.1 Diseño del alumbrado general

Para permitir que las personas realicen tareas visuales de modo eficiente y preciso, debería preverse una iluminación adecuada y apropiada. La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, alumbrado artificial o una combinación de los mismos.

El grado de visibilidad y confort requerido en un amplio ámbito de lugares de trabajo es gobernado por el tipo y duración de la actividad.

La iluminancia media para cada tarea no debe caer por debajo del valor dado en la tabla 3, independientemente de la edad y estado de la instalación. Los valores son válidos para condiciones visuales normales.

La iluminancia media del local se ha calculado a partir del programa informático DIALUX, y viene determinada a partir de la siguiente expresión:

$$E_{med} = \frac{\eta \cdot u_n \cdot n \cdot \phi_{TOT} \cdot m}{A} \quad (1)$$

Donde E_{med} es la iluminancia media del local en lux, n es el número de luminarias, ϕ_{TOT} es el flujo emitido por todas las lámparas, m es el factor de mantenimiento, A es el área del plano de trabajo (m^2), η es el rendimiento de la luminaria y el factor de utilización (u_n) es la relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo y el flujo emitido por la luminaria por m^2 . Estos son datos que nos proporciona el fabricante de las luminarias o la propia geometría del local.

Hay que tener en cuenta que el factor de mantenimiento si depende de la instalación eléctrica en cuestión. La siguiente tabla nos muestra los diferentes factores de mantenimiento según el tipo local.

Clasificación de la sala	Factor de mantenimiento según el grado de suciedad y las luminarias	Factor de mantenimiento total
Limpio	0.9	0.8
Mediano	0.8	0.7
Sucio	0.7	0.6

Tabla 4 Factores de mantenimiento dependiendo del tipo del local

Ahora que ya sabemos cuales son los factores de mantenimiento recomendados, en la siguiente tabla se muestran los factores de mantenimiento que se han elegido para cada lugar, en función de la finalidad de cada uno de los espacios del local.

Local	Factor de mantenimiento	Local	Factor de mantenimiento
Almacén	0.7	Local del CT interior	0.8
Aseo 1	0.8	Local grupo de frío	0.7
Aseo 2	0.8	Oficina 1	0.8
Comedor	0.8	Oficina 2	0.8
Entrada común y pasillos	0.8	Sala de reuniones	0.8
Local dedicado a las trituradoras	0.7	Zona del proceso industrial	0.7

Tabla 5 Factores de mantenimiento empleados en los locales de la planta industrial

A continuación, determinamos las luminarias para la planta, esta luminaria viene determinada por la altura del plano útil de trabajo de cada local que se determina por la actividad que se va a realizar en cada local según la Tabla 2.

Local	Iluminancia recomendada por UNE EN 12464-1 E (lux)	Local	Iluminancia recomendada por UNE EN 12464-1 E (lux)
Almacén	200	Local del CT interior	150
Aseo 1	200	Local grupo de frío	200
Aseo 2	200	Oficina 1	500
Comedor	300	Oficina 2	500
Entrada común y pasillos	300	Sala de reuniones	500
Local dedicado a las trituradoras	200	Zona del proceso industrial	300

Tabla 6 Iluminancia objetivo para cada local

Otro dato que se ha tenido que definir es la altura útil del plano de trabajo, que es la altura a la que se realizan las tareas para las que está destinado cada local. En aquellos locales donde la actividad se realiza sentado (las oficinas, la sala de reuniones...), el plano de trabajo se sitúa a la altura donde queda la mesa; y en los locales en los que la tarea se realiza levantado (almacén, zona del proceso industrial...) se aproxima el plano a una altura de 0,85 m. Según estas especificaciones, así ha quedado la altura del plano de trabajo en cada local:

Local	Altura del plano de trabajo	Local	Altura del plano de trabajo
Almacén	0.85	Local del CT interior	0.85
Aseo 1	0.85	Local grupo de frío	0.85
Aseo 2	0.85	Oficina 1	0.75
Comedor	0.75	Oficina 2	0.75
Entrada común y pasillos	0	Sala de reuniones	0.75
Local dedicado a las trituradoras	0.85	Zona del proceso industrial	0.85

Tabla 7 Altura del plano útil de trabajo para cada local

Estas tablas definen el valor lumínico objetivo para así poder buscar la luminaria que mejor se adapta a nuestro local. También quedan definidos las actividades a las que están destinadas y plano útil de trabajo de cada espacio. Para elegir la luminaria trataremos de elegir una que cumpla los valores de las tablas, variando entre modelos con mayor o menor flujo y uniformidad o la altura de la luminaria. El programa ayudará a realizar la distribución y determinar el número de luminarias necesarias, pero tendremos que encontrar el equilibrio de iluminancia y uniformidad requeridas. Para lograr una buena uniformidad podría ser posible aumentar el número de luminarias, pero ello supondría un exceso de iluminancia.

Es importante elegir un modelo adecuado para que tanto la iluminancia como la uniformidad, sea la que estamos buscando para nuestros valores recomendados para nuestro local. Algunos de estos factores podrían ser también la eficiencia energética o el rendimiento económico de estas luminarias.

Otro de los factores a tener en cuenta son: el rendimiento de color, el aspecto cromático o el rendimiento de color. Este rendimiento de color (Ra) es el que determina si una luminaria es adecuada en función de las necesidades cromáticas.

En esta tabla se muestra el índice de rendimiento adecuado dependiendo del uso de cada local.

Local	Altura del plano de trabajo	Local	Altura del plano de trabajo
1 A		Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta.
		Intermedio	Escarpanes, tiendas, hospitales, hogares, hoteles, restaurantes
1 B	$Ra \geq 80$	Cálido	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias finas (en climas cálidos, templados o fríos).
		Fría	
2	$60 \leq Ra \leq 80$	Intermedio	
		Cálido	

3	Lámparas con $40 \leq Ra \leq 60$ pero con propiedades de redimiendo en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo.	Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
4	$20 \leq Ra \leq 60$	Industrias con bajos requisitos en reproducción cromática.
5 (especial)	Lámparas con propiedades de discriminación cromática no normales.	Aplicaciones especiales (color de la piel, por ejemplo).

Tabla 8 Aspecto cromático y rendimiento en color en función del tipo de aplicación (Fuente: CIE)

El tipo de luz también es importante a la hora de elegir la luminaria del local, esta se puede dividir en tres tipos principalmente:

Tipo de iluminación: (general, puntual, de ambiente y decorativa).

Fuentes de Luz (LED, incandescentes de filamento, incandescentes halógenas y de descarga).

Sistemas de Iluminación (directa, indirecta, semi-directa, semi-indirecta y difusa).

Establecer los requerimientos de iluminación en la nave industrial y exterior de esta, para que se cuente con la cantidad de iluminación correcta y requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro en la realización de las actividades que desarrollen los trabajadores.

Se requieren niveles específicos de iluminación en interiores debido a la importancia de mejorar el funcionamiento de las actividades que sean desempeñadas en cada área.

Se cumple la norma UNE-EN 12464-1 (Iluminación de los lugares de trabajo).

Se especificará iluminación de tecnología LED por las grandes ventajas y beneficios que representa de forma directa como lo es la mayor eficiencia lumínica, temperatura de color requeridas, flexibilidad de aplicaciones, vida útil del equipo, y así también los de forma indirecta como mayor resistencia, menores temperaturas de operación, materiales seguros en su fabricación, componentes no contaminantes y el ahorro de energía comparados con tecnologías anteriores. Estas se instalarán en pasillos y entrada, aseos, comedor y en las oficinas.

Aunque para otros espacio de trabajo como la zona del almacén, la de producción, la de los grupos de frío y la trituradora, al no requerir un gran rendimiento cromático se ha optado por instalar lámparas de descarga, ya que cuentan con una buena relación de larga vida útil y una buena eficiencia energética.

El montaje de estas se ha dispuesto de dos maneras diferentes, donde el techo tiene una altura de 3,5m se han utilizado de tipo empotrado, con esto conseguimos que la iluminancia que obtenemos en el plano útil sea la que suficientemente buena. Y donde los techos miden sobre los 7 m se han

empleado luminarias de tipo pendular, con esto conseguimos que la altura de montaje sea menor y así tengamos una buena iluminancia al plano útil en estos lugares.

5.1.2 Diseño del alumbrado interior

5.1.2.1 Alumbrado del almacén y zona de producción

Al tratarse se zonas que no tienen un alto rendimiento cromático, la luminaria elegida se de trata de lámpara de descarga de tipo pendular, de la marca Phillips, Modelo MPK460 1xCDM-TPMW210W EB P- D635-NB. Con esta lámpara se consigue la iluminancia al plano que buscamos.

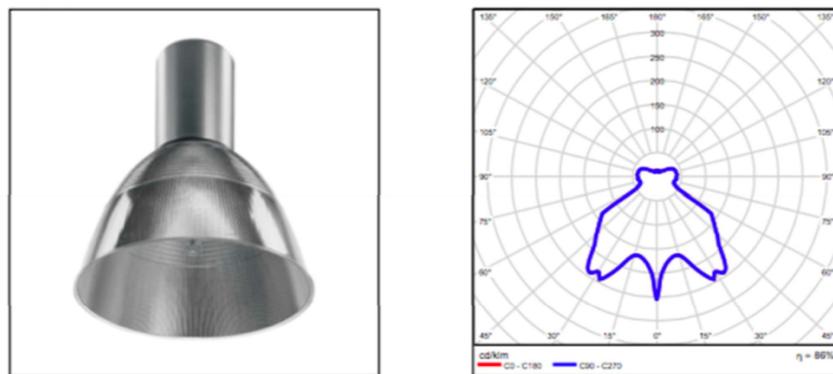


Ilustración 2 Luminaria almacén y zona de producción

En la zona del almacén se instalarán 8 de estas luminarias. Su iluminancia media es de 205 lx y la máxima de 325 lx. Así quedaría la distribución de isólinas del almacén.

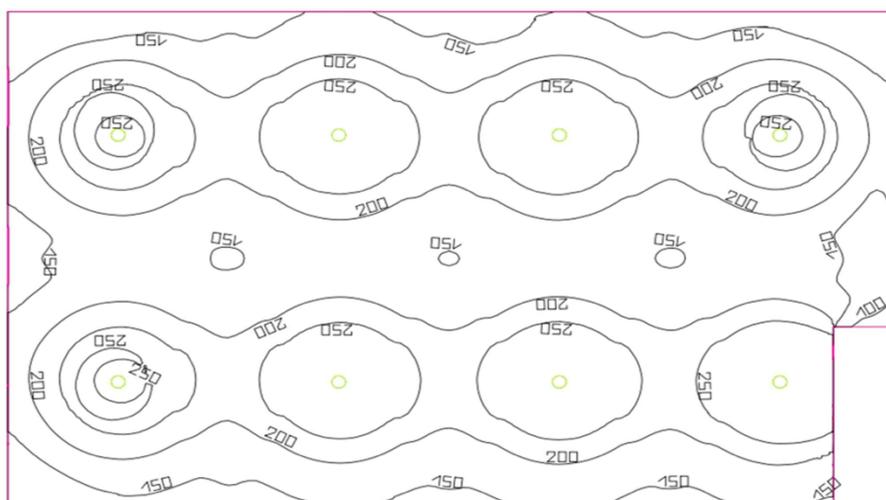


Ilustración 3 Distribución isólinas del almacén

En la zona de producción se instalarán 12 de las mismas luminarias, Phillips Modelo MPK460 1xCDM- TPMW210W EB P- D635-NB, resultando su iluminancia media en 245 lx y la máxima en 320 lx.

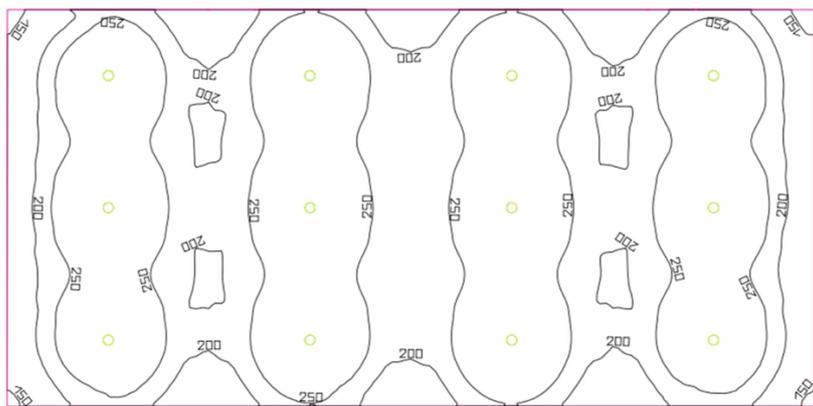


Ilustración 4 Distribución isótopos en la zona de producción

5.1.2.2 Vestuarios y aseos

Para estas dos zonas, vestuarios y aseos, la luminaria elegida es de tipo LED y empotrada. Se van a utilizar dos tipos de luminaria, una para iluminar la zona del lavabo, la lámpara elegida es la Philips Lighting RS140B que tiene un foco más concentrado y para iluminar las demás zonas se utilizará la lámpara Philips Lighting DN130B que cuenta con un foco medio.

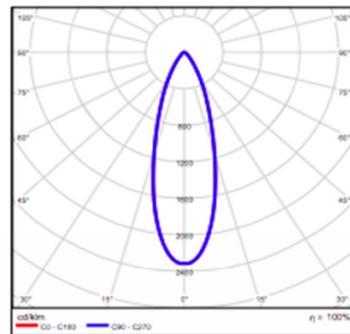


Ilustración 5 Lámpara Philips Lighting RS140B

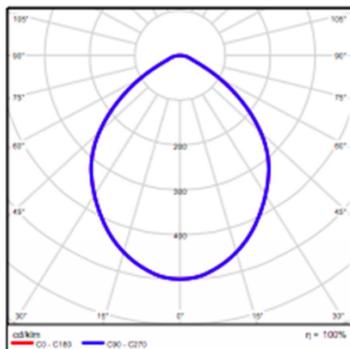


Ilustración 6 Lámpara Philips Lighting DN130B

Los baños son idénticos así que se instarán las mismas luminarias en cada uno de ellos. Se instalarán 2 lámparas Philips Lighting RS140B, una en cada baño, y 4 Philips Lighting DN130B, dos en cada baño. La iluminancia media de cada uno de los baños es de 300 lx y la máxima de 510 lx.

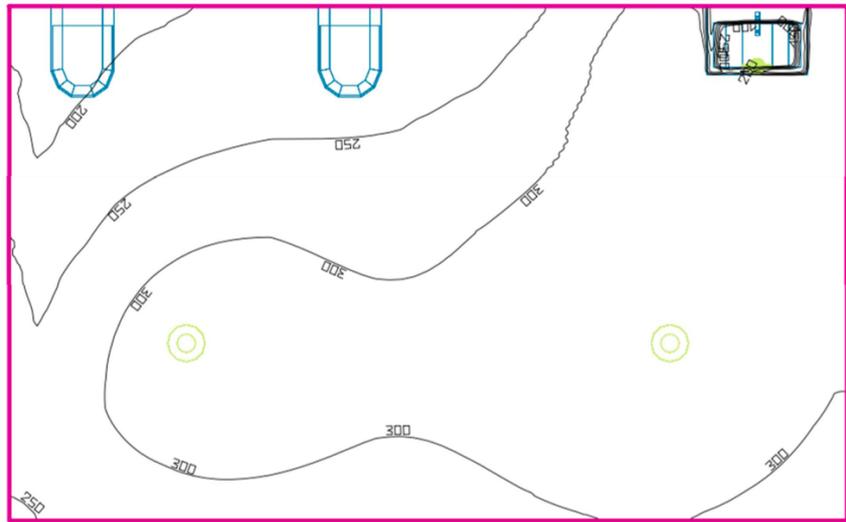


Ilustración 7 Distribución isótopos de los aseos

Para los vestuarios se han usado 4 Philips Lighting RS140B, dos por vestuario y 8 Philips Lighting DN130B, 4 para cada uno de los vestuarios. Los vestuarios también son idénticos entre si, la iluminancia media de cada uno de ellos es de 270 lx y la máxima de 400 lx.

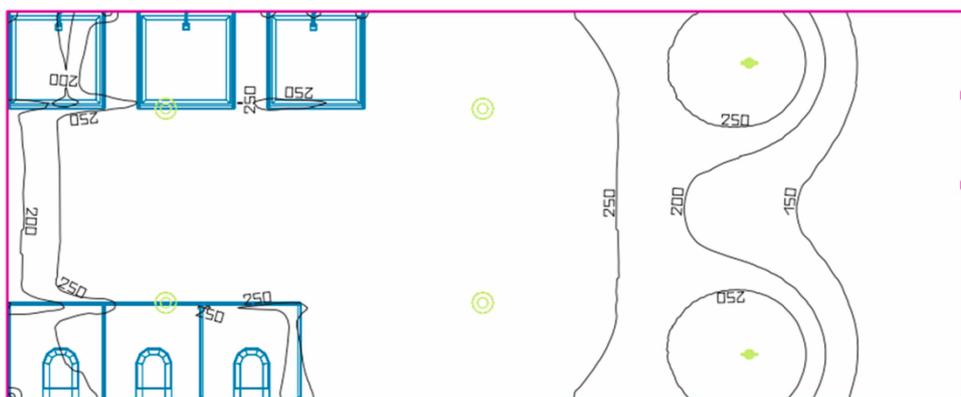


Ilustración 8 Distribución de las isótopos de los vestuarios

5.1.2.3 Oficinas, salas de reuniones y comedor

La luminaria elegida para estas zonas es de tipo LED, empotradas en el techo, se trata una luminaria de foco ancho, esto ayuda a que la uniformidad sea mayor. Se trata de un panel que proporciona una combinación ideal de luz directa e indirecta, que crea una iluminancia homogénea. La luz directa proporciona una iluminación uniforme en los escritorios y el suelo gracias a una distribución óptima de la luz.

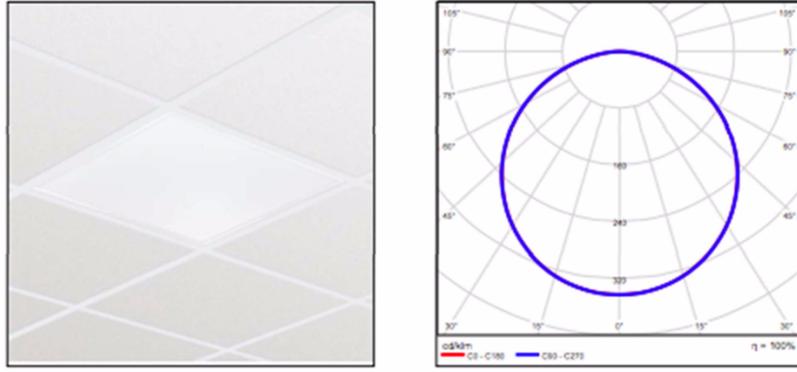


Ilustración 9 Lámpara LED34S/840 NOC Philips Lighting RC125B W60L60

Para la oficina 1 se instalarán 4 lámparas LED Philips Lighting RC125B W60L60 1xLED34S/840 NOC consiguiendo así una iluminancia media de 470 lx y una máxima de 530 lx.

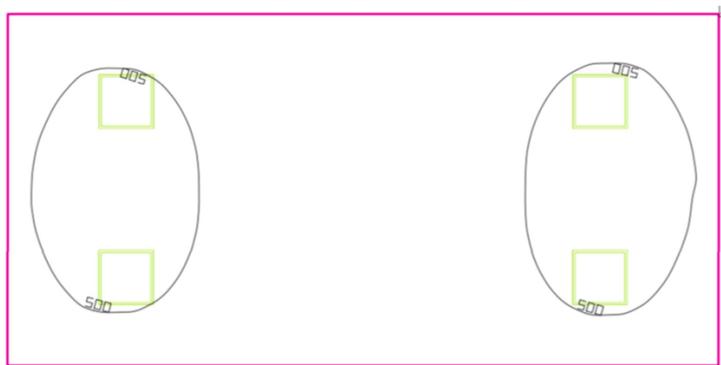


Ilustración 10 Distribución de las isolíneas de la oficina 1

Para la oficina 2 se emplearán 9 de estas mismas lámparas siendo así la iluminancia media de 510 lx y la máxima de 800 lx. Así quedaría su distribución.

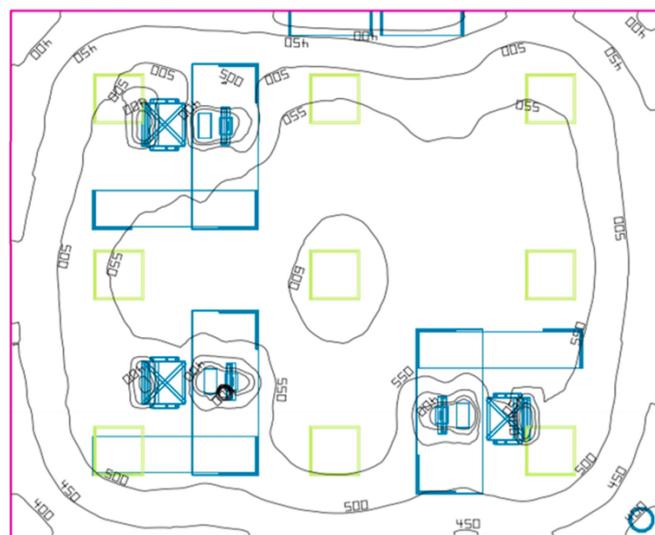


Ilustración 11 Distribución de las isolíneas en la oficina 2

Para la sala de reuniones se instalarán 8 lámparas LED Philips Lighting RC125B W60L60 1xLED34S/840 NOC. La iluminancia media es de 580 lx y la máxima de 650 lx.

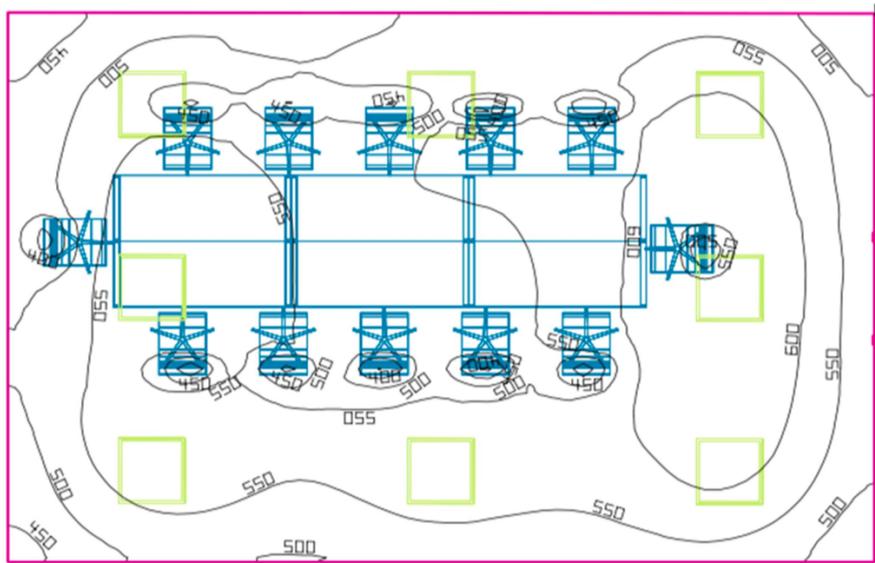


Ilustración 12 Distribución de las isótopos en la sala de reuniones

Como el comedor también necesita una iluminancia uniforme se instalarán 8 de estas mismas lámparas. Siendo la iluminancia media de 300 lx y de 380 lx la máxima.

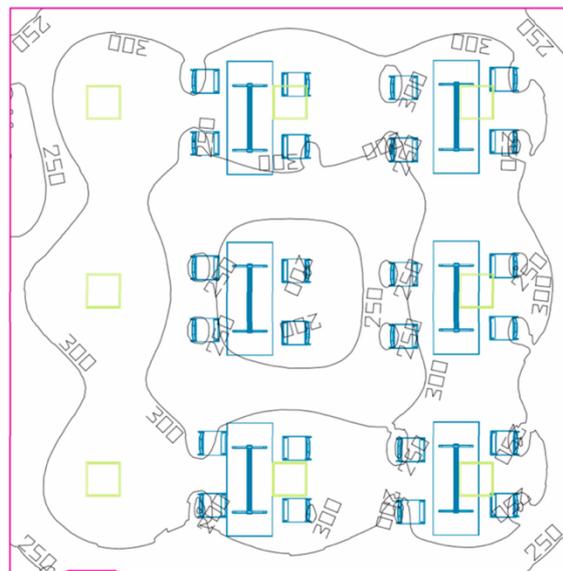


Ilustración 13 Distribución de las isótopos en el comedor

5.1.2.4 Taller, zona de la trituradora y grupo de frío.

Estas zonas son pequeñas, se va a utilizar una lámpara Philips Lighting MPK561 1xCDM-T35W/930 EB DA se trata de una lámpara de descarga de tipo pendular. Esta lámpara tiene un foco ancho por lo que será suficiente con utilizar una luminaria por cada una de las zonas.

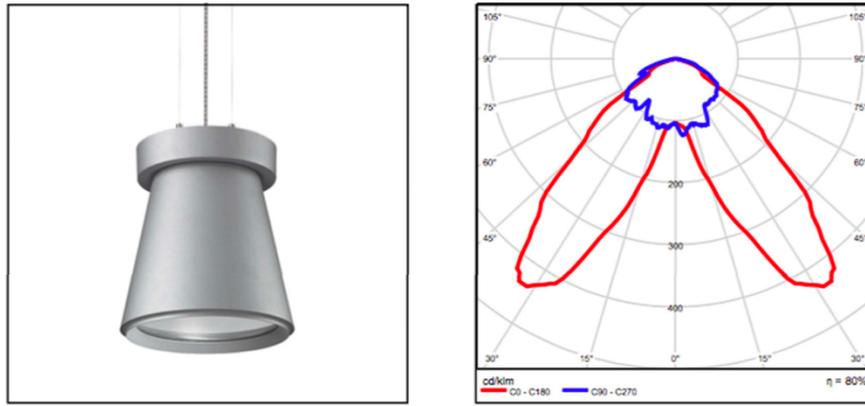


Ilustración 14 lámpara Philips Lighting MPK561 1xCDM-T35W/930 EB DA

Para las tres zonas los valores obtenidos son los mismo al tratarse de tener la misma superficie y forma. Los valores obtenidos para la iluminancia media son de 215 lx y de 250 lx para la máxima.

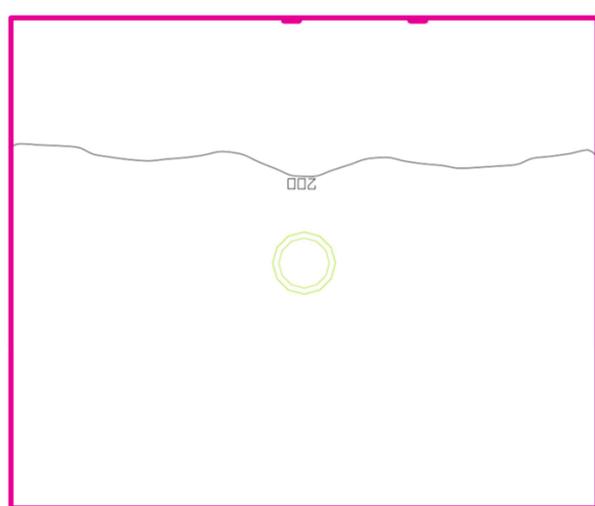


Ilustración 15 Distribución de las isolíneas para el taller, zona de la trituradora y grupo de frío

5.1.2.5 Entrada y pasillo

La luminaria elegida para estas dos zonas se ha elegido una lámpara de tipo fluorescente empotrado, se trata de un panel con un foco medio. La zona de la entrada requiere una mayor iluminancia que el pasillo al ser esta última una zona solo de paso. La lámpara elegida es una lámpara Philips Lighting TCS760 4xTL5-20W HFP AC-MLO.

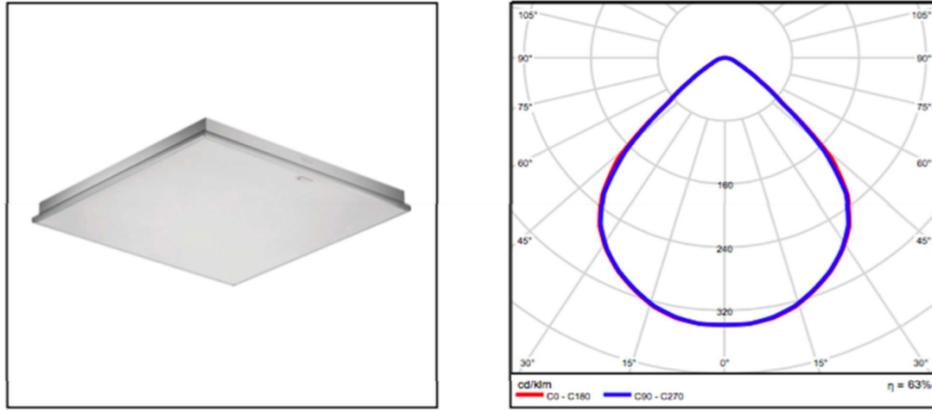


Ilustración 16 Philips Lighting TCS760 4xTL5-20W HFP AC-MLO

Para la zona del pasillo se van a instalar 6 paneles Philips Lighting TCS760 4xTL5-20W HFP AC-MLO. Siendo su iluminancia media de 300 lx y la máxima de 460 lx.

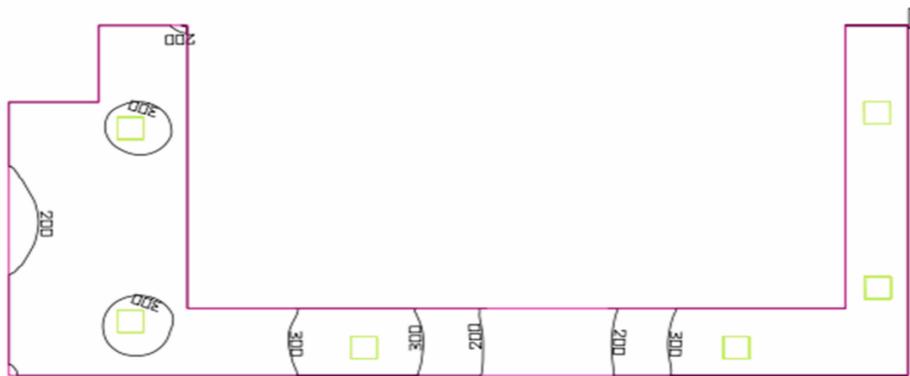


Ilustración 17 Distribución de las isóneas del pasillo

En la entrada se van a instalar 3 de los mismos paneles, la iluminancia media es de 300 lx y la máxima de 350 lx.

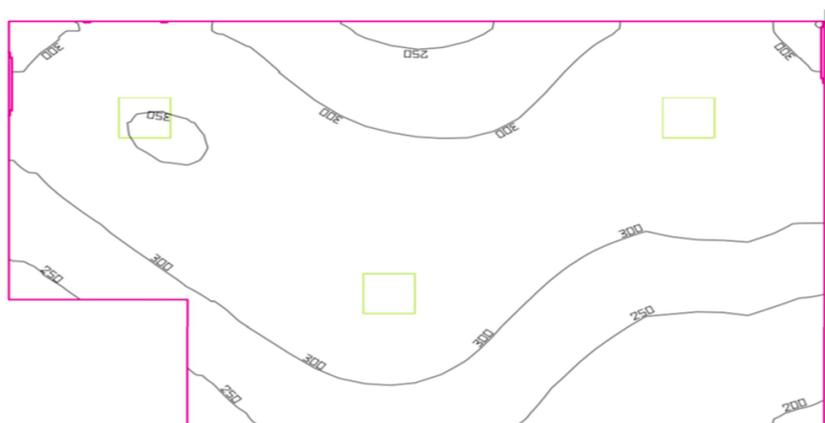


Ilustración 18 Distribución de las isóneas en la entrada

A continuación, en la siguiente tabla se muestra el resumen de las luminarias instaladas y la potencia total del alumbrado interior instalado.

Alumbrado	Unidades	Potencia (W)
Philips Lighting MPK460	16	240
Philips Lighting RS140B	6	15
Philips Lighting DN130B	12	24
LED Philips Lighting RC125B	23	53
Philips Lighting MPK561	3	41,5
Philips Lighting TCS760	9	95
	P_{Total}	6416,5

Tabla 9 Potencia iluminación interior instalada

5.1.3 Alumbrado de emergencia

Según la ITC-BT-28 para diseñar el alumbrado de emergencia debemos tener en cuenta la reglamentación de protección contra incendios, regida por el REAL DECRETO 2267/2004 del 3 de diciembre; la cual indica que sólo es necesario instalar alumbrado de emergencia en las vías de evacuación y en aquellas zonas donde haya cuadros de alumbrado que puedan resultar peligrosos ante una posible evacuación. Aunque el CT se encuentre en el exterior del edificio para poder tener acceso desde el exterior, como dicta la norma, también debemos situar en su interior un alumbrado de emergencia.

El alumbrado de emergencia está previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de este baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía.

5.1.3.1 Alumbrado de evacuación

También será necesario instalar alumbrado de evacuación, aunque no sea un local de pública concurrencia, en todas las escaleras de incendios, en particular toda escalera de evacuación de edificios para uso de viviendas excepto las unifamiliares; así como toda zona clasificada como de riesgo especial en el Artículo 19 de la Norma Básica de Edificación NBE-CPI-96.

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux, siendo la distancia entre luminarias inferior en todo momento a 8 metros.

En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux. A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores unipolares.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40 lux.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Se han diseñado dos posibles líneas de evacuación gracias a la distribución de la planta. Estas vías de evacuación se deben conducir hacia el exterior de la instalación.

La primera vía de evacuación, que tiene lugar en la zona del almacén, tiene su origen en los locales de la trituradora, grupo de frío y el taller. La salida del edificio se hará por la puerta que conecta el exterior con el almacén.

Y para la segunda vía de evacuación, está cuenta con dos salidas de emergencia, una en cada planta de la instalación. La vía de la primera planta tiene su origen al fondo de la zona de producción, sale también de cada uno de los vestuarios y el comedor. La puerta de salida de emergencia será la propia puerta de entrada. El origen de la vía de la segunda planta tiene su origen en cada una de las habitaciones que se encuentran allí, los baños, las oficinas y la sala de reuniones.

La luminaria de emergencia elegida para el pasillo de la segunda planta y la zona de entrada se compone de unos kits de emergencia de la marca Normalux para que en caso necesario estas pueden funcionar como alumbrado de emergencia. Para el resto de zonas se ha elegido el modelo 061513LS de la serie C3 LED marca Legrand, este modelo cuenta con una autonomía de 2 horas. Estas se instalarán además empotradas en sobre cada una de las puertas, se necesitarán 36 en total.

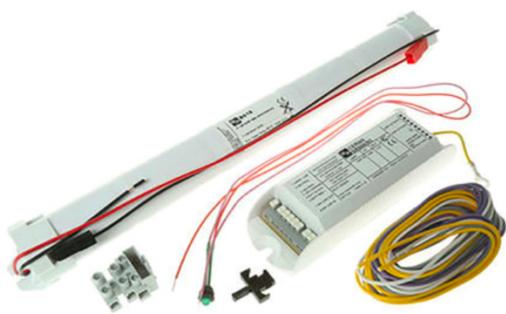


Ilustración 20 Kit para transformar la luminaria a luminaria de emergencia



Ilustración 19 Luminaria de emergencia LED

5.1.4 Alumbrado exterior

La Instrucción ITC-BT-09 determina que las luminarias se ajustarán a la norma UNE-EN-60598-2-3. Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior deben tener como mínimo el grado de protección IP 23. Cada punto de luz deberá estar protegido contra sobreintensidades (interruptor automático o fusible) de acuerdo a lo establecido en la ITC-BT-22.

5.1.4.1 Protección contra contactos directos e indirectos

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general. Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público, se requerirá el empleo de útiles especiales. Las partes metálicas de los quioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente, deberán estar puestas a tierra.

La protección contra los contactos indirectos puede asegurarse mediante:

- Corte automático de la alimentación en un tiempo compatible con la seguridad de las personas y una tensión de contacto no mayor de 24 V. Esta primera medida está ligada a la puesta a tierra de la instalación.
- Ejecutando la instalación de manera que todo defecto entre las partes bajo tensión y las accesibles sea improbable y, por tanto, los riesgos correspondientes puedan ser despreciados.

5.1.4.2 Puesta a tierra

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

La luminaria elegida es tipo LED, ya que ofrecen una larga vida útil y un gran ahorro energético. Está se instalará empotrada en la pared en la zona de carga/descarga del almacén y de pie en la acera del aparcamiento de empleados la luminaria exterior.

Para la zona del aparcamiento se va a instalar 6 luminarias de la marca Philips el modelo LED Málaga CoreLine y para la de carga y descarga 4 luminarias del modelo Luma gen2 de la misma marca.

La iluminancia media es de 25 lx y la máxima de 320 lx.

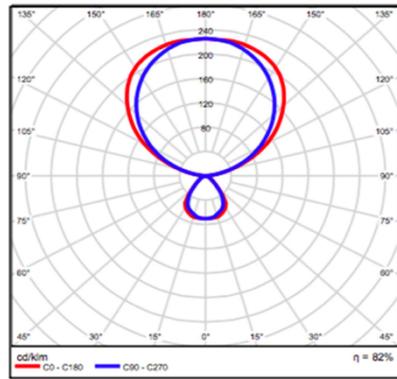


Ilustración 21 Luminaria LED Málaga CoreLine

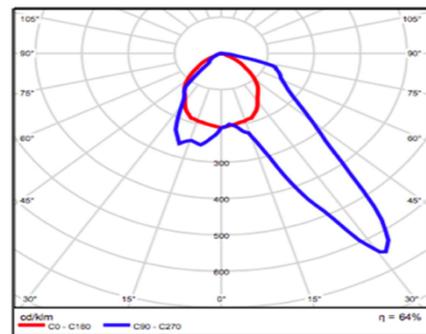


Ilustración 22 Luminaria LED Luma gen2

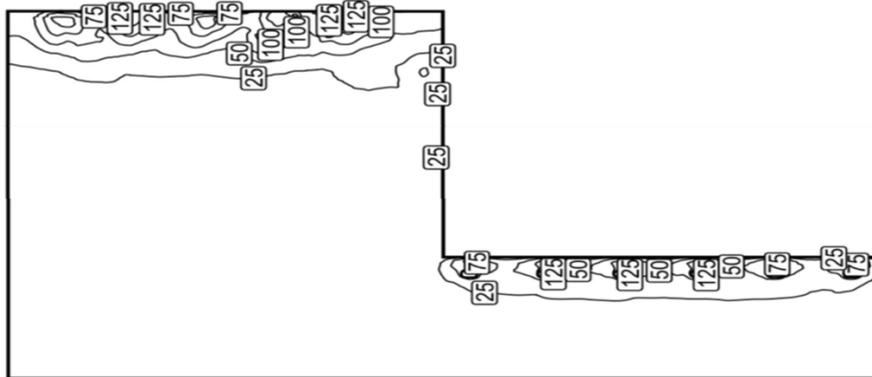


Ilustración 23 Distribución isolíneas de la luminaria exterior

A continuación, en la siguiente tabla se muestra el resumen de las luminarias instaladas y la potencia total del alumbrado exterior instalado.

Alumbrado	Unidades	Potencia (W)
Philips Málaga CoreLine	6	120
Philips Luma gen2	6	165
P_{TOTAL}		1710

Tabla 10 Potencia total iluminación exterior

5.2 Tomas de corriente

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores serán de acuerdo a la norma UNE 20315.

5.2.1 Localización de las tomas de corriente

Se ha elegido la marca Legrand para hacer toda la instalación de la industria. Se van a instalar tomas de corriente a lo largo de toda la industria para así poder asegurar la conexión de cualquier elemento por si se necesitara.

La instalación de estas tomas de corriente se realizará cerca de cada uno de los puestos de trabajo, la minicolumna de la marca Legrand ofrece la posibilidad de situar conexiones en lugares diáfanos con cableados por el suelo técnico o pavimento, colocada bajo la mesa o en el lateral, provee a puestos de trabajo con alta necesidad de mecanismos.

Para la sala de reuniones además se ha elegido un bloque de mesa da solución a la dificultad de conexión en mesas de reunión equipado con: 8 tomas 2P+T lateral 1 punto de acceso Wi-Fi.

La instalación de las tomas de corriente quedaría de la siguiente manera:

Lugar	Tomas de corriente
Almacén	2 Tomas de corriente simple
Aseo 1	2 Tomas de corriente doble
Aseo 2	2 Tomas de corriente doble
Comedor	2 Tomas de corriente simple 1 Toma corriente simple
Oficina 1	1 Minicolumna 1 toma de corriente doble
Oficina 2	3 Minicolumna 2 Tomas de corriente doble
Sala de reuniones	1 Bloque de mesa 1 Toma de corriente doble
Taller	2 Tomas de corriente doble
Vestuario 1	1 Toma de corriente doble 2 Tomas de corriente simple
Vestuario 2	1 Toma de corriente doble 2 Tomas de corriente simple
Zona de producción	2 Tomas de corriente trifásicas
Lugar	Tomas de corriente

Tabla 11 Resumen de las tomas de corriente de la instalación



Ilustración 24 Imágenes de las tomas de corriente elegidas

5.3 Instalación de los cuadros secundarios

Según ITC-BT-17, los dispositivos generales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el. Se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

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

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, está recomendado según ITC-BT-23.

Cada uno de los cuadros se ha instalado para reducir la distancia de las líneas, las dimensiones de cada cuadro dependen del número de circuitos de la instalación, técnicamente no hay ninguna obligación de dejar reserva de espacio para posibles ampliaciones, pero dejaremos un porcentaje que oscilan entre el 20% y 25% de reserva para futuras ampliaciones en los cuadros de mando y protección.

Cuadro de distribución	Modelo	Alto (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)	Nº de módulos
CGeneral	Legrand Nedbox 6012 44	825	330	122	48
C1	Legrand Nedbox 6012 44	825	330	122	44
C2	Legrand Nedbox 6012 44	825	330	122	48
C3	Legrand Nedbox 6018 33	622	340	161	36
C4	Legrand Nedbox 6018 32	423	340	161	24
C5	Legrand Practibox 6011 13	289	358	120	16
C6	Legrand Practibox 6011 11	180	266	102	8
C7	Legrand Nedbox 6018 32	423	340	161	24
C8	Legrand Practibox 6011 12	208	287	103	12
C9	Legrand Practibox 134044	180	208	99	4
C10	Legrand Practibox 6011 11	180	208	99	6
C11	Legrand Nedbox 6018 32	423	340	161	22
C12	Legrand Practibox 6011 12	208	287	103	12

Tabla 12 Resumen de los cuadros de distribución de la instalación

5.4 Conductores

5.4.1 Diseño de los conductores

5.4.1.1 Material conductor

Para la elección de los conductores se ha seguido la ITC-BT-19.

Los conductores que se empleen en las instalaciones serán de cobre mayoritariamente, pero para el caso de la línea que alimenta a los receptores no industriales se ha optado por conductor de aluminio, puesto que es más económico y cumple con su función.

Las demás líneas serán de cobre, puesto que sus capacidades eléctricas y mecánicas son mayores que las del aluminio y tiene una vida útil más larga.

También se ha considerado que estas bandejas limiten su uso a las líneas eléctricas, evitando así que se mezclen con las de otras instalaciones.

5.4.1.2 Método de instalación

Para la instalación se ha tenido en cuenta tanto el factor económico, el estético o la facilidad de construcción.

Lo primero a tener en cuenta es elegir el recorrido más corto para así tener un menor coste, pero esto también se ha elegido las bandejas para todas las líneas que alimentan a los receptores industriales, además con el uso de bandejas conseguimos que es este todo más ordenado y estético.

Para los cuadros secundarios, se han elegido también estas bandejas, por las que serán alimentados desde el cuadro general, situado cerca del CT.

El uso de estas bandejas es una solución sencilla en cuanto a construcción se refiere.

5.4.1.3 Aislante del conductor

Para evitar el contacto del conductor con las personas este debe de ser rodeado de un aislante capaz de resistir la corriente en el conductor. Los aislantes que se han elegido son el polietileno reticulado (XLPE) y el policloruro de vinilo (PVC).

Las bandejas que se van a instalar requieren que el aislante sea capaz de resistir una corriente de 1000V, esto solo lo conseguimos con el con el XLPE capaz de resistir esa tensión. Este es el mismo caso que para las líneas enterradas.

Por esto en los casos en que las líneas o receptores requieran una gran potencia el aislante elegido será el XLPE ya que presenta unas características térmicas y eléctricas superiores a las del PVC, esto es debido a que como materia termoestable el factor de pérdidas en la conducción sea más pequeño respecto a la de PVC, así que en el caso de esta potencia más elevadas las pérdidas son menores.

El PVC lo usaremos para el caso de líneas que necesiten una potencia menor como es el caso de luminaria, o máquinas más pequeñas.

Esta tabla resume del diseño de las líneas diseñadas:

Línea	Longitud (m)	Conductor	Aislamiento	Método de instalación
LG	11,3	Cobre	XLPE	Enterrado (D)
L1	35,1	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L2	48,2	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L3	3,9	Cobre	XLPE	Tubo al aire (B1)
L4	12,1	Cobre	XLPE	Tubo al aire (B1)
L5	1,8	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L6	4,9	Cobre	XLPE	Tubo al aire (B1)

L7	6,1	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L8	33,1	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L9	17,8	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L10	4,5	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L11	20	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L12	44,8	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L13	76,3	Cobre	PVC	Bandeja (F)
L14	32,2	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L15	38,1	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L16	35,6	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L17	33,9	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L18	4,1	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L19	85,3	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L20	90,7	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L21	20,9	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L22	53,9	Cobre	PVC	Bandeja (F)
L23	67,9	Cobre	PVC	Bandeja (F)
L24	66,9	Cobre	PVC	Bandeja (F)
L25	119,1	Cobre	PVC	Bandeja (F)
L26	42,6	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L27	60,4	Cobre	XLPE	Bandeja (F)
L28	3,9	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L29	38,4	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L30	28,5	Cobre	PVC	Tubo al aire (B2)
L31	20,2	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L32	31,1	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L33	13,9	Cobre	XLPE	Tubo al aire (B1)
L34	18,4	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L35	18,4	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L36	12,5	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L37	57,2	Aluminio	PVC	Bandeja (F)
L38	7	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L39	72,6	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L40	43,6	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L41	12,9	Cobre	XLPE	Tubo al aire (B1)

L42	18,7	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L43	16,7	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L44	12,3	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L45	13,5	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L46	6,9	Cobre	XLPE	Tubo al aire (B1)
L47	47,4	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L48	22,4	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)
L49	14,9	Cobre	PVC	Tubo al aire (B1)

Tabla 13 Resumen de las características de los conductores de la instalación

5.4.2 Dimensionamiento de los conductores

El cálculo de la sección de los conductores en BT según el calentamiento, se realiza mediante tablas del REBT, que fijan las intensidades o las densidades de corriente máximas admisibles en función de la sección, del material conductor, del aislamiento y según el tipo de instalación que marca las condiciones de enfriamiento.

Calentamiento del conductor. La densidad de corriente en el conductor debe ser limitada para disminuir el calentamiento producido al circular corriente eléctrica. Este criterio fija la máxima intensidad de corriente por el conductor.

Caída de tensión. Esta se limita para evitar el efecto de disminución de la tensión de utilización tiene sobre el funcionamiento de los receptores, los cuales deben de estar conectados a la tensión nominal para su correcto funcionamiento.

5.4.2.1 Criterio térmico

Cuando circula corriente por un conductor se produce un calentamiento del mismo (debido fundamentalmente a la pérdida de energía en forma de calor o efecto Joule), aumentando su temperatura hasta que llega al equilibrio térmico cuando todo el calor producido es cedido al exterior. La temperatura de equilibrio térmico es directamente proporcional al volumen del conductor y a la densidad de la corriente, dependiendo de las condiciones de enfriamiento. Para mantener una determinada temperatura, la densidad de corriente admisible debe disminuir al aumentar la sección del conductor.

Para las instalaciones interiores la sección se fija según la ITC-BT-19 y la UNE-HD 6034-5-52:2014, cuyas tablas indican las intensidades admisibles en conductores aislados con termoplásticos o termoestables.

$$I_B = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \cdot U(V) \cdot \cos(\varphi)} \quad (A) \quad (2)$$

$P(W)$, es igual a la potencia absorbida por la red que esta definida por el producto de la potencia nominal y el rendimiento del motor eléctrico. $U(V)$ es la relación de transformación del

transformador 4007230 V. Y por último, el $\cos(\varphi)$ es el factor de potencia, en nuestro caso se ha rectificado por la compensación reactiva, su valor es de 0,9.

Además, teniendo en cuenta la ITC-BT-47, 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.

Teniendo en cuenta esto la formula quedaría de la siguiente manera:

$$I_B = 1,25 \frac{P(W)}{\sqrt{3} \cdot U(V) \cdot \cos(\varphi)} \quad (A) \quad (3)$$

Se estima además un coeficiente de simultaneidad de 0,8 para la línea general de CT por el tipo de industria. Para el resto de ellas las calcularemos teniendo en cuenta que todos los receptores estuvieran a plena carga por motivos de seguridad, al no disponer de los datos del fabricante.

La línea del alumbrado será una línea monofásica, con una intensidad máxima de 10 A, así conseguimos secciones pequeñas que se adaptan mejor a estas y no es necesario realizar cambios en la sección, ahorrando así costes en la instalación.

Con la intensidad máxima elegida, procedemos a calcular el número de luminarias que se podría conectar en cada línea.

$$I_B = \frac{P(W)}{UF} \quad (A) \quad (4)$$

Para el tipo de luminarias que hemos escogido, para tipo LED hay que tener en cuenta un factor de compensación de 1 y para las luminarias de descarga el factor de compensación es 1,8.

La formula anterior quedaría de la siguiente forma:

$$I_B = \text{factor de compensación} \frac{\Sigma P \text{ luminarias por línea } (W)}{UF} \quad (A) \quad (5)$$

Este es el resultado de las líneas del alumbrado del almacén:

$$I_B = 1,8 \frac{(1,8 \cdot n \cdot 240)}{230} \leq 10 \quad (A) \quad (6)$$

$n \leq 5,63$ siendo el resultado entero un total de 5 luminarias.

Teniendo en cuenta que en el almacén vamos a instalar 8 luminarias, el número final de luminarias por línea será de 4, para que estas queden igual de cargadas.

Para las líneas que alimentan el alumbrado de emergencia el resultado sería el 10% del resultado de la expresión anterior. El alumbrado de emergencia se alimentará del cuadro general, estas luminarias sólo consumen un 10% al realizarse la carga durante 24 horas.

Para dimensionar las tomas de corriente desconocemos la potencia de los receptores que se conectarán, por esto, para evitar un futuro problema de sobrecarga en las líneas se tendrá en cuenta que esta potencia no será superior a 3000 W.

La intensidad máxima admisible también viene dada por la temperatura ambiente, pero es necesario utilizar factores de corrección (k), este factor depende de la temperatura ambiente, el método de instalación.

$$I_1 \geq \frac{IB}{k} \text{ (A)} \quad (7)$$

Así, obtenemos la sección necesaria S cumpliendo que la intensidad resultado de la expresión anterior (I1) sea menor que la intensidad admisible.

$$I_{Total} \geq I_1 \text{ (A)} \quad (8)$$

Al ser un valor normalizado este tiene que ser multiplicado por el factor de corrección k, así obtendremos el resultado en las condiciones reales.

$$I_z = k \cdot I_{Total} \text{ (A)} \quad (9)$$

5.4.2.2 Caída de tensión

De acuerdo con la ITC-BT-19, la sección del conductor es función de la caída de tensión admisible en la línea, esta caída de tensión suele estar limitada por las empresas suministradoras de BT a un máximo del 5%.

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. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

$$U_1 - U_2 = \Delta U = \frac{L}{U_2} \quad (10)$$

Para las líneas monofásicas esta caída de tensión se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta U = 2 \cdot (R \cdot I \cdot \cos(\phi) + X \cdot I \cdot \sin(\phi)) \quad (11)$$

Esta caída de tensión expresada en % para comprobar las especificaciones:

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 \quad (12)$$

Línea	I_B (A)	I_1 (A)	I_Z (A)	Caída de Tensión (%)	S (mm^2)
LG	224,5251	233,8803	249,60	0,0962	6 x 70
L1	288,6751	300,7033	305,44	0,5906	185
L2	0,9463	1,1829	10,80	0,2436	1,5
L3	62,5623	78,2029	69,60	0,1255	16
L4	17,6425	22,0531	21,20	0,6854	2,5
L5	15,2367	19,0458	16,80	0,0881	2,5
L6	160,37507	200,46884	171,20	0,10156	70
L7	64,15163	87,16254	102,90	0,13096	25
L8	360,46941	489,76822	360,15	0,31260	3 x 240
L9	337,58954	458,68143	367,50	0,35026	185
L10	257,88312	350,38467	279,30	0,09479	120
L11	177,85756	241,65429	191,10	0,45970	70
L12	256,60012	348,64147	279,30	0,93896	120
L13	8,50030	11,54932	14,70	3,46413	1,5
L14	61,39625	76,74531	67,20	0,66162	25
L15	377,84175	393,58516	305,03	0,83910	185
L16	138,72444	144,50462	128,63	1,65278	50
L17	68,96289	93,82705	85,26	1,20264	25
L18	137,12069	142,83405	105,84	0,13682	35
L19	8,52426	8,87943	15,44	3,88366	1,5
L20	8,52426	8,87943	15,44	4,12952	1,5
L21	64,60375	80,75469	67,20	0,45187	25
L22	12,05929	16,40720	15,44	3,47173	1,5
L23	8,52426	11,59763	14,70	3,09145	1,5
L24	8,52426	11,59763	14,70	3,04592	1,5
L25	3,18795	4,33735	12,13	2,02796	1,5
L26	16,84043	21,05053	19,20	1,44368	4
L27	17,96842	24,44683	21,32	3,48459	2,5
L28	8,12781	10,15976	10,80	0,16931	1,5
L29	4,67829	5,84787	10,80	0,95952	1,5
L30	15,23667	20,31557	17,25	0,87386	4
L31	1,12948	1,41186	10,80	0,12186	1,5
L32	10,64228	13,30285	10,80	1,76779	1,5
L33	6,94424	8,68030	13,20	0,51556	1,5
L34	0,76980	0,96225	10,80	0,07565	1,5
L35	0,76980	0,96225	10,80	0,07565	1,5
L36	15,23667	19,04584	19,20	0,38327	4
L37	112,99337	153,73247	130,10	0,64115	95
L38	17,55565	21,94456	19,20	0,24730	4

L39	4,19032	5,23790	10,80	1,62487	1,5
L40	0,76980	0,96225	10,80	0,17927	1,5
L41	76,20750	95,25938	95,20	0,23924	35
L42	2,85794	3,57242	10,80	0,28545	1,5
L43	1,58856	1,98570	10,80	0,14170	1,5
L44	15,23667	19,04584	19,20	0,37714	4
L45	16,43845	20,54806	16,80	0,71252	2,5
L46	16,07640	20,09550	18,40	0,35616	2,5
L47	1,46439	1,83049	10,80	0,37074	1,5
L48	15,23667	19,04584	19,20	0,68683	4
L49	10,82532	13,53164	14,80	0,51788	2,5

Tabla 14 Parámetros de los conductores

5.5 Protecciones

5.5.1 Sistemas de conexión del neutro y a las masas en redes de distribución

Según ITC-BT-08, para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparatada encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

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

Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.

S = Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.

C = Las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

Para plantas industriales con nuestras características, ya que se trata de una planta no muy grande, además esta conexión ofrece un mantenimiento más sencillo y facilita la actuación de las protecciones en caso de posibles fallos, el esquema elegido es el TT .

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación. Aunque ambas tomas de tierra no sean independientes, el esquema sigue siendo un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones del esquema TN. Dicho de otra forma, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

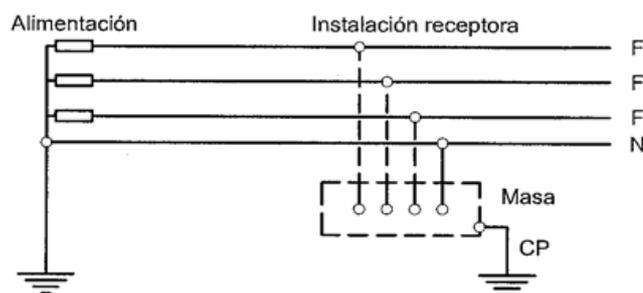


Ilustración 25 Esquema de distribución tipo TT

5.5.2 Protección frente a contactos directos e indirectos

La ITC-BT-24 describe las medidas destinadas a asegurar la protección de las personas y animales domésticos contra los choques eléctricos.

En la protección contra los choques eléctricos se aplicarán las medidas apropiadas para la protección contra contactos directos y contra los contactos indirectos.

5.5.2.1 Protección contra los contactos directos

Esta protección 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.

Estas medidas habitualmente son:

- 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.

Las tres últimas medidas le limitan a los locales de servicio eléctrico, solo accesibles al personal autorizado.

El método elegido para nuestro edificio industrial será el de protección por medio de barreras o envolventes, en estas 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 20.324.

Se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

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

Las barreras o envolventes serán fijadas de manera segura y serán 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.

5.5.2.2 Protección contra los contactos indirectos

La ITC-BT-24 describe tres medidas para conseguir esta protección, se ha elegido protección por corte automático.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto. Se utilizará como referencia lo indicado en la norma UNE EN 20.572 -1.

Después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

Para Esquemas TT estas son las características y prescripciones de los dispositivos de protección:

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.

Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_A \leq U_L \quad (13)$$

Donde:

- R_A es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

- I_A 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_L es la tensión de contacto límite convencional.

Esta tensión límite convencional es igual a 50 V para locales secos y no conductores, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales.

$$R_A \cdot I_A \leq U_L = 50 \text{ V} \quad (14)$$

Se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos. Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_A tiene un valor muy bajo.

Cuando el dispositivo de protección es uno contra las sobrecargas, debe ser:

- bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso e I_a debe ser la corriente que asegure el funcionamiento automático en 5 s como máximo;
- o bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea e I_a debe ser la corriente que asegura el funcionamiento instantáneo.

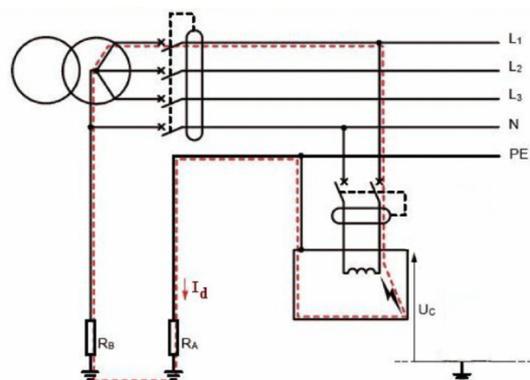


Ilustración 26 Bucle de defecto en una instalación con esquema TT

Donde:

- I_d es la corriente de defecto.

Para calcular la corriente de defecto en el peor de los casos se considera una resistencia de defecto, I_d , igual a 0.

$$I_d = \frac{U_{fn}}{R_A + R_B + R_d} \quad (A) \quad (15)$$

$$I_d = \frac{230}{2 + 25 + 0} = 8,519 \text{ A} \quad (16)$$

$$I_d = R_A \cdot I_d = U_{fn} \frac{R_A}{R_A + R_B} = 230 \frac{2}{2 + 25} = 17,037 \text{ A} \quad (17)$$

Los encargados de que no se generen tensiones de contacto peligrosas son los interruptores diferenciales, para que la tensión de contacto no sea peligrosa calcularemos la intensidad necesaria mediante esta expresión:

$$I_{\Delta N} \cdot R_A \leq U_L \quad (18)$$

$$I_{\Delta N} \leq \frac{50}{2} = 25 \text{ A} \quad (19)$$

Como tenemos diversos dispositivos a lo largo de toda la instalación eléctrica, el valor de esta intensidad de defecto sólo se considerará para el interruptor diferencial de la línea general, pero debemos calcular la intensidad nominal del resto de diferenciales siguiendo un esquema de distribución en serie.

Con una distribución del interruptor diferencial (ID) en serie se consigue mediante la disposición de la banda I/t de disparo del primer diferencial (ID₁) por encima y a la derecha de la banda I/t del siguiente diferencial (ID₂). Entenderemos como banda I/t la franja que se queda entre $I_{\Delta nf}$ y $I_{\Delta N}$, siendo $I_{\Delta nf}$ la intensidad por debajo de la cual el circuito al que protege el ID seguirá funcionando, e $I_{\Delta N}$ es la intensidad a partir de la cual el ID abrirá el circuito. Así, al estar la banda del ID₁ más a la derecha que la del ID₂ actuará primero el ID₂. Llamamos a este funcionamiento, funcionamiento selectivo.

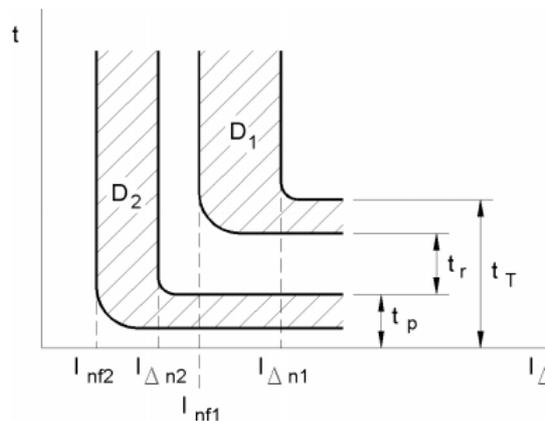


Ilustración 27 Condiciones para el funcionamiento selectivo de diferenciales en serie

De acuerdo con las normas de producto UNE EN 61008 (diferenciales puros), UNE EN 61009-1:2003 (bloques diferenciales) y UNE EN 60947-2 (interruptores automáticos), se establecen las siguientes sensibilidades normalizadas:

6 mA, 10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA, 1000 mA, y 3000 mA.

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, el diferencial de la línea general necesita una intensidad nominal inferior a 2500 mA, este debe de permitir el dimensionamiento de todos los demás diferenciales, por esta razón se ha elegido el de 1000 mA.

LG:

$$I_{\Delta N} \leq 25 A \rightarrow I_{\Delta N} = 1000 mA \quad (20)$$

En este caso y para que cumpla su correcta función, se ha diseñado un tiempo de retardo (t_r), que sea independiente de la corriente de defecto, de esta forma nos aseguramos que saltará primero el interruptor situado aguas abajo en caso necesario.

L1, L8, L15, L22, L27, y L37:

$$I_{\Delta N2} \leq \frac{I_{\Delta N}}{2} = 500 mA \quad (21)$$

$$I_{\Delta N2} \leq 500 mA \rightarrow I_{\Delta N2} = 300 mA \quad (22)$$

L28, L32, L37, L41, L46:

$$I_{\Delta N2.1} \leq \frac{I_{\Delta N2}}{2} = 150 mA \quad (23)$$

$$I_{\Delta N2} \leq 150 mA \rightarrow I_{\Delta N2} = 100 mA \quad (24)$$

El resto de líneas no tienen ningún dispositivo instalado aguas abajo, por esto elegimos uno de tipo instantáneo.

$$I_{\Delta N2.1.1} \leq \frac{I_{\Delta N2.1}}{2} = 50 mA \quad (25)$$

$$I_{\Delta N2.1.1} \leq 50 mA \rightarrow I_{\Delta N2} = 30 mA \quad (26)$$

5.5.3 Instalaciones de puesta a tierra

La ITC-BT-18 define la puesta a tierra como 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 grupos 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 instalación debe de contar con una puesta a tierra en el CT, el transformador y otra en las masas de baja tensión, siguiendo la norma UNE 20460-5-54.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

5.5.3.1 Puesta a tierra de las masas de baja tensión (R_A)

La puesta a tierra de las masas se realizará mediante un electrodo con forma de cinta de acero cuyas medidas son 30x35 mm², este será enterrado alrededor de todo el perímetro del edificio industrial (189,573 m) en las zanjas de cimentación.

Gracias a conectar estas masas a tierra conseguimos que frente a una tensión de contacto esta sea derivada a tierra, evitando así el peligro para las personas.

En este caso la ITC-BT-18 define la siguiente formula para un conductor enterrado horizontalmente.

Guiándonos por las tablas de esta norma, tomamos la resistividad del terreno con un valor de 200 Ω .

$$R_A = \frac{2 \cdot \rho}{L} \quad (27)$$

Siendo:

ρ , resistividad del terreno (Ω)

L, longitud de la pica o del conductor (m)

$$R_A = \frac{2 \cdot 200}{189,573} = 2,11 \Omega \quad (28)$$

5.5.3.2 Puesta a tierra del neutro del transformador (R_B)

De las opciones que existen hemos elegido una puesta a tierra con electrodo vertical facilitando así que frente a una posible corriente de defecto irá hacia la tierra, logrando así que las protecciones disminuyan su deterioro.

Para el cálculo de esta pica vertical la ITC-BT-18 define la siguiente formula:

$$R = \rho / L \quad (\Omega) \quad (29)$$

La impedancia R_B obtenida es menor de 30 Ω así que el electrodo elegido tendrá una longitud de 8m para garantizar un funcionamiento correcto.

$$R_B = \frac{200}{8} = 25 \Omega \quad (30)$$

5.5.3.3 Puesta a tierra de las masas del CT

Se opta por un electrodo tipo anillo rectangular normalizado, este se instalará en la zanja perimetral de cimentación el CT.

En este caso hemos utilizado los parámetros de electrodos para calcular el sistema de puesta a tierra de un CT aplicando el método UNESA, Tabla38, parámetros de electrodos con configuración rectangular.

Profundidad (m)	Sección del conductor (mm ²)	Diámetro de las picas (mm)	Resistencia (Kr)	Tensión de paso (Kp)	Tensión de contacto exterior (Kc)
0,5	50	14	0,112	0,0225	0,0674

Tabla 15 Parámetros de electrodos con configuración rectangular

$$R_T = \rho \cdot K_r (\Omega) \quad (31)$$

$$R_T = 200 \cdot 0,112 = 22,4 \Omega \quad (32)$$

Los cálculos necesarios de las comprobaciones para que esta instalación cumpla con la seguridad necesaria para nuestro edificio se encuentran en el Documento 2: Cálculos justificativos.

$R_A (\Omega)$	$R_B (\Omega)$	$R_T (\Omega)$
2,11	25	22,4

Tabla 16 Resumen de las impedancias de la puesta a tierra

5.5.3.4 Dimensionamiento de los elementos que componen la instalación 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.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

Según la ITC-BT-18 la sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 16, o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la Norma UNE 20.460 -5-54. Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, se han de utilizar conductores que tengan la sección normalizada superior más próxima.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm ²)
S ≤ 16	Sp = S
16 < S ≤ 35	Sp = 16
S > 35	Sp = S/2

Tabla 17 Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Línea	S línea (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Línea	S línea (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Línea	S línea (mm ²)	Sección protección (mm ²)
LG	6 x 70	35	L17	25	16	L34	1,5	1,5
L1	185	120	L18	35	16	L35	1,5	1,5
L2	1,5	1,5	L19	1,5	1,5	L36	4	4
L3	16	16	L20	1,5	1,5	L37	95	40
L4	2,5	2,5	L21	25	16	L38	4	4
L5	2,5	2,5	L22	1,5	1,5	L39	1,5	1,5
L6	70	35	L23	1,5	1,5	L40	1,5	1,5
L7	25	16	L24	1,5	1,5	L41	35	16
L8	3 x 240	120	L25	1,5	1,5	L42	1,5	1,5
L9	185	120	L26	4	4	L43	1,5	1,5
L10	120	70	L27	2,5	2,5	L44	4	4
L11	70	35	L28	1,5	1,5	L45	2,5	2,5
L12	120	70	L29	1,5	1,5	L46	2,5	2,5
L13	1,5	1,5	L30	4	4	L47	1,5	1,5
L14	25	16	L31	1,5	1,5	L48	4	4
L15	185	120	L32	1,5	1,5	L49	2,5	2,5
L16	50	25	L33	1,5	1,5			

Tabla 18 Secciones de las líneas y de los conductores de protección

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

La sección de los conductores de tierra tiene que satisfacer las prescripciones de la tabla 18 cuando estén enterrados. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Para dimensionar los conductores de tierra se sigue el mismo método que para dimensionar los conductores de protección, el cobre sin protección frente a corrosión debe de tener como mínimo una sección de 25 mm².

TIPO	PROTEGIDO MECÁNICAMENTE	NO PROTEGIDO MECÁNICAMENTE
Protegido contra la corrosión	Mismo método que el de los CP	16mm ² Cobre 16mm ² Acero galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm ² Cobre 50 mm ² Acero

Tabla 19 Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra

La configuración elegida para el conductor será de cobre aislado con XLPE, la elección favorece la conducción y disminuye la sección necesaria, para dimensionar este conductor hemos usado la integral de Joule, para saber su puede alcanzar el valor con la sección mínima de 25 mm², indicada en la Tabla 18, antes de su degradación.

$$(I^2 \cdot t)_{adm} = (K \cdot S)^2 = (143 \cdot 25)^2 = 1,28 \cdot 10^7 A^2 \cdot s \quad (33)$$

K es una constante que depende del material conductor y del aislante empleado, en el caso del cobre aislado con XLPE el valor de la constante es 143.

5.5.3.5 Estructura de la instalación de puesta a tierra

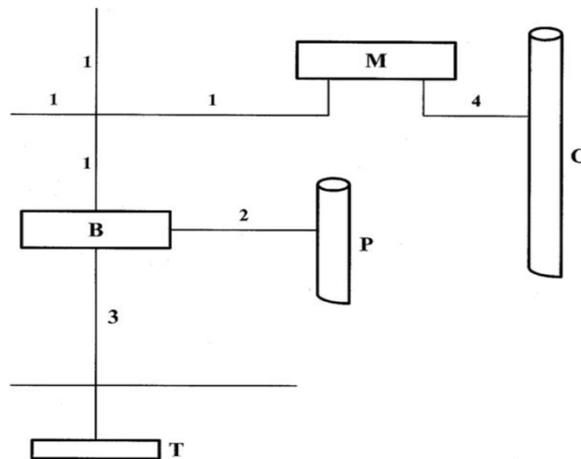


Ilustración 28 Estructura de la instalación de tierra

- 1: Conductor de protección.
- 2: Conductor de unión equipotencial principal.
- 3: Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4: Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B: Borne principal de tierra, o punto de puesta a tierra.
- M: Masa.
- C: Elemento conductor.
- P: Canalización metálica principal de agua.
- T: Toma de tierra.

5.5.3.6 Condiciones relativas a la seguridad

Estas condiciones son las que cumplir el electrodo de puesta a tierra de las masas del CT, deben de satisfacer la seguridad de las personas, esto queda asegurado de la siguiente forma.

a-1: La tensión de paso máxima debe ser inferior a la tensión de paso admisible.

$$K_{pm} = K_p \cdot \rho_1 \cdot I_d \leq V_{p,adm} = V_{pa,adm} \left(5 + \frac{6 \cdot \rho_2}{1000} \right) \quad (34)$$

a-2: La tensión de contacto máxima debe ser inferior a la tensión de contacto admisible.

$$K_{cm} = K_c \cdot \rho_1 \cdot I_d \leq V_{c,adm} = V_{ca,adm} \left(2 + \frac{1,5 \cdot \rho_2}{1000} \right) \quad (35)$$

a-3: La corriente de defecto originada por un fallo de aislamiento franco debe ser mayor que la corriente de arranque del relé de protección.

$$I_d \geq I_a \quad (36)$$

Como la segunda condición no se cumple habría que realizar cambios en la instalación de puesta a tierra para que pudieran cumplirse, la ITC-BT-18 permite no cumplir esta condición siempre y cuando se disponga de medidas adicionales para asegurar la seguridad de las personas.

Esta medida consta de un malazo electro-soldado conectado a dos puntos opuesto del electrodo y con una capa de hormigón de espesor 10 cm, de forma que el CT se convierta en una superficie equipotencial. Con estas nuevas condiciones, la norma exige cumplir las siguientes condiciones:

a'-1: La tensión de paso máxima en el exterior debe ser menor que la tensión de paso admisible:

$$V_{pm,ext} \leq V_{pm,adm} \quad (37)$$

a'-2: La tensión de paso en el acceso máxima debe ser menor que la tensión de paso en el acceso admisible. Se comprueba para los 2 accesos que tiene el CT, desde la planta y desde la acera.

$$V_{p(acc)m} = V_{cm,ext} \leq V_{p(acc)acera} \quad (38)$$

$$V_{p(acc)m} = V_{cm,ext} \leq V_{p(acc)planta} \quad (39)$$

Los cálculos se encuentran en el Documento 2.

5.5.3.7 Diseño de los sistemas de puesta a tierra.

Una vez dimensionados todos los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación a tierra, queda instalarlos en el edificio industrial de modo que las tensiones transferidas entre los sistemas de puesta a tierra no sean peligrosas.

Ahora que ya tenemos dimensionados los sistemas de puesta a tierra de la instalación, se procede a su instalación en la nave industrial, estos deben de ser colocados con cierta distancia para que no pueda haber transferencias de tensiones en los sistemas de puesta a tierra.

Según la ITC-BT-18, 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.

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 ($<100 \Omega \cdot m$). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia se calculará, aplicando la formula:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U} \quad (40)$$

D: Distancia entre electrodos (m).

ρ : resistividad media del terreno ($\Omega \cdot m$).

I_d : intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica (A).

U: 1200 V para sistemas de distribución TT con un tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 s.

Distancia necesaria para que R_t sea independiente de R_A :

$$D = \frac{200 \cdot 343,996}{2 \cdot \pi \cdot 1200} = 9,125 \text{ m} \quad (41)$$

Distancia necesaria para que R_A sea independiente de R_t :

$$D = \frac{200 \cdot 343,996}{2000 \cdot \pi} = 10,950 \text{ m} \quad (42)$$

Según esta norma, sólo se podrían 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 ($V_d = I_d \cdot R_t$) sea menor que la tensión de contacto máximo.

$$V_d = I_d \cdot R_t = 343,996 \cdot 22,4 = 7705,510 \text{ V} \quad (43)$$

$V_d > 1000 \text{ V} \rightarrow$ No sería posible una puesta de tierra en común.

5.5.4 Protección frente a sobreintensidades

Siguiendo la ITC-BT-22, todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades 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 sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar producidas por:

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

Se recomienda proteger todos los circuitos secundarios frente a los cortocircuitos, con el fin de garantizar la continuidad de servicio de aquellos circuitos no afectados por la falta. Esto exigirá también la coordinación y selectividad de las protecciones (interruptores automáticos (IA) o fusibles).

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.

Para la protección contra sobrecargas en instalaciones industriales se puede utilizar tanto relés

térmicos o equivalentes asociados con interruptores automáticos, como fusibles, aunque la protección proporcionada por el interruptor automático con relé térmico es más eficiente que la proporcionada por el fusible.

Hemos escogido entre los dispositivos ya mencionados los interruptores automáticos porque aún siendo menos económicos que los fusibles requieren de menos mantenimiento.

5.5.4.1 Protección frente a sobrecargas

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

Cuando un conductor es sometido a una intensidad más grande que la que se había previsto aumenta su temperatura, quedando por encima del valor admisible (T_{ad}), dañando así el aislante que protege el conductor.

Para evitar que esto pase se utilizan dispositivos de protección, este debe actuar cortando la alimentación en un tiempo de actuación menor que el tiempo de calentamiento del conductor, para así evitar la degradación.

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable (o conductor) contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (44)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (45)$$

- I_n : Corriente asignada del dispositivo de protección.

- I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado.

- I_2 : Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo (t_c tiempo convencional según norma).

Para los pequeños interruptores automáticos, (PIA) normalizados, tiene un valor de $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ y para los interruptores automáticos de $I_2 = 1,3 \cdot I_n$

Así obtendremos un dispositivo que sea capaz de soportar estas sobrecargas:

Línea	I_B (A)	I_n (A)	I_Z (A)	$1,45 \cdot I_Z$ (A)	I_2 (A)
LG	1224,5251	1250	1126,5631	1633,516	1812,5
L1	288,6751	320	305,4400	442,8880	464,0
L2	0,9463	1	10,8000	15,6600	1,45
L3	62,5623	63	69,6000	100,9200	91,4
L4	17,6425	20	21,2000	30,7400	29,0
L5	15,2367	16	16,8000	24,3600	23,2
L6	160,3751	250	171,2000	248,2400	362,5
L7	64,1516	80	102,9000	149,2050	116,0
L8	1160,4694	1250	852,9450	1236,7703	1812,5

L9	337,5895	400	367,5000	532,8750	580,0
L10	257,8831	320	279,3000	404,9850	464,0
L11	177,8576	250	191,1000	277,0950	362,5
L12	256,6001	320	279,3000	404,9850	464,0
L13	8,5003	10	14,7000	21,3150	14,5
L14	61,3962	63	67,2000	97,4400	91,4
L15	377,8418	400	305,0250	442,2863	580,0
L16	138,7244	160	128,6250	186,5063	232,0
L17	68,9629	80	85,2600	123,6270	116,0
L18	137,1207	160	105,8400	153,4680	232,0
L19	8,5243	10	15,4350	22,3808	14,5
L20	8,5243	10	15,4350	22,3808	14,5
L21	64,6038	80	67,2000	97,4400	116,0
L22	12,0593	16	15,4350	22,3808	23,2
L23	8,5243	10	14,7000	21,3150	14,5
L24	8,5243	10	14,7000	21,3150	14,5
L25	3,1879	6	12,1275	17,5849	8,7
L26	16,8404	20	19,2000	27,8400	29,0
L27	17,9684	20	21,3150	30,9068	29,0
L28	8,1278	10	10,8000	15,6600	14,5
L29	4,6783	6	10,8000	15,6600	8,7
L30	15,2367	16	17,2500	25,0125	23,2
L31	1,1295	1	10,8000	15,6600	1,45
L32	10,6423	16	10,8000	15,6600	23,2
L33	6,9442	10	13,2000	19,1400	14,5
L34	0,7698	1	10,8000	15,6600	1,45
L35	0,7698	1	10,8000	15,6600	1,45
L36	15,2367	16	19,2000	27,8400	23,2
L37	112,9934	160	130,0950	188,6378	232,0
L38	17,5556	20	19,2000	27,8400	29,0
L39	4,1903	6	10,8000	15,6600	8,7
L40	0,7698	1	10,8000	15,6600	1,45
L41	76,2075	80	95,2000	138,0400	116,0
L42	2,8579	3	10,8000	15,6600	4,4
L43	1,5886	3	10,8000	15,6600	4,4
L44	15,2367	16	19,2000	27,8400	23,2
L45	16,4384	20	16,8000	24,3600	29,0
L46	16,0764	20	18,4000	26,6800	29,0
L47	1,4644	1	10,8000	15,6600	1,45
L48	15,2367	16	19,2000	27,8400	23,2
L49	10,8253	16	14,8000	21,4600	23,2

Tabla 20 Intensidades nominales de los interruptores automáticos

5.5.4.2 Protección frente a 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.

También se recomienda proteger todos los circuitos secundarios frente a los cortocircuitos, con el fin de garantizar la continuidad de servicio de aquellos circuitos no afectados por la falta.

Estas son las condiciones para que una línea este protegida adecuadamente:

- Poder de corte del interruptor automático $> I_{cc,máx}$

- $I_{cc,min} > I_m$

I_m corriente mínima que asegura el disparo magnético.

- $I_{cc,máx} < I_B$

Donde I_B es la intensidad que corresponde al $(I^2 \cdot t)_{adm}$

$$(I^2 \cdot t)_{adm} = (K \cdot S)^2 \geq (I^2 \cdot t) (A^2 \cdot s) \quad (46)$$

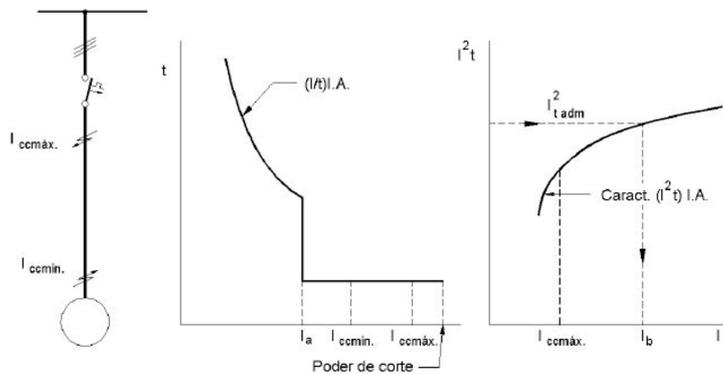


Ilustración 29 Curvas protección frente a cortocircuitos mediante interruptor automático

La siguiente fórmula se emplea para calcular las corrientes de cortocircuito:

$$I'' = \frac{U_{nT}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (47)$$

U_{nT} es la tensión nominal referida al secundario del transformador.

Z_k es la impedancia de defecto del circuito, esta se calcula como el sumatorio de las impedancias de cortocircuito desde la salida del transformador hasta el punto en el que se produce el cortocircuito.

$$Z_k = R_k + jX_k \quad (48)$$

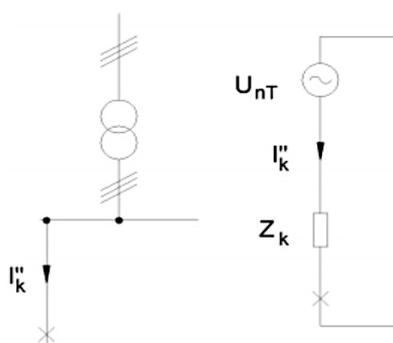


Ilustración 30 Circuito monofásico equivalente para un cortocircuito tripolar

Línea	Z (mΩ)	I'' _{cc,máx} (kA)	I'' _{cc,min} (kA)
MT	14,6048	15,7087	15,7087
BT	14,7014	7,8540	7,8540
LG	14,7014	15,7087	7,8540
L1	17,4116	15,0273	6,6318
L2	10,5970	13,2636	10,8965
L3	14,5520	13,2636	7,9350
L4	16,1774	13,2636	7,1377
L5	13,6531	13,2636	8,4574
L6	12,5434	13,2636	9,2056
L7	17,4794	13,2636	6,6061
L8	16,8416	15,0273	6,8562
L9	9,9932	13,7124	11,5549
L10	12,3740	13,7124	9,3317
L11	14,3586	13,7124	8,0419
L12	10,0382	13,7124	11,5031
L13	13,5255	13,7124	8,5372
L14	23,0357	13,7124	5,0127
L15	15,7215	15,0273	7,3447
L16	11,5027	14,6895	10,0385
L17	10,7480	14,6895	10,7434
L18	10,2347	14,6895	11,2822
L19	21,2378	14,6895	5,4370
L20	25,7528	14,6895	4,4838
L21	27,3832	14,6895	4,2168
L22	26,3099	15,0273	4,3888
L23	16,2729	8,7777	7,0958
L24	20,4996	8,7777	5,6328
L25	20,1977	8,7777	5,7170
L26	35,9574	8,7777	3,2113
L27	12,8613	15,0273	8,9781

L28	18,2353	12,6644	6,3322
L29	19,1774	17,9562	6,0211
L30	11,5933	17,9562	9,9601
L31	18,6044	17,9562	6,2066
L32	26,0986	17,9562	4,4244
L33	19,3894	12,6644	5,9553
L34	14,1965	16,2674	8,1337
L35	15,5551	14,8466	7,4233
L36	15,5551	14,8466	7,4233
L37	18,7739	15,0273	6,1506
L38	17,2692	13,3729	6,6865
L39	20,1134	11,4819	5,7410
L40	21,9186	10,5363	5,2681
L41	11,1632	18,3729	10,3438
L42	13,8946	17,5443	8,3104
L43	15,6457	17,5443	7,3803
L44	15,0419	17,5443	7,6766
L45	13,7135	17,5443	8,4202
L46	14,0758	16,5378	8,2035
L47	20,0832	16,4069	5,7496
L48	14,3105	16,4069	8,0689
L49	16,7628	16,4069	6,8885

Tabla 21 Intensidades de cortocircuito

Línea	Curva	I_n (A)	Poder de corte (kA)	$(I^2 \cdot t)_{adm} A^2 \cdot s$	I_m (A)
LG	C	1250	50	100200100	12500
L1	C	320	36	699867025	3200
L2	B	1	16	29756,25	5
L3	B	63	16	5234944	315
L4	B	20	25	127806,25	100
L5	C	16	25	82656,25	160
L6	C	250	16	100200100	2500
L7	D	80	16	12780625	1120
L8	C	1250	50	1177862400	12500
L9	C	400	36	699867025	4000
L10	D	320	36	294465600	4480
L11	D	250	36	100200100	3500
L12	D	320	36	294465600	4480
L13	C	10	16	29756,25	100
L14	C	63	25	8265625	630
L15	C	400	36	699867025	4000
L16	C	160	36	51122500	1600
L17	C	80	25	12780625	800
L18	C	160	25	25050025	1600
L19	B	10	25	46010,25	50
L20	B	10	25	46010,25	50
L21	B	80	25	8265625	400
L22	C	16	25	29756,25	160
L23	C	10	16	29756,25	100

L24	C	10	16	29756,25	100
L25	C	6	16	29756,25	60
L26	C	20	25	211600	200
L27	B	20	25	127806,25	100
L28	C	10	16	29756,25	100
L29	C	6	16	29756,25	60
L30	C	16	25	211600	160
L31	B	1	16	29756,25	5
L32	C	16	25	29756,25	160
L33	C	10	16	46010,25	100
L34	B	1	16	29756,25	5
L35	B	1	16	29756,25	5
L36	C	16	25	211600	80
L37	C	160	36	52128400	1600
L38	C	20	25	211600	200
L39	C	6	16	29756,25	60
L40	B	1	25	29756,25	5
L41	C	80	36	25050025	800
L42	C	3	16	29756,25	30
L43	B	3	16	29756,25	15
L44	C	16	25	211600	160
L45	C	20	25	82656,25	200
L46	B	20	25	127806,25	100
L47	B	1	16	29756,25	5
L48	C	16	25	211600	160
L49	C	16	25	82656,25	160

Tabla 22 Interruptores automáticos

5.5.5 Compensación de la energía reactiva

La energía reactiva es uno de los temas más importante en el consumo de energía de las industrias, ya que hace que las corrientes que se trabajan sean más grandes que la requerida sin generar ningún trabajo.

Las compañías eléctricas miden la potencia reactiva al igual que la potencia real y con ellas calculan el factor de potencia pueden llegar a penalizar a la empresa con un gran porcentaje de sobre costo si este factor es bajo.

Estas corrientes reactivas generan algunos problemas, como por ejemplo que los generadores de energía requieren mayor capacidad de generación de corriente, los conductores que transportan esta corriente deben de ser más gruesos para poder ser capaces de transportar toda la corriente requerida, y, por último, mayores corrientes provocan que haya mayores pérdidas por efecto Joule en los conductores debido a la pérdida de potencia en la resistencia propia del conductor.

Se puede concluir que a mayor potencia reactiva menor es el factor de potencia, mayores intensidades, por lo que la compañía de luz podría penalizar en función de la cantidad existente por parte de la empresa.

Para poder compensar la energía reactiva, primero calcularemos cual es la potencia reactiva demandada por cada uno de nuestros receptores.

Al no disponer de los datos exactos por parte del fabricante, se han supuesto los siguientes valores:

-Para una potencia igual o inferior a 1kW el $\cos \varphi_1 = 0,78$

-Para una potencia igual o inferior a 3kW el $\cos \varphi_2 = 0,82$

-Para una potencia igual o inferior a 15kW el $\cos \varphi_3 = 0,85$

-Para una potencia superior a 15kW el $\cos \varphi_4 = 0,87$

Siguiendo las siguientes formulamos podemos calcular cual es la potencia reactiva de cada receptor:

$$Q_r = P \cdot \tan \varphi \quad (49)$$

$$\varphi_1 = 38,7394^\circ$$

$$\varphi_2 = 34,9152^\circ$$

$$\varphi_3 = 31,7883^\circ$$

$$\varphi_4 = 29,5413^\circ$$

Potencia maquinaria instalada (kW)	cos φ	tan φ	Q_r (kVAr)
0,375	0,78	0,802	0,30075
17	0,9	0,484	8,2331
3	0,82	0,698	2,094
18	0,87	0,567	10,2006
18	0,87	0,567	10,2006
18	0,87	0,567	10,2006
50	0,9	0,484	24,215
50	0,9	0,484	24,215
80	0,9	0,484	38,744
135,5	0,9	0,484	65,62265
130	0,9	0,484	62,959
10	0,82	0,698	6,98
49,5	0,9	0,484	23,97285
14	0,82	0,698	9,772
18,5	0,9	0,484	8,95955
5	0,82	0,698	3,49
1	0,78	0,802	0,802
1	0,78	0,802	0,802
22	0,9	0,484	10,6546
15	0,87	0,567	8,5005
18	0,9	0,484	8,7174

1	0,78	0,802	0,802
15	0,87	0,567	8,5005
18	0,9	0,484	8,7174
15	0,87	0,567	8,5005
22,5	0,9	0,484	10,89675
11,25	0,87	0,567	6,375375
1	0,78	0,802	0,802
1	0,78	0,802	0,802

Tabla 23 Tabla resumen potencia reactiva

Ahora que ya se ha calculado la potencia reactiva que debemos compensar, hay que conseguir que el factor de potencia no sea inferior a $\cos \varphi = 0,9$. Para esto se habrá de instalar condensadores en el cuadro general.

$$\cos \varphi = 0,9 \rightarrow \tan \varphi = 0,4832 \quad (50)$$

$$Q_f = P \cdot \tan \varphi \quad (51)$$

$$Q_f = 772,625 \cdot 0,4832 = 373,3324 \text{ kVAr} \quad (52)$$

$$Q_c = Q_f - Q_r = 436,0896 - 373,3324 = 62,7572 \text{ kVAr} \quad (53)$$

A continuación, se muestra como estarán instalados los condensadores necesarios para compensar la energía reactiva.

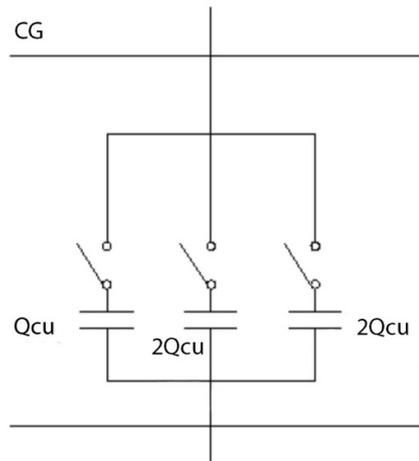


Ilustración 31 Esquema instalación de condensadores

Este grupo de condensadores compensará la energía reactiva de forma regulable y centralizada, estos estarán instalados en el cuadro general. Como de la energía reactiva que se consume a lo largo de día es muy variable por que hay muchos factores de potencia distintos se ha optado por establecer 5 escalones distintos, para así poder elegir según la necesidad que se tenga en ese momento.

$$Q_u = \frac{Q_c}{5} \text{ (kVAr)} \quad (54)$$

$$Q_u = \frac{62,7572}{5} = 12,5515 \text{ kVAr} \quad (55)$$

Finalmente se calcula cual es la intensidad necesaria para alimentar los condensadores.

$$I_B = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{12,5515 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 18,1164 \text{ A} \quad (56)$$

5.5.6 Protección frente a sobretensiones

Las sobretensiones se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

La ITC-BT-23 muestra las indicaciones a considerar para cuando la protección contra sobretensiones está prescrita o recomendada en las líneas de alimentación principal 230/400 V en corriente alterna.

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: No es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.

Cuando se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en una instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad), se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.

- Situación controlada: Si es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias.

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.

En nuestro caso al tratarse de una instalación alimentada por una red subterránea no sería necesario este tipo de protección.

6. CONCLUSIÓN

El objetivo de este proyecto ha sido conocer y utilizar la normativa vigente para desarrollar una instalación eléctrica en baja tensión, poniendo así en práctica ciertos conocimientos aprendidos durante el grado.

Se ha diseñado una instalación eléctrica siguiendo la norma, esta instalación tiene su inicio en el cuadro general, hasta las instalaciones interiores y la iluminación exterior.

Esta instalación incluye una estimación de la carga, el cálculo del diseño de la iluminación ya de la iluminación de emergencia, junto con el dimensionamiento de los conductores y sus aislantes, la puesta a tierra y los dispositivos de protección necesarios.

La realización de este proyecto me ha ayudado a asentar muchos temas que aprendí durante mi formación. Desde la recogida de información de distintas fuentes hasta aprender a resolver problemas que surgen durante la realización del proyecto.

7. REFERENCIAS

7.1 Normativa

Reglamento electrotécnico para baja tensión

ITC-BT-07 REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.

ITC-BT-08 SISTEMAS DE CONEXIÓN DEL NEUTRO Y DE LAS MASAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

ITC-BT-09 INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR.

ITC-BT-17 DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN. INTERRUPTOR DE CONTROL DE POTENCIA.

ITC-BT-18 INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

ITC-BT-19 PRESCRIPCIONES GENERALES DE LAS INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS.

ITC-BT-22 PROTECCIÓN CONTRA SOBREENTENSIDADES.

ITC-BT-23 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.

ITC-BT-24 PROTECCIÓN CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

ITC-BT-28 INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA.

ITC-BT-40 INSTALACIONES GENERADORAS DE BAJA TENSIÓN.

ITC-BT-47 MOTORES.

UNE EN 12464-1 : 2002 ILUMINACIÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

UNE EN 12464- 1 NORMA EUROPEA PARA ILUMINACIÓN DE INTERIORES.

UNE EN 20315 BASES DE TOMAS DE CORRIENTE Y CLAVIJAS.

UNE EN 20.572-1 EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE HUMANOS Y LOS ANIMALES DOMÉSTICOS.

UNE EN 20460-5-54 SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE LOS MATERIALES ELÉCTRICOS.

UNE EN 6034-5-52 : 2014 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS. CANALIZACIONES.

UNE EN 20324 GRADOS DE PROTECCIÓN PROPORCIONADOS POR LOS ENVOLVENTES.

UNE EN 61008, 61009-1 : 2003 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS PARA ACTUAR POR CORRIENTE RESIDUAL, CON DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREENSIDADES.

UNE EN 60947-2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

7.2 Catálogos

CATÁLOGO DE PRODUCTOS PHILLIPS LIGHTING – LUMINARIAS DE INTERIOR.

CATÁLOGO NORMALUX ALUMBRADO DE EMERGENCIA.

CATÁLOGO ILUMINACIÓN EXTERIOR LED PHILLIPS.

CATÁLOGO LUMINARIAS DE EMERGENCIA DE INTERIOR: SERIE C3 LED LEGRAND.

CATÁLOGO INTERRUPTORES DIFERENCIALES SCHNEIDER.

GUÍA PROTECCIÓN DIFERENCIAL BAJA TENSIÓN SCHNEIDER.

CATÁLOGO INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS ABB.

7.3 Bibliografía

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN, 8ª edición, 2020.

REGLAMENTO ELÉCTRICO PARA BAJA TENSIÓN, 4ª edición, 2019.

1. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES

1.1. Dimensionamiento de las secciones

Analizamos los cálculos que se han seguido para calcular la sección de los conductores. Para hacer el cálculo se va a aplicar el criterio térmico, y se comprobará que la sección cumple el criterio de caída de tensión.

1.1.1. Criterio térmico

Para empezar, se calcula I_B :

$$I_B = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \cdot U(V) \cdot \cos(\varphi)} \text{ (A)}$$

$P(W)$, es igual a la potencia absorbida por la red que esta definida por el producto de la potencia nominal y el rendimiento del motor eléctrico. $U(V)$ es la relación de transformación del transformador 4007230 V. Y por ultimo el $\cos(\varphi)$ es el factor de potencia, en nuestro caso se ha rectificado por la compensación reactiva, su valor es de 0,9.

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.

Para el ejemplo de cálculo se va a usar la línea 17:

$$P(W) = 20000 (P_{motor}) + 18000(P_{restante}) = 38000 \text{ W}$$

$$I_B = \frac{(20000 \cdot 1,25) + 18000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 68,9628 \text{ A}$$

Cuando I_B está calculado pasamos a calcular la intensidad demandada, para ello es necesario calcular el factor k . El factor por agrupamiento, estando 4 circuitos agrupados, $k = 0,77$. Además se ha tenido en cuenta una temperatura ambiente de 35°C, así el factor de corrección en estas condiciones es de $k = 0,96$.

Con estas dos condiciones:

$$k = 0,77 \cdot 0,96 = 0,7392$$

La intensidad demandada:

$$I_1 = \frac{I_B}{k} \text{ (A)}$$

$$I_1 = \frac{68,9628}{0,7392} = 93,2938 \text{ A}$$

Ahora que I_1 esta calculada toca mirar la tabla A52-1 para buscar la intensidad admisible, este valor es el inmediatamente superior al calculado en I_1 .

La línea 17 es una línea aislada en XLPE y con un método de instalación F.

$$I_1 < I_T$$

$$I_T = 116 \rightarrow S = 25 \text{ mm}^2$$

$$I_z = I_T \cdot k$$

$$I_z = 116 \cdot 0,739 = 85,26 \text{ A}$$

1.1.2. Criterio caída de tensión

Empezamos calculando la resistividad del conductor, para ello hay que tener en cuenta la temperatura del conductor.

$$T_{cu} = T_{amb} + (T_z - T_{amb}) \cdot \left(\frac{I_z}{I_B}\right)^2$$

$$T_{cu} = 35 + (90 - 35) \cdot \left(\frac{85,26}{68,9628}\right)^2 = 119,0667$$

$$\rho_{cu} = \rho_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$\rho_{cu} = 0,01724 \cdot (1 + 0,00397 \cdot (119,0667 - 20)) = 0,0240 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

La reactancia de las líneas se calcula con la siguiente expresión:

$$X = x' \cdot l = 0,00008 \cdot 33,9 = 0,002712 \Omega$$

Pasamos ahora al cálculo de la caída de tensión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (R \cdot I_B \cdot \cos \varphi + X \cdot I_B \cdot \text{sen } \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (0,0277 \cdot 68,9628 \cdot 0,9 + 0,0027 \cdot 68,9628 \cdot 0,4359) = 3,1296 \text{ V}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U_n}$$

$$\varepsilon = \frac{3,1296}{400} \cdot 1050 = 0,7824 \%$$

La caída de tensión obtenida es inferior al 6,5%, por lo tanto el resultado obtenido bastante más pequeño que el máximo admisible.

Para calcular la caída de tensión de las líneas de alumbrado se ha escogido la línea 29.

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \text{ (A)}$$

$$I = \frac{95}{230 \cdot 0,9} = 0,45 \text{ A}$$

Ahora calculamos la intensidad en cada tramo:

$$\begin{aligned} I_1 &= 0,45 \cdot 8 = 3,6 \text{ A} & I_2 &= 0,45 \cdot 7 = 3,15 \text{ A} \\ I_3 &= 0,45 \cdot 6 = 2,7 \text{ A} & I_4 &= 0,45 \cdot 5 = 2,25 \text{ A} \\ I_5 &= 0,45 \cdot 4 = 1,8 \text{ A} & I_6 &= 0,45 \cdot 3 = 1,35 \text{ A} \\ I_7 &= 0,45 \cdot 2 = 0,9 \text{ A} & I_8 &= 0,45 \cdot 1 = 0,45 \text{ A} \end{aligned}$$

Y a continuación, calculamos la caída de tensión:

$$A = \frac{\rho \cdot \cos \varphi}{S}$$

$$A = \frac{0,0194 \cdot 0,9}{1,5} = 0,0112$$

$$\begin{aligned} \Delta U_1 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 3,6 = 0,368 \text{ A} & \Delta U_2 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 3,15 = 0,329 \text{ A} \\ \Delta U_3 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 2,7 = 0,282 \text{ A} & \Delta U_4 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 2,25 = 0,235 \text{ A} \\ \Delta U_5 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 1,8 = 0,188 \text{ A} & \Delta U_6 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 1,35 = 0,141 \text{ A} \\ \Delta U_7 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 0,9 = 0,094 \text{ A} & \Delta U_8 &= 0,0112 \cdot 2 \cdot 4,67 \cdot 0,45 = 0,047 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\Sigma \Delta U = 1,684 \text{ V}$$

2. PUESTA A TIERRA DEL CT

Para calcular la puesta a tierra del CT primero hemos de calcular la corriente máxima que se produciría al tener un defecto fase-masa.

$$I_d = \frac{U_F}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \text{ (A)}$$

$$I_d = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 22,4)^2 + 25^2}} = 343,9962 \text{ A}$$

$$V_{bt} = 8000 \text{ V} \geq V_{t,m\acute{a}x} \rightarrow V_{d,m\acute{a}x} \cdot R_t = 343,9962 \cdot 22,4 = 7705,5149 \text{ V}$$

Cumple las condiciones de seguridad de los materiales.

Ahora, pasamos a comprobar las medidas de seguridad para las personas. Calcularemos la tensión de paso y contacto, y también las tensiones exteriores. Para ponernos en la peor situación haremos el cálculo teniendo en cuenta una resistencia de los zapatos igual a 0.

$$V_{cad} = \frac{k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho_2}{1000}\right) = \frac{72}{0,7} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot 2500}{1000}\right) = 488,5714 \text{ V}$$

$$V_{pad} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_2}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,7} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 2500}{1000}\right) = 16457,1429 \text{ V}$$

$$V_{p(acc)ext} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho_2 + 3 \cdot \rho'_2}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,7} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 2500 + 3 \cdot 1200}{1000}\right) = 12445,7143 \text{ V}$$

$$V_{p(acc)acera} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho_2 + 3 \cdot \rho'_2}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,7} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 2500 + 3 \cdot 1200}{1000}\right) = 12445,7143 \text{ V}$$

$$V_{p(acc)interior} = \frac{10 \cdot k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot \rho_2 + 3 \cdot \rho'_2}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 72}{0,7} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 2500 + 3 \cdot 2500}{1000}\right) = 16457,1429 \text{ V}$$

Donde:

- t tiempo de actuación de las protecciones.
- k y n son constantes que dependen de t
- ρ_2 resistividad del suelo del CT ($\Omega \cdot m$)
- ρ'_2 resistividad de acceso exterior ($\Omega \cdot m$)

t(s)	K	n
$0,9 \geq t \geq 0,1$	72	1
$3 \geq t \geq 0,9$	78,5	0,18
$5 \geq t \geq 3$	64	0
$t \geq 5$	50	0

Tabla 1 Constantes K y n dependientes del parámetro t

$$V_{cm} = V_{cm,ext} = K_c \cdot \rho \cdot I_d \text{ (V)}$$

$$V_{cm} = V_{cm,ext} = 200 \cdot 0,0174 \cdot 343,9962 = 1197,1082 \text{ V}$$

$$V_{pm} = V_{pm,ext} = K_p \cdot \rho \cdot I_d \text{ (V)}$$

$$V_{pm} = V_{pm,ext} = 200 \cdot 0,0225 \cdot 343,9962 = 1547,9830 \text{ V}$$

$$V_{p(acc)m} = V_{cm,ext} \leq V_{p(acc)planta} = 1547,9830 \text{ V} \leq 16457,1429 \text{ V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

$$V_{p(acc)m} = V_{cm,ext} \leq V_{p(acc)acera} \rightarrow 1197,1082 \leq V_{p(acc)acera} = 12445,7143 \text{ V} \rightarrow \text{Se cumple}$$

$$I_d \geq I_a = 343,9962 \text{ A} \geq 0,7 \rightarrow \text{Se cumple}$$

3. CÁLCULO PROTECCIÓN FRENTE A SOBREENTENSIDADES

3.1. Cortocircuito

La primera expresión a calcular es la de la corriente de cortocircuito:

$$I'' = \frac{U_{nT}}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \text{ (A)}$$

Donde:

U_{nT} es la tensión nominal referida al secundario del transformador.

Z_k es la impedancia de defecto del circuito, esta se calcula como el sumatorio de las impedancias de cortocircuito desde la salida del transformador hasta el punto en el que se produce el cortocircuito.

La REE suministra en la provincia de Valencia una potencia de cortocircuito (S''_K) en el CT de alrededor de 350 MVA.

Impedancia de la línea de media tensión:

$$Z_L = \frac{1,1 \cdot U_{nT}^2}{1000 \cdot S''_K} \text{ m}\Omega$$

$$Z_L = \frac{1,1 \cdot 400^2}{1000 \cdot 350} = 0,5018 \text{ m}\Omega$$

$$X_L = 0,995 \cdot Z_L \rightarrow X_L = 0,50034 \text{ m}\Omega$$

$$R_L = 0,1 \cdot Z_L \rightarrow R_L = 0,05028 \text{ m}\Omega$$

Calculamos la impedancia de cortocircuito del transformador:

$$R_{BT} = \frac{\varepsilon_{Rcc} (\%) \cdot U_{nT}^2}{100 \cdot S_{nT}} \rightarrow R_{BT} = \frac{1 \cdot 400^2}{100 \cdot 1000} = 1,6 \text{ m}\Omega$$

$$X_{BT} = \frac{\varepsilon_{Xcc} (\%) \cdot U_{nT}^2}{100 \cdot S_{nT}} \rightarrow X_{BT} = \frac{8 \cdot 400^2}{100 \cdot 1000} = 12,8 \text{ m}\Omega$$

Para el ejemplo vamos a usar a línea 2:

Como el cortocircuito se produce en la línea 2, la corriente de cortocircuito también está limitada además por las líneas que están aguas arriba.

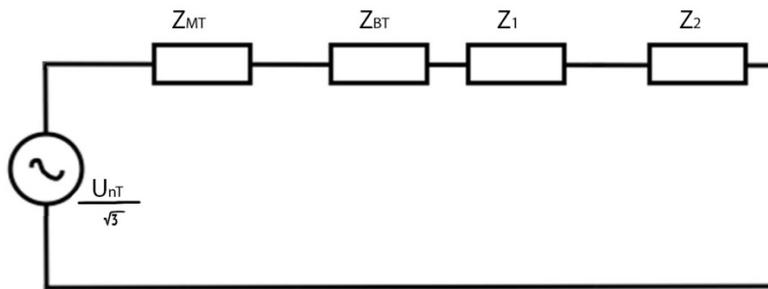


Ilustración 1 Circuito equivalente monofásico

$$\Sigma Z = Z_L + Z_{BT} + Z_{L1} \text{ (m}\Omega\text{)}$$

$$Z_{BT} = \sqrt{R_{BT}^2 + X_{BT}^2} = \sqrt{1,6^2 + 12,8^2} = 12,8996 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma Z = 0,5018 + 12,8996 + 1,3 = 14,7014 \text{ m}\Omega$$

$$I''_{cc,m\acute{a}x} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14,7014} = 15,7087 \text{ kA}$$

$$I''_{cc,m\acute{i}n} = \frac{0,5 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 14,7014} = 7,854 \text{ kA}$$

Ahora comprobamos que se cumplen las condiciones para que la línea este protegida adecuadamente:

1. Poder de corte del interruptor automático $> I_{cc,m\acute{a}x}$

El interruptor automático elegido tiene un poder de corte de 16kA.

$$16 \text{ kA} > 15,7087 \text{ kA}$$

2. $I_{cc,min} > I_m$

I_m corriente mínima que asegura el disparo magnético.

Curva C : $5 - 10 \cdot I_n$

$$I_m = 5 \cdot I_n = 7,5 < I''_{cc,m\acute{i}n} = 7,854 \text{ kA}$$

3. $I_{cc,m\acute{a}x} < I_B$

Donde I_B es la intensidad que corresponde al $(I^2 \cdot t)_{adm}$

El conductor y aislante de la línea 2 es de cobre y PVC y su sección es de 1,5 mm.

Aislante y conductor	K
Aluminio y PVC	76
Aluminio y XLPE	94
Cobre y PVC	115
Cobre y XLPE	143

Tabla 2 Valores de K

$$(I^2 \cdot t)_{adm} = (K \cdot S)^2 = (115 \cdot 1)^2 = 1,3225 \cdot 10^4 A^2 \cdot s$$

3.2. Sobrecarga

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable (o conductor) contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \quad (2)$$

- I_n : Corriente asignada del dispositivo de protección.

- I_Z : Corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado.

- I_2 : Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo (t_c tiempo convencional según norma).

Se calculan las de la línea 2:

$$0,9463 A \leq 1,5 A \leq 10,80 A$$

$$2,2 A \leq 24,4688 A$$

1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

Capítulo 1: Instalación de puesta a tierra

- **Unidad de obra 1:** Pica de puesta a tierra del neutro del transformador (ud)

PAT del neutro del transformador mediante una pica vertical de 8 metros de longitud y $\varnothing 14$ mm. Compuesta por acero recubierto con cable desnudo de cobre con un espesor medio de 300 μ .

- **Unidad de obra 2:** Puesta a tierra de las masas de baja tensión (mm)

El electrodo escogido tiene forma de cinta de acero (sección 30x35 mm) que será enterrado en las zanjas de cimentación a una profundidad de 0,5m.

- **Unidad de obra 3:** Puesta a tierra de las masas de CT (m)

La puesta a tierra consta de un electrodo en forma de anillo rectangular de dimensiones 6x3m, de cobre desnudo con una sección de 50 mm² enterrado en la zanja de cimentación del CT a una profundidad de 0,5m.

- **Unidad de obra 4:** Conductor de tierra (m²)

Conductor de cobre de 25 mm² sin protección mecánica frente a corrosión. Incluimos todos los procesos necesarios para llevarlo a cabo.

Capítulo 2: Suministro eléctrico

- **Unidad de obra 5:** Línea trifásica enterrada (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de la línea que va desde el CT hasta el cuadro general.

- **Unidad de obra 6:** Líneas trifásicas en la bandeja 1 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas, (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 1 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 7:** Líneas trifásicas en la bandeja 2 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 2 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 8:** Líneas trifásicas en la bandeja 3 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 3 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 9:** Líneas trifásicas en la bandeja 4 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 4 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 10:** Líneas monofásicas en la bandeja 5 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 5 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 11:** Líneas monofásicas en la bandeja 6 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 6 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 12:** Líneas monofásicas en la bandeja 7 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 7 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 13:** Líneas trifásicas en la bandeja 8 (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas (fase y neutro) que están en la bandeja perforada 8 metálica de varillas de 105x300 mm.

- **Unidad de obra 14:** Líneas monofásicas empotradas en techo (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas.

- **Unidad de obra 15:** Líneas monofásicas empotradas en pared (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas.

- **Unidad de obra 16:** Líneas monofásicas empotradas en suelo (m)

Instalación y suministro en perfecto estado de funcionamiento según el REBT de las líneas.

Capítulo 3: Cuadros eléctricos

- **Unidad de obra 17:** Cuadro secundarios de distribución (ud)

Instalación y suministro de cuadros de distribución vacíos de tipo industrial con puerta transparente para montar en pared con índice de protección IP43 según REBT.

- **Unidad de obra 18:** Cuadro general de distribución (ud)

Instalación y suministro del cuadro general distribución vacíos de tipo industrial con puerta transparente para montar en pared con índice de protección IP43 según REBT.

Capítulo 4: Alumbrado

- **Unidad de obra 19:** Iluminación general almacén (ud)

Alumbrado general correspondiente a la zona del almacén, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 20:** Iluminación general zona proceso industrial (ud)

Alumbrado general correspondiente a la zona del proceso industrial, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 21:** Iluminación general zona trituradoras (ud)

Alumbrado general correspondiente a la zona trituradoras, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 22:** Iluminación general taller (ud)

Alumbrado general correspondiente al taller, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 23:** Iluminación general a la zona del grupo de frío (ud)

Alumbrado general correspondiente a la zona del grupo de frío, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 24:** Iluminación general oficina 1 (ud)

Alumbrado general correspondiente a la oficina 1, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 25:** Iluminación general oficina 2 (ud)

Alumbrado general correspondiente a la oficina 2, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 26:** Iluminación general sala de reuniones (ud)

Alumbrado general correspondiente a la sala de reuniones, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 27:** Iluminación general vestuario 1 (ud)

Alumbrado general correspondiente al vestuario 1, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 28:** Iluminación general vestuario 2 (ud)

Alumbrado general correspondiente al vestuario 2, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 29:** Iluminación general aseo 1(ud)

Alumbrado general correspondiente al aseo 1, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 30:** Iluminación general aseo 2 (ud)

Alumbrado general correspondiente al aseo 2, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 31:** Iluminación general pasillo (ud)

Alumbrado general correspondiente al pasillo, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 32:** Iluminación general entrada (ud)

Alumbrado general correspondiente a la entrada, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 33:** Iluminación general comedor (ud)

Alumbrado general correspondiente al comedor, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 34:** Iluminación general CT (ud)

Alumbrado general correspondiente al CT, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 35:** Iluminación general exterior (ud)

Alumbrado general correspondiente al exterior, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

- **Unidad de obra 36:** Iluminación de emergencia

Alumbrado general correspondiente a la oficina 1, se incluye la instalación y conexión de las luminarias descritas en los apartados anteriores.

Capítulo 5: Protección frente a sobreintensidades

- **Unidad de obra 37:** PIA tetrapolar (ud)

Instalación y conexión de interruptores magnetotérmicos automáticos tetrapolares con poderes de corte hasta 25 kA e intensidad de disparo fija.

- **Unidad de obra 38:** PIA bipolar (ud)

Instalación y conexión de interruptores magnetotérmicos automáticos bipolares con poderes de corte hasta 25 kA e intensidad de disparo fija.

- **Unidad de obra 39:** IA en caja moldeada (ud)

Instalación y conexión de interruptores magnetotérmicos automáticos de caja moldeada de baja tensión para instalaciones de 4 polos con poderes de corte hasta 25 kA e intensidad de disparo fija.

Capítulo 6: Protección frente a contactos indirectos

- **Unidad de obra 40:** Interruptor diferencial tetrapolar LG:

Instalación del interruptor diferencial tetrapolar selectivo de $I_{\Delta N} = 1000\text{mA}$ situado en la línea general.

- **Unidad de obra 41:** Interruptores diferenciales tetrapolares y bipolares:

Instalación de interruptores diferenciales tetrapolar selectivos de $I_{\Delta N} = 300\text{mA}$ situado en las líneas L1, L2, L3, L4, L5 y L6.

- **Unidad de obra 42:** Interruptores diferenciales tetrapolares y bipolares:

Instalación de interruptores diferenciales tetrapolar selectivos de $I_{\Delta N} = 100\text{mA}$ situado en las líneas L5.1, L5.2, L5.3, L6.2 y L6.3.

- **Unidad de obra 42:** Interruptores diferenciales tetrapolares y bipolares:

Instalación de interruptores diferenciales tetrapolar de $I_{\Delta N} = 30\text{mA}$ en el resto de líneas.

Capítulo 7: Compensación de energía reactiva

- **Unidad de obra 43:** Compensación de condensadores

Instalación de una batería automática de cuatro condensadores organizados en escalones, incluye todos los elementos necesarios para llevar a cabo una correcta conexión.

Capítulo 8: Tomas de corriente

- **Unidad de obra 44:** Toma de corriente vacía base saliente

Toma de corriente industrial de base saliente, monofásica y con grado de protección IPP4.

- **Unidad de obra 45:** Toma de corriente puesto de trabajo

Toma de corriente industrial de base saliente, monofásica y con grado de protección IPP4.

2. PRESUPUESTOS PARCIALES

Capítulo 1: Puestas a tierra

- **Unidad de obra 1:** Pica de puesta a tierra del neutro del transformador (ud)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1a electricidad	0,5	h	20,5	10,25
Especialista en electricidad	0,5	h	19,15	9,575
Cable cobre desnudo	4	m	1,39	5,56
Electrodo pica $\phi 14\text{mm}$ con 8m de longitud	1	ud	80,05	80,05
Costes directos complementarios	2	%	163,4	3,268
			Coste total	108,703

- **Unidad de obra 2:** Puesta a tierra de las masas de baja tensión (mm)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1a electricidad	0,5	h	20,5	10,25
Peón ordinario de construcción	0,3	h	16,9	5,07
Cinta de acero sección (30x35 mm)	1	m	1,55	1,55
Accesorios según REBT	1	ud	3,05	3,05
Costes directos complementarios	2	%	15,7	0,04

Coste total	19,96
--------------------	--------------

- **Unidad de obra 3:** Puesta a tierra de las masas de CT (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1a electricidad	0,5	h	20,5	10,25
Peón ordinario de construcción	0,3	h	19,15	5,745
Cable de cobre desnudo 50 mm	1	m	1,58	1,58
Accesorios según REBT	1	ud	3,05	3,05
Costes directos complementarios	2	%	16,4	0,328
Coste total				20,953

- **Unidad de obra 4:** Conductor de tierra (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1a electricidad	0,5	h	20,5	10,25
Peón ordinario de construcción	0,3	h	19,15	5,745
Cable de cobre desnudo 1x25 mm ²	1	m	0,79	0,79
Accesorios según REBT	1	ud	3,05	3,05
Costes directos complementarios	2	%	16,4	0,328
Coste total				20,163

Capítulo 2: Suministros

- **Unidad de obra 5:** Línea trifásica enterrada (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª construcción	1,5	h	16,3	24,45
Peón ordinario de construcción	1,5	h	15,15	22,725
Oficial de 1ª electricidad	2,2	m	20,5	45,1
Ayudante de electricista	2	ud	16,1	32,2
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 240mm ²	193,2	m	27,45	5303,34
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 120mm ²	65,5	m	13,725	898,9875
Tubo de polietileno de doble pared	263,8	m	13,9	3666,82
Equipo y maquinaria	263,8	m	2,8	738,64
Costes directos complementarios	2	%	10473,5	209,47
Coste total				10941,7325

- **Unidad de obra 6:** Línea trifásica en bandeja 1 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	2	m	20,5	41
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 240mm ²	193,2	m	27,45	5303,34
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 185mm ²	98,8	m	22,45	2218,06
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 120mm ²	95,4	m	11,25	1070,865
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 95mm ²	34,1	m	8	272,8

Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 2,5mm ²	217,5	m	0,29	63,075
Bandeja varillas inoxidable 105x300	90,08	m	116,3	10476,304
Costes directos complementarios	2	%	17481,5	349,63
			Coste total	19797,459

- **Unidad de obra 7:** Línea trifásica en bandeja 2 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	15,1	m	20,5	309,55
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 185mm ²	55,3	m	22,45	1241,485
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 120mm ²	17,8	m	11,25	200,25
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 95mm ²	13,04	m	8	104,32
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 70mm ²	3,9	m	5,69	22,191
Bandeja varillas inoxidable 105x300	15,3	m	116,3	1779,39
Costes directos complementarios	2	%	3065,89	61,3178
			Coste total	3718,5038

- **Unidad de obra 8:** Línea trifásica en bandeja 3 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	17,2	m	20,5	352,6
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 95mm ²	193,2	m	8	1545,6
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 50mm ²	98,8	m	4,3	424,84
Bandeja varillas inoxidable 70x200	90,08	m	115,6	10413,248
Costes directos complementarios	2	%	7237,61	144,7522
			Coste total	12881,0402

- **Unidad de obra 9:** Línea trifásica en bandeja 4 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€ / ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	20,5	m	20,5	420,25
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 240mm ²	120	m	18	2160
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 120mm ²	37,2	m	11,25	418,5
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 95mm ²	34,1	m	8	272,8
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 70mm ²	113,23	m	5,69	644,2787
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 35mm ²	39,2	m	2,7	105,84
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 25mm ²	107,05	m	2,19	234,4395
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 16mm ²	34	m	0,29	9,86
Bandeja varillas inoxidable 105x300	38,75	m	116,3	4506,625
Costes directos complementarios	2	%	120,35	2,407
			Coste total	8775,0002

- **Unidad de obra 10:** Líneas monofásicas en la bandeja 5 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	23,4	h	20,5	479,7
Cable Al/PVC rígido RV 0,6/1kV de 1,5 mm ²	998,63	m	0,19	189,739
Bandeja varillas inoxidable 35x100	265,75	m	35,39	9404,892
Costes directos complementarios	2	%	10410,21	208,204
			Coste total	10282,536

- **Unidad de obra 11:** Líneas monofásicas en la bandeja 6 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	13,78	h	20,5	282,49
Cable Al/PVC rígido RV 0,6/1kV de 1,5 mm ²	269	m	0,19	51,11
Bandeja varillas inoxidable 35x100	141,23	m	35,39	4998,1297
Costes directos complementarios	2	%	5397,926	107,95852
			Coste total	5439,68822

- **Unidad de obra 12:** Líneas monofásicas en la bandeja 7 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	12	h	20,5	246
Cable Al/PVC rígido RV 0,6/1kV de 1,5mm ²	238,3	m	0,19	45,277
Bandeja varillas inoxidable 35x100	125,21	m	35,39	4431,1819
Costes directos complementarios	2	%	5003,45	100,069
			Coste total	4822,5279

- **Unidad de obra 13:** Líneas trifásicas en la bandeja 8 (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	16	h	20,5	328
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 35 mm ²	170	m	2,7	459
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 16 mm ²	57,1	m	1,22	69,662
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 2,5 mm ²	239	m	0,29	69,31
Bandeja varillas inoxidable 70x200	122,2	m	115,6	14126,32
Costes directos complementarios	2	%	9645,658	192,91316
			Coste total	15245,2052

- **Unidad de obra 14:** Líneas monofásicas empotradas en techo (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	30	h	20,5	615
Cable Al/PVC rígido 450/750V de 2,5 mm ²	630,3	m	0,29	182,787
Cable Al/PVC rígido 450/750V 1,5 mm ²	56,89	m	0,19	10,8091
Tubo rígido PVC 20mm	340,15	m	1,2	408,18
Costes directos complementarios	2	%	1038,313	20,76626
			Coste total	1237,54

- **Unidad de obra 15:** Líneas monofásicas empotradas en pared (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad 10,42	10	h	20,5	205
Cable Cu/XLPE rígido 450/750V 95 mm ²	13,9	m	8	111,2
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 50 mm ²	5	m	4,3	21,5
Cable Cu/XLPE rígido 450/750V 25 mm ²	15,77	m	2,19	34,5363
Cable Cu/XLPE rígido RV 450/750V 16 mm ²	21,4	m	1,22	26,108
Cable Cu/PVC rígido 450/750V 6 mm ²	52	m	0,6	31,2
Cable Cu/XLPE rígido 450/750V 4mm ²	45,8	m	0,5	22,9
Cable Cu/PVC rígido 450/750V 4 mm ²	56,5	m	0,45	25,425
Cable Cu/XLPE rígido 450/750V 1,5 mm ²	105,1	m	0,19	19,969
Tubo rígido PVC 16mm	24,3	m	0,7	17,01
Tubo rígido PVC 20mm	20,67	m	1,2	24,804
Tubo rígido PVC 25mm	13	m	1,6	20,8
Tubo rígido PVC 40mm	4,14	m	3,2	13,248
Tubo rígido PVC 50mm	5,1	m	4,3	21,93
Tubo rígido PVC 125mm	5	m	8,4	42
Costes directos complementarios	2	%	700,322	14,00644
			Coste total	651,637

- **Unidad de obra 16:** Líneas monofásicas tomas de corriente (m)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	35	h	20,5	717,5
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 1,5 mm ²	165	m	0,19	31,35
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 2,5 mm ²	59,4	m	0,29	17,226
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 4 mm ²	29	m	0,5	14,5
Cable Cu/XLPE rígido RV 0,6/1kV 16 mm ²	155,2	m	1,22	189,344
Embellecedor de PVC	192,6	m	1,7	327,42
Esquina embellecedora de PVC	7	ud	1,5	10,5
Costes directos complementarios	2	%	1065,736	21,31472
			Coste total	1329,15

Capítulo 3: Cuadros eléctricos

- **Unidad de obra 17:** Cuadro general de distribución (ud)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Caja distribución de superficie Legrand Nedbox 6012 44	1	ud	62,83	62,83
Costes directos complementarios 2	2	%	205,75	4,115
			Coste total	264,445

- **Unidad de obra 18:** Cuadro secundario de distribución (ud)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	40	h	20,5	820
Especialista en electricidad	40	h	19	760
Caja distribución de superficie Legrand Nedbox 6012 44	2	ud	62,83	125,66
Caja distribución de superficie Legrand Nedbox 6018 33	1	ud	57,22	57,22
Caja distribución de superficie Legrand Nedbox 6018 32	3	ud	57,28	171,84
Caja distribución de superficie Legrand Practibox 6011 13	1	ud	44,42	44,42
Caja distribución de superficie Legrand Practibox 6011 11	2	ud	25,32	50,64
Caja distribución de superficie Legrand Practibox 134044	1	ud	12,45	12,45
Caja distribución de superficie Legrand Practibox 6011 12	2	ud	20,62	41,24
Costes directos complementarios 2	2	%	2592,36	51,8472
			Coste total	2135,32

Capítulo 4: Alumbrado

- **Unidad de obra 19:** Iluminación general del almacén

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	4	h	20,5	82
Especialista en electricidad	4	h	19	76
Phillips Modelo MPK460	8	ud	540	4320
Costes directos complementarios	2	%	2028,1	40,562
			Coste total	4518,56

- **Unidad de obra 20:** Iluminación general de la zona producción

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Phillips Modelo MPK460	12	ud	540	6480
Costes directos complementarios	2	%	3505,25	70,105
			Coste total	6747,61

- **Unidad de obra 21:** Iluminación general zona trituradoras

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	1	h	20,5	20,5
Especialista en electricidad	1	h	19	19
Phillips Modelo MPK561	1	ud	410	410
Costes directos complementarios	2	%	309,7	6,194
			Coste total	455,694

- **Unidad de obra 22:** Iluminación general del taller

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	1	h	20,5	20,5

Especialista en electricidad	1	h	19	19
Phillips Modelo MPK561	1	ud	410	410
Costes directos complementarios	2	%	309,7	6,194
			Coste total	455,694

- **Unidad de obra 23:** Iluminación general del grupo de frío

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	1	h	20,5	20,5
Especialista en electricidad	1	h	19	19
Phillips Modelo MPK561	1	ud	410	410
Costes directos complementarios	2	%	309,7	6,194
			Coste total	455,694

- **Unidad de obra 24:** Iluminación general de la oficina 1

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	4	h	20,5	82
Especialista en electricidad	4	h	19	76
Phillips Modelo RC125B	6	ud	90	540
Costes directos complementarios	2	%	587,75	11,755
			Coste total	709,755

- **Unidad de obra 25:** Iluminación general de la oficina 2

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Phillips Modelo RC125B	9	ud	90	810
Costes directos complementarios	2	%	720,24	14,4048
			Coste total	1021,9048

- **Unidad de obra 26:** Iluminación general de la sala de reuniones

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Phillips Modelo RC125B	8	ud	90	720
Costes directos complementarios	2	%	670,5	13,41
			Coste total	930,91

- **Unidad de obra 27:** Iluminación general de los vestuario 1

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Phillips Modelo RS140B	2	ud	29	58

Phillips Modelo DN130B D217	4	ud	55,6	222,4
Costes directos complementarios	2	%	605,9	12,118
			Coste total	267,618

- **Unidad de obra 28:** Iluminación general de los vestuario 2

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Phillips Modelo RS140B	2	ud	29	58
Phillips Modelo DN130B D217	4	ud	55,6	222,4
Costes directos complementarios	2	%	605,9	12,118
			Coste total	267,618

- **Unidad de obra 29:** Iluminación general de los aseo 1

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	2	h	20,5	41
Especialista en electricidad	2	h	19	38
Phillips Modelo RS140B	1	ud	29	29
Phillips Modelo DN130B D217	2	ud	55,6	111,2
Costes directos complementarios	2	%	320,8	6,416
			Coste total	114,416

- **Unidad de obra 30:** Iluminación general de los aseo 2

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	2	h	20,5	41
Especialista en electricidad	2	h	19	38
Phillips Modelo RS140B	1	ud	29	29
Phillips Modelo DN130B D217	2	ud	55,6	111,2
Costes directos complementarios	2	%	320,8	6,416
			Coste total	114,416

- **Unidad de obra 31:** Iluminación general del pasillo

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	3	h	20,5	61,5
Especialista en electricidad	3	h	19	57
Phillips Modelo TCS760	6	ud	97	582
Costes directos complementarios	2	%	652,5	13,05
			Coste total	713,55

- **Unidad de obra 32:** Iluminación general de la entrada

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	3	h	20,5	61,5

Especialista en electricidad	3	h	19	57
Phillips Modelo TCS760	3	ud	97	291
Costes directos complementarios	2	%	348,34	6,9668
			Coste total	416,4668

- **Unidad de obra 33:** Iluminación general del comedor

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Phillips Modelo RC125B	8	ud	90	720
Costes directos complementarios	2	%	709,69	14,1938
			Coste total	931,6938

- **Unidad de obra 34:** Iluminación general del CT

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	1	h	20,5	20,5
Especialista en electricidad	1	h	19	19
Phillips Modelo TBS260 3xTL5	2	ud	115	230
Costes directos complementarios	2	%	132,49	2,6498
			Coste total	272,1498

- **Unidad de obra 35:** Iluminación general del exterior

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	8	h	20,5	164
Especialista en electricidad	6,5	h	19	123,5
Phillips Modelo Malaga CoreLine	6	ud	1059	6354
Phillips Modelo Luma gen2	6	ud	96	576
Costes directos complementarios	2	%	9037,84	180,7568
			Coste total	7398,2568

- **Unidad de obra 36:** Iluminación de emergencia

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	35,5	h	20,5	727,75
Especialista en electricidad	30	h	19	570
Legrand Modelo 061513LS	38	ud	150	5700
Kit de conversión de iluminación de emergencia Normalux	3	ud	112,3	336,9
Costes directos complementarios	2	%	8497,74	169,9548
			Coste total	7504,6048

Capítulo 5: Protección frente a sobreintensidades

• Unidad de obra 37: PIA bipolar (ud)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
iC60N I _n =1A curva B Pdc=16kA	5	ud	45,1	225,5
iC60N I _n =1A curva B Pdc=25kA	1	ud	45,1	45,1
iC60N I _n =3A curva B Pdc=16kA	1	ud	45,1	45,1
iC60N I _n =10A curva B Pdc=25kA	2	ud	70,43	140,86
iC60N I _n =20A curva B Pdc=25kA	3	ud	88,92	266,76
iC60N I _n =63A curva B Pdc=16kA	1	ud	99,57	99,57
iC60N I _n =80A curva B Pdc=25kA	1	ud	150,62	150,62
iC60N I _n =3A curva C Pdc=16kA	1	ud	44,79	44,79
iC60N I _n =6A curva C Pdc=16kA	3	ud	50,86	152,58
iC60N I _n =10A curva C Pdc=16kA	5	ud	65,05	325,25
Costes directos complementarios	2	%	2867,69	57,3538
			Coste total	1655,9838

• Unidad de obra 38: IA en caja moldeada (ud)

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	15	h	20,5	307,5
iC60N I _n =16A curva C Pdc=25kA	8	ud	70,48	563,84
iC60N I _n =20A curva C Pdc=25kA	4	ud	70,48	281,92
iC60N I _n =63A curva C Pdc=25kA	1	ud	99,57	99,57
iC60N I _n =80A curva C Pdc=36kA	1	ud	155,29	155,29
iC60N I _n =160A curva C Pdc=25kA	1	ud	168,12	168,12
iC60N I _n =160A curva C Pdc=36kA tetrapolar	2	ud	168,12	336,24
iC60N I _n =250A curva C Pdc=16kA bipolar	1	ud	543,26	543,26
iC60N I _n =320A curva C Pdc=36kA tetrapolar	1	ud	739,44	739,44
iC60N I _n =400A curva C Pdc=36kA bipolar	2	ud	1021,81	2043,62
iC60N I _n =1250A curva C Pdc=50kA bipolar	2	ud	2033,05	4066,1
iC60N I _n =80A curva D Pdc=16kA bipolar	3	ud	155,29	465,87
iC60N I _n =250A curva D Pdc=36kA bipolar	4	ud	543,26	2173,04
iC60N I _n =320A curva D Pdc=36kA bipolar	5	ud	739,44	3697,2
Costes directos complementarios	2	%	38687,72	773,7544
			Coste total	16414,7644

Capítulo 6: Protección frente a contactos indirectos

• Unidad de obra 39: Interruptor diferencial tetrapolar LG selectivo:

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	0,33	h	20,5	6,765

ID de $I_{\Delta N}=1000\text{mA}$ tetrapolar	1	ud	310,41	310,41
Costes directos complementarios	2	%	284,02	5,6804
			Coste total	322,8554

- **Unidad de obra 40:** Interruptores diferenciales tetrapolares y bipolares selectivos:

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	2	h	20,5	41
ID de $I_{\Delta N}=300\text{mA}$ bipolar	3	ud	227,33	681,99
ID de $I_{\Delta N}=300\text{mA}$ tetrapolar	3	ud	254,42	763,26
Costes directos complementarios	2	%	1294,295	25,8859
			Coste total	1512,1359

- **Unidad de obra 41:** Interruptores diferenciales tetrapolares y bipolares:

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	2	h	20,5	41
ID de $I_{\Delta N}=100\text{mA}$ bipolar	5	ud	247,24	1236,2
Costes directos complementarios	2	%	1527,829	30,55658
			Coste total	1307,7566

- **Unidad de obra 42:** Interruptores diferenciales tetrapolares y bipolares:

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	15	h	20,5	307,5
ID de $I_{\Delta N}=30\text{mA}$ bipolar	21	ud	198,75	4323,27
ID de $I_{\Delta N}=30\text{mA}$ tetrapolar	7	ud	235,47	1786,89
Costes directos complementarios	2	%	5920,491	118,40982
			Coste total	6536,06982

Capítulo 7: Compensación de energía reactiva

- **Unidad de obra 43:** Compensación de condensadores

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Especialista en electricidad	5	h	19	95
Condensadores	4	ud	1579,3	6317,2
Costes directos complementarios	2	%	4375,429	87,50858
			Coste total	6602,20858

Capítulo 8: Tomas de corriente

- **Unidad de obra 44:** Toma de corriente vacía base saliente

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	5	h	20,5	102,5
Toma de corriente simple 10/16A	8	ud	11,3	90,4

Toma de corriente doble 10/16A	11	ud	21,23	233,53
Costes directos complementarios	2	%	307,923	6,15846
			Coste total	432,58846

- **Unidad de obra 45:** Toma de corriente oficina

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio (€/ud)	Importe (€)
Oficial de 1ª electricidad	1,6	h	20,5	32,8
Toma de corriente caja suelo 45x45	4	ud	36,19	144,76
Toma de corriente minicolumna	1	ud	87,9	87,9
Costes directos complementarios	2	%	312,382	6,24764
			Coste total	271,70764

3. PRESUPUESTOS DE EJECUCIÓN MATERIAL

PRESUPUESTO CAPÍTULO 1: 169,779€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 2: 94845,53€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 3: 2399,762€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 4: 32583,06€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 5: 18070,75€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 6: 9678,818€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 7: 6602,209€

PRESUPUESTO CAPÍTULO 8: 704,2961€

TOTAL PRESUPUESTO: 165054,2 €

4. PRESUPUESTOS DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Al presupuesto de ejecución material hay que añadirle los gastos generales, el beneficio industrial y el trabajo realizado por el ingeniero. Para obtener el presupuesto final, hay que añadirle finalmente el IVA.

El presupuesto final se obtiene sumando los gastos generales, el presupuesto de ejecución del material realizado y el beneficio industrial, además hay que tener en cuenta finalmente el IVA.

Presupuesto de ejecución material: 165054,2€

Gastos generales: 26408,67€

Beneficio industrial: 9903,252€

Presupuesto bruto: 201366,1€

IVA (21%): 42286,89€

Presupuesto total: 243653€

1. CONDICIONES FACULTATIVAS

1.1. Técnico director de obra

Corresponde al Técnico Director:

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

1.2. Constructor o instalador

Corresponde al Constructor o Instalador:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

1.3. Verificación de los documentos del proyecto

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

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

1.4. Plan de seguridad y salud en el trabajo

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

1.5. Presencia del constructor o instalador en la obra

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

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

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

1.6. Trabajos no estipulados expresamente

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

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

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

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

1.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

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

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

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

1.8. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

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

1.9. Faltas de personal

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

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

1.10. Caminos y accesos

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

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

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

1.11. Replanteo

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

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

1.12. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

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

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

1.13. Orden de los trabajos

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

1.14. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las

facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

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

1.15. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

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

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

1.16. Prórroga por causa de fuerza mayor

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

1.17. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

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

1.18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.

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

1.19. Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por

triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

1.20. Trabajos defectuosos

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

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

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

1.21. Vicios ocultos

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

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

1.22. De los materiales y los aparatos. Su procedencia

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

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor o Instalador deberá presentar al

Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.23. Materiales no utilizables

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

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

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

1.24. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

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

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

1.25. Limpieza de las obras

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

1.26. Documentación final de la obra

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

1.27. Plazo de garantía

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

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

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

1.28. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

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

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

1.29. De la recepción definitiva

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

1.30. Prórroga del plazo de garantía

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

1.31. De las recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

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

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

2.1 Condiciones generales

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

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

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

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

2.2 Canalizaciones eléctricas

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

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

2.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores.

Los tubos protectores pueden ser:

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

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

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

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

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

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.86-2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

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

- Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos

especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C

Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °

Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

- Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

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

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera

Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C

Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada

Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

2º Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90 °C (+ 60 °C canal. precabl. ordinarias)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas

Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
---	---	---------------------------

Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

- Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

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

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media

Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1/2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración agua del	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior mediana y exterior elevada y compuestos
Resistencia a la tracción	2	Ligera

Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

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

- Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA

Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
------------------------	---------	---------------------------------

Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	3	Contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:

NA: No aplicable.

- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligeró; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado normal.

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

Instalación.

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

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

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

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente

todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

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

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

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

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las

rozos no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

2.2.2 Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

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

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

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.

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

2.2.3 Conductores aislados enterrados

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

2.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras

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

2.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción

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

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la

condición de que sean no propagadores de la llama.

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

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

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

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

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

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

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

2.2.6 Conductores aislados bajo canales protectoras

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

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y

control, etc., siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

Característica	Grado	
	Dimensión del lado mayor < 16 mm	Dimensión del lado mayor > 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+ 15 °C	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+ 60 °C	+ 60 °C

Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica / Aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4. No inferior a 2	4. No inferior a 2
Resistencia a la penetración del agua	No declarada	No declarada

Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	No propagador
--	---------------	---------------

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

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

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.

2.2.7 Conductores aislados bajo molduras

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

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

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

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

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

2.2.8 Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su

catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc., tendrán la misma calidad que la bandeja.

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

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

2.2.9 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

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

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

2.2.10 Accesibilidad a las instalaciones

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

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

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

2.3 Conductores

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

2.3.1 Materiales

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
- Conductor: de cobre.
- Formación: unipolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
- Tensión de prueba: 2.500 V.
- Instalación: bajo tubo.
- Normativa de aplicación: UNE 21.031.
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
- Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
- Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
- Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
- Tensión de prueba: 4.000 V.
- Instalación: al aire o en bandeja.
- Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorhídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20⁰C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable

obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

2.3.2 Dimensionado

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

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

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

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

2.3.3 Identificación de las instalaciones

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

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

2.3.4 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

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

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

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.

2.4 Cajas de empalme

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

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

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

2.5 Mecanismos y tomas de corriente

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

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión

nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

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

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

2.6 Aparamenta de mando y protección

2.6.1 Cuadros eléctricos

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

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

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

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

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

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

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

y control.

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

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

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

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

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

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

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

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

2.6.2 Interruptores automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general

de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

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

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

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensiones nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

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

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

2.6.3 Guardamotores

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

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

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

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

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

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

2.6.4 Fusibles

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

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

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

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

2.6.5 Interruptores diferenciales

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

Protección por aislamiento de las partes activas.

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

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan

aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

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

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

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

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

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

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

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

2º La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como

resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

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

Se cumplirá la siguiente condición:

$R_a \times I_a \leq U$ donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a 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).

2.6.6 Seccionadores

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

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

2.6.7 Embarrados.

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

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

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa

del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

2.6.8 Prensaestopas y etiquetas

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

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

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

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido.

El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

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

2.7 Receptores de alumbrado

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

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.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su

ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

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

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

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

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

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

2.8 Receptores a motor

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

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % 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 perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

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

De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,50 kW a 5 kW	3,0
De 5 kW a 15 kW	2
Más de 15 kW	1,5

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

será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

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

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

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

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

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

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

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

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor

hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.

- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

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

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.

- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

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

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superior a 1,5 megohmios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

2.9 Puestas a tierra

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

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

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

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

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de 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.

2.9.1 Uniones a tierra

Tomas de tierra.

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

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

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

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

Conductores de tierra.

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

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección apdo. 7.7.1	16 mm ² Cu 16 mm ² Acero Galvanizado

No protegido contra la corrosión	25 mm ² Cu	25 mm ² Cu
	50 mm ² Hierro	50 mm ² Hierro

* 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 siguiente:

Sección conductores fase (mm ²)	Sección conductores protección (mm ²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

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.

2.10 Inspecciones y pruebas en fábrica

La aparatamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos

veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.

- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

2.11 Control

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

2.12 Seguridad

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.

2.13 Limpieza

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

2.14 Mantenimiento

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones

reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

2.15 Criterios de medición

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

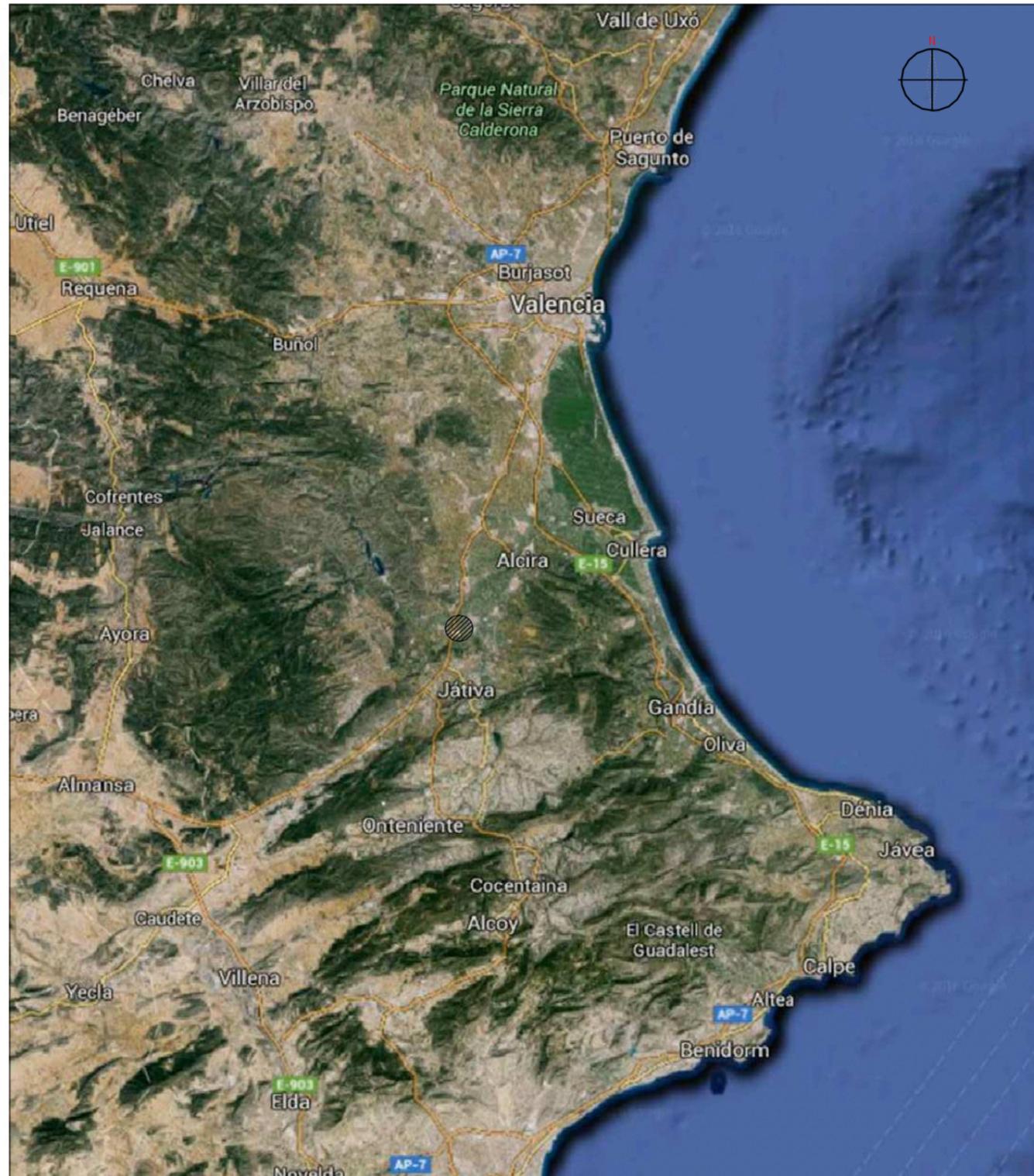
Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

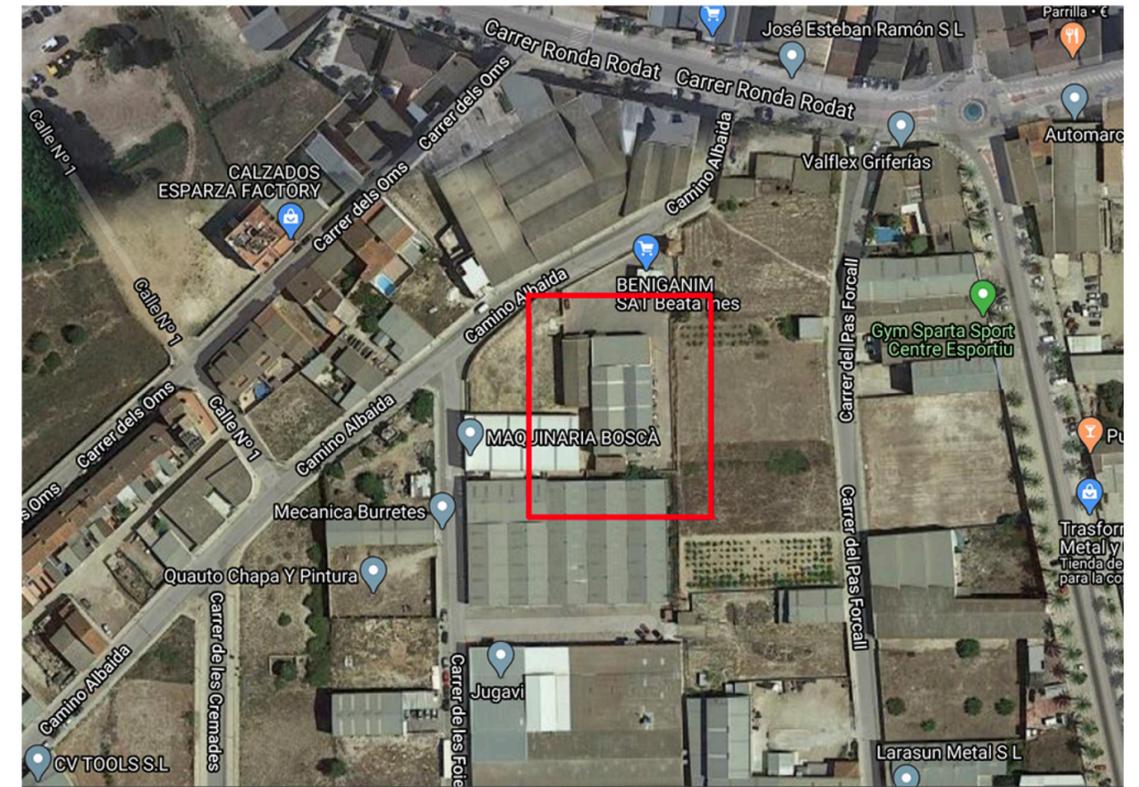
Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

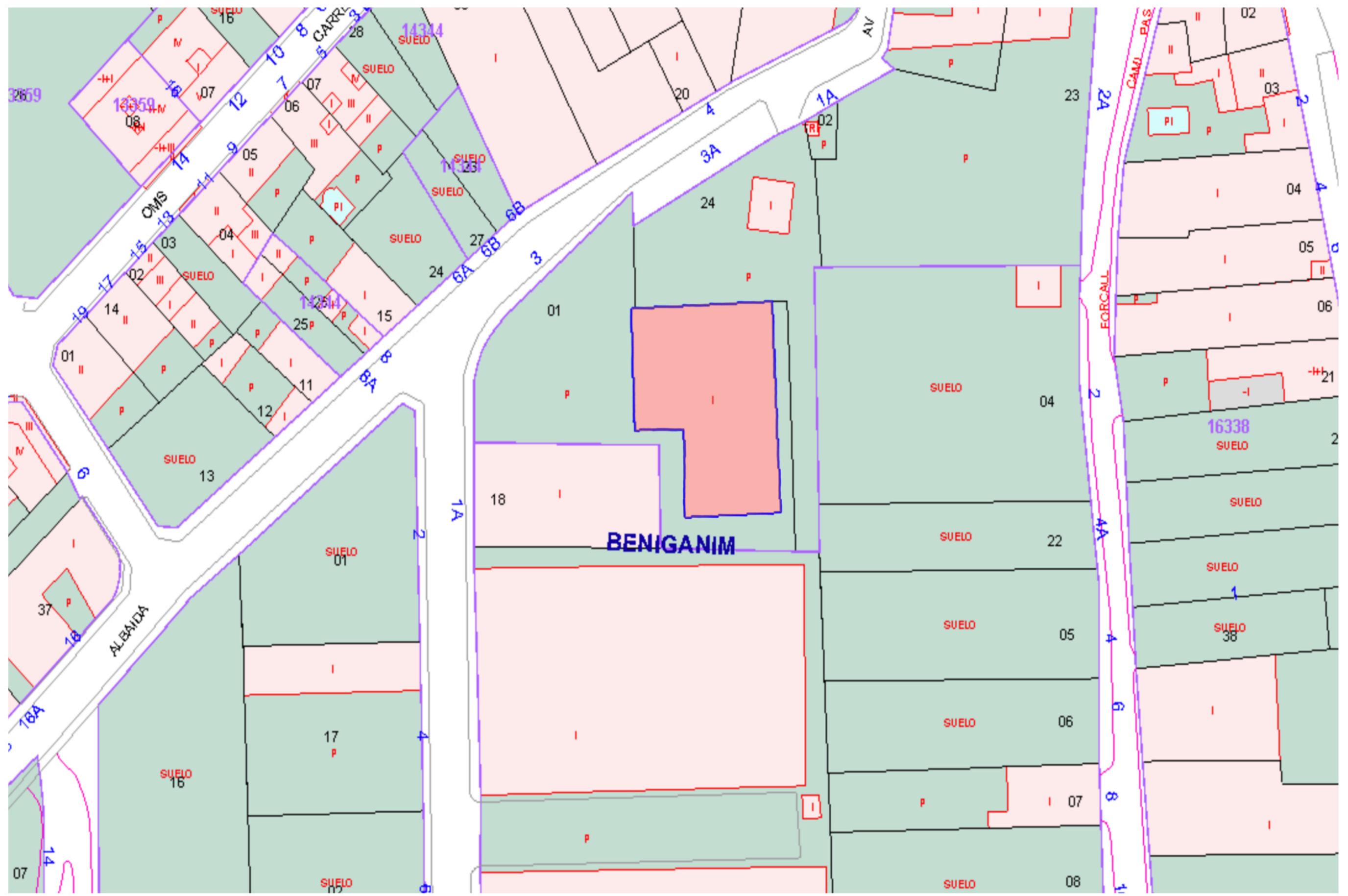


SITUACIÓN GEOGRÁFICA
ESCALA 1:500



PLANTA SITUACIÓN
ESCALA 1:5000

	<p>CAMPUS D'ALCOI</p>	<p>TÍTULO ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS MEDIANTE INYECCIÓN, SITA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BENIGÀNIM, VALENCIA</p>	<p>AUTOR SANTAMANS CUENCA, SILVIA</p>	<p>ESCALA INDICADAS Numérica Gráfica Original UNE A-1</p>	<p>FECHA JULIO 2020</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO UBICACIÓN PLANTA DE SITUACIÓN</p>	<p>Nº DE PLANO 1 Hoja 1 de 2</p>
--	-----------------------	---	---	---	-----------------------------	---	--



CAMPUS D'ALCOI

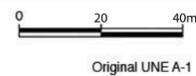
TÍTULO
ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA INDUSTRIA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS MEDIANTE INYECCIÓN, SITA EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL DE BENIGANIM, VALENCIA

AUTOR
SANTAMANS CUENCA, SILVIA

ESCALA
1:1000

Numérica

Gráfica

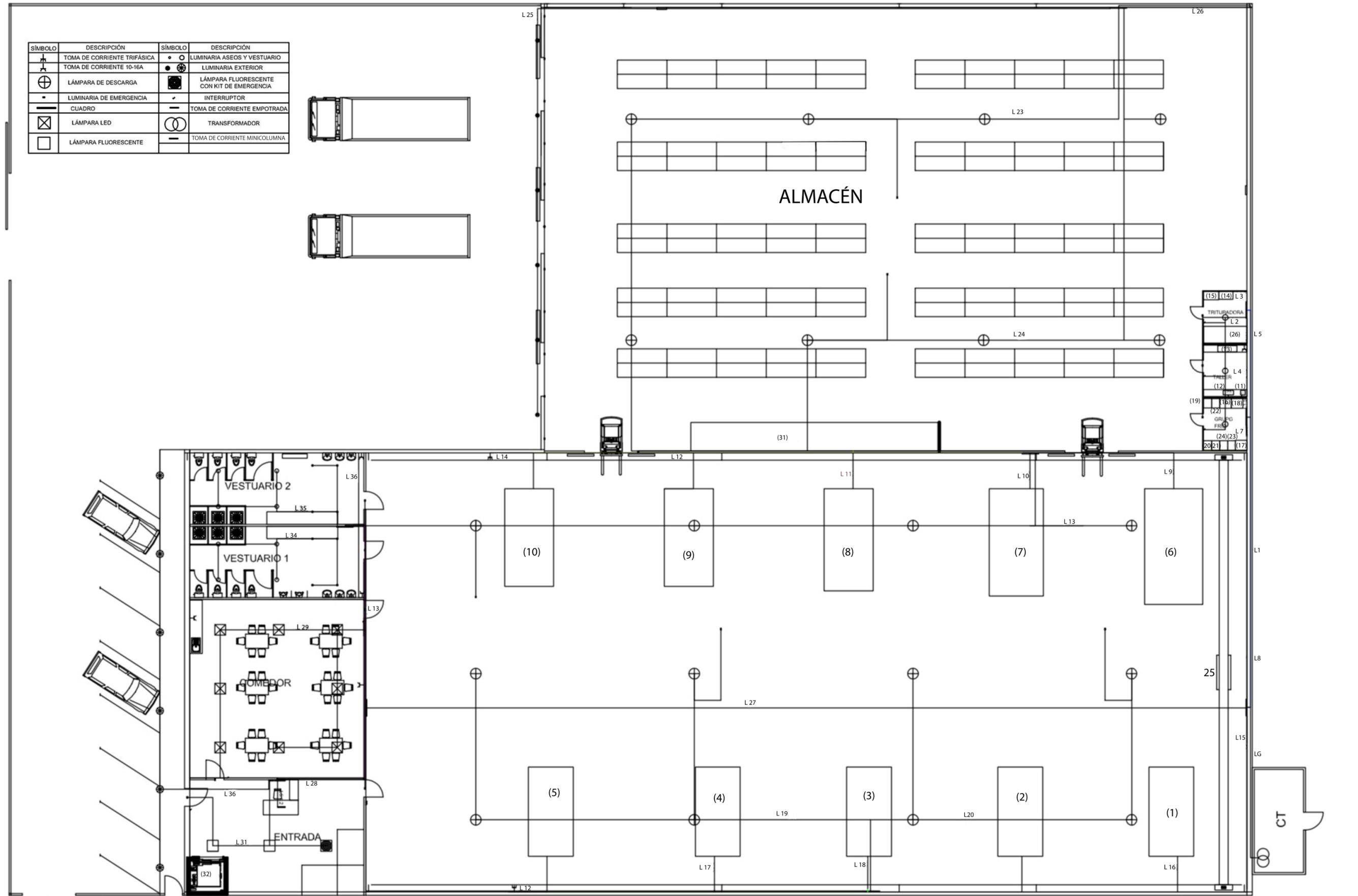


FECHA
JULIO 2020

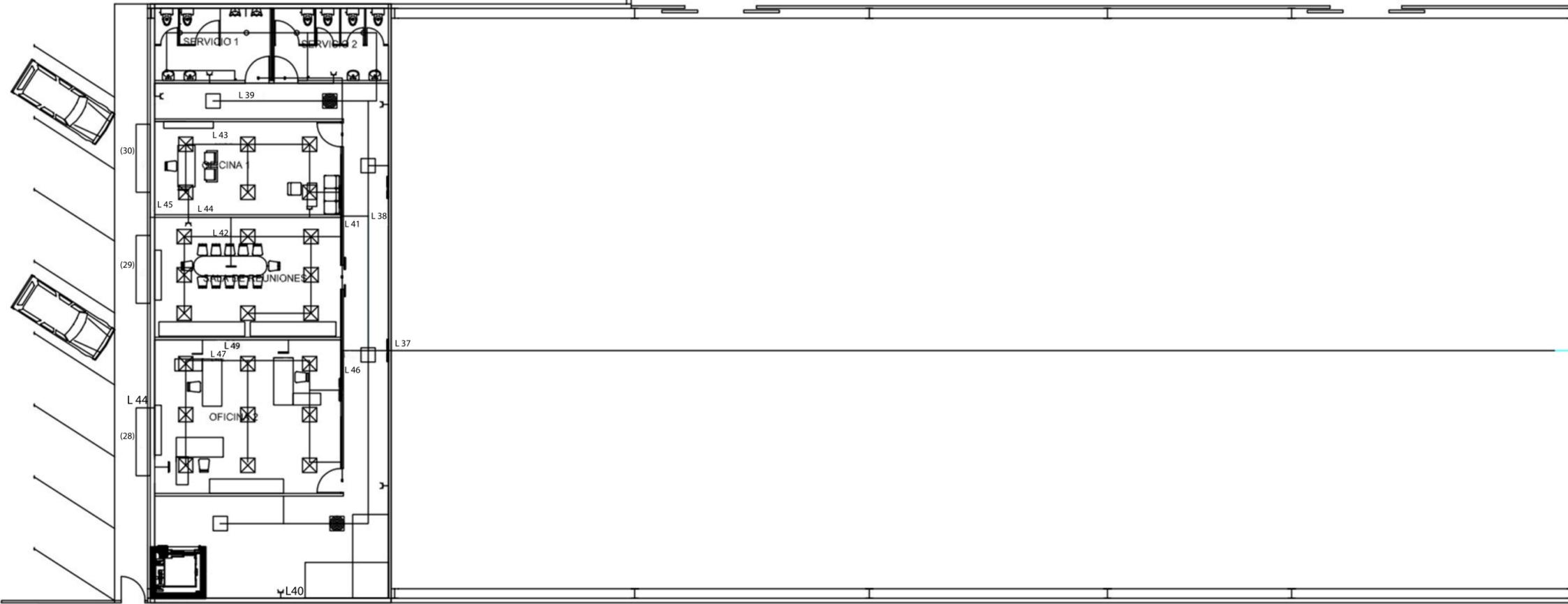
TÍTULO DEL PLANO
EMPLAZAMIENTO

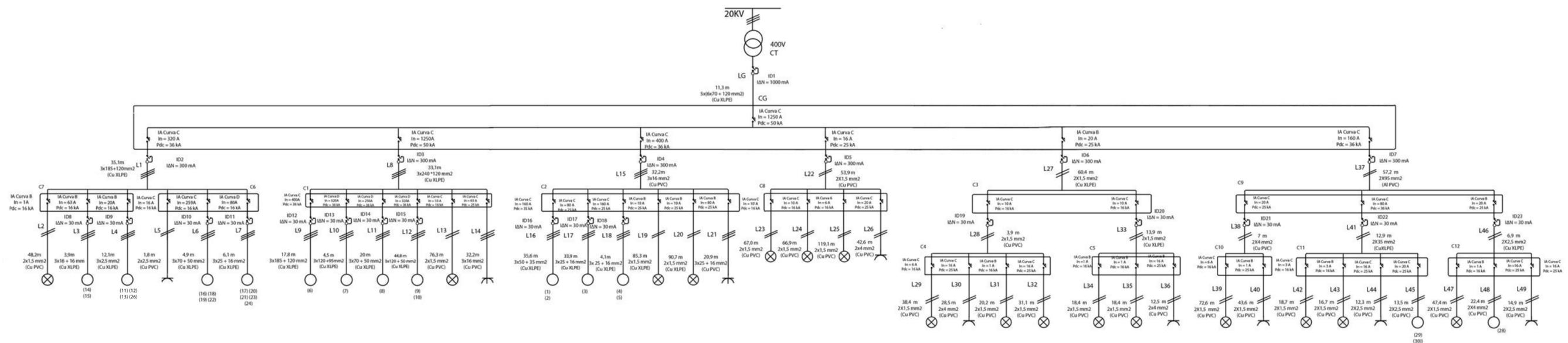
Nº DE PLANO
1
Hoja 2 de 2

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA		LUMINARIA ASEOS Y VESTUARIO
	TOMA DE CORRIENTE 10-16A		LUMINARIA EXTERIOR
	LÁMPARA DE DESCARGA		LÁMPARA FLUORESCENTE CON KIT DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA		INTERRUPTOR
	CUADRO		TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA
	LÁMPARA LED		TRANSFORMADOR
	LÁMPARA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE MINICOLUMNA

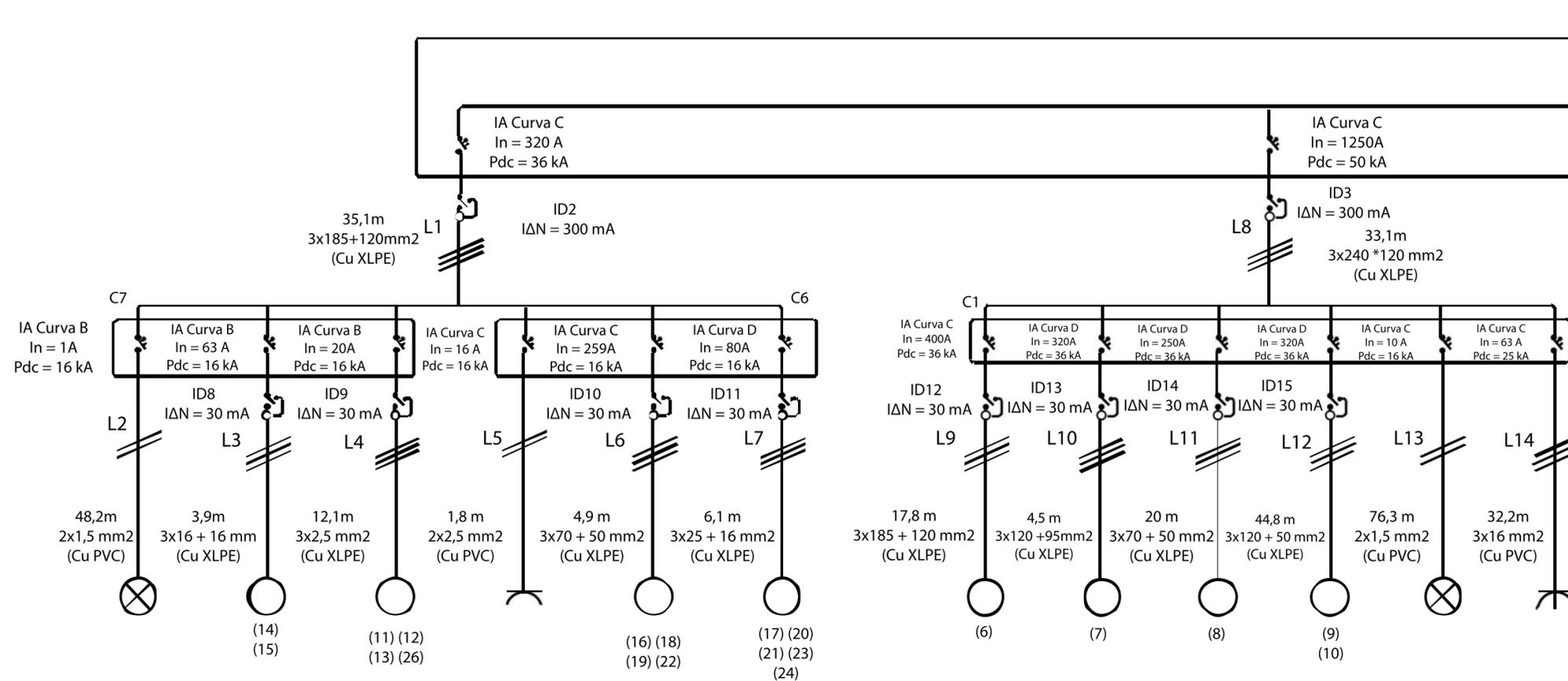


SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA		LUMINARIA ASEOS Y VESTUARIO
	TOMA DE CORRIENTE 10-16A		LUMINARIA EXTERIOR
	LÁMPARA DE DESCARGA		LÁMPARA FLUORESCENTE CON KIT DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA		INTERRUPTOR
	CUADRO		TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA
	LÁMPARA LED		TRANSFORMADOR
	LÁMPARA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE MINICOLUMNNA

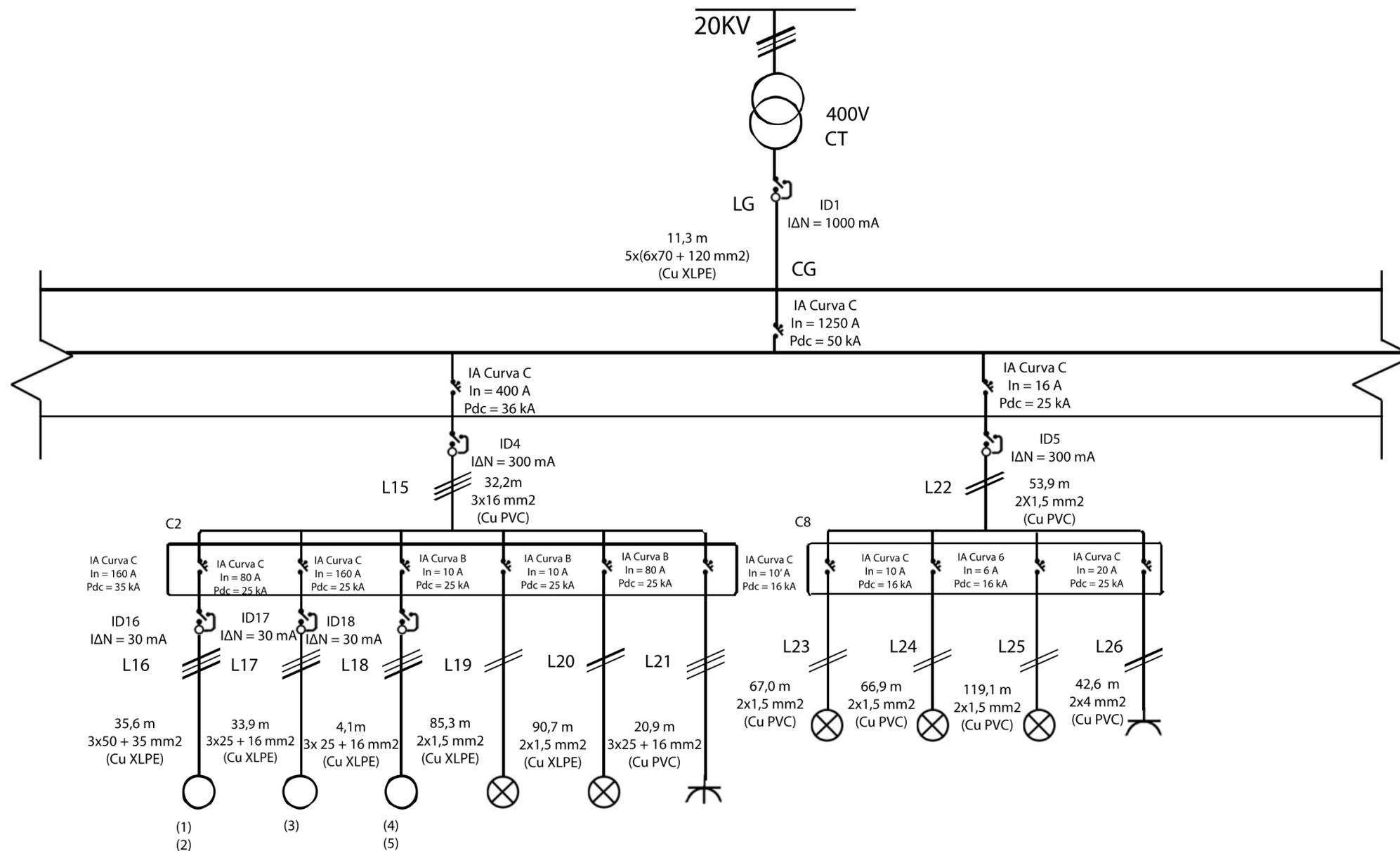




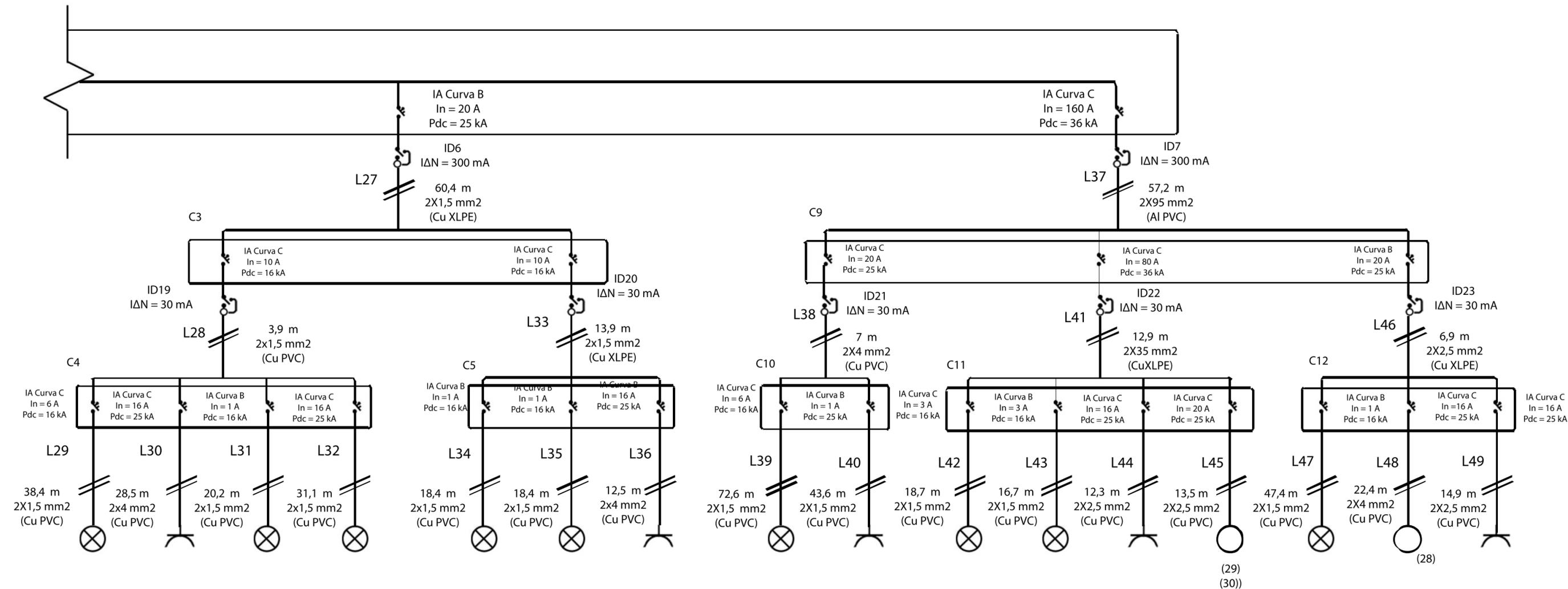
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA		LUMINARIA ASESOS Y VESTUARIO
	TOMA DE CORRIENTE 10-16A		LUMINARIA EXTERIOR
	LÁMPARA DE DESCARGA		LÁMPARA FLUORESCENTE CON KIT DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA		INTERRUPTOR
	CUADRO		TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA
	LÁMPARA LED		TRANSFORMADOR
	LÁMPARA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE MINICOLUMNA



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA		LUMINARIA ASEOS Y VESTUARIO
	TOMA DE CORRIENTE 10-16A		LUMINARIA EXTERIOR
	LÁMPARA DE DESCARGA		LÁMPARA FLUORESCENTE CON KIT DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA		INTERRUPTOR
	CUADRO		TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA
	LÁMPARA LED		TRANSFORMADOR
	LÁMPARA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE MINICOLUMNA



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA		LUMINARIA ASEOS Y VESTUARIO
	TOMA DE CORRIENTE 10-16A		LUMINARIA EXTERIOR
	LÁMPARA DE DESCARGA		LÁMPARA FLUORESCENTE CON KIT DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA		INTERRUPTOR
	CUADRO		TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA
	LÁMPARA LED		TRANSFORMADOR
	LÁMPARA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE MINICOLUMNA



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA		LUMINARIA ASEOS Y VESTUARIO
	TOMA DE CORRIENTE 10-16A		LUMINARIA EXTERIOR
	LÁMPARA DE DESCARGA		LÁMPARA FLUORESCENTE CON KIT DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA		INTERRUPTOR
	CUADRO		TOMA DE CORRIENTE EMPOTRADA
	LÁMPARA LED		TRANSFORMADOR
	LÁMPARA FLUORESCENTE		TOMA DE CORRIENTE MINICOLUMNA