



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

**TRABAJO FIN DE GRADO:  
DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
EN BAJA TENSIÓN Y DE ILUMINACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL DE DESTRUCCIÓN DE DOCUMENTACIÓN.**

**Autor: Vicent Fernández Sanchis**

**Tutor: M<sup>a</sup> Pilar Molina Palomares**

**Fecha: septiembre 2018**

## Contenido

|  |     |
|--|-----|
| RESUMEN .....  | 4   |
| DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA.....                                    | 5   |
| 1. MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES.....  | 5   |
| 2. OBJETO DEL PROYECTO.....  | 5   |
| 3. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES .....                              | 5   |
| 4. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS.....                    | 6   |
| 5. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.....             | 6   |
| 5.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN. TENSIONES DE ALIMENTACIÓN .....            | 6   |
| 5.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO DE LAS DEPENDENCIAS DE LA INDUSTRIA..... | 7   |
| 5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN, CLASIFICADO POR ZONAS.....       | 7   |
| 6. PROGRAMA DE NECESIDADES.....  | 10  |
| 7.3. PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS .....                      | 21  |
| 7.4. PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS .....                        | 22  |
| 7.5. Instalación de los dispositivos .....                               | 22  |
| 7.6. DISEÑO DE LOS CONDUCTORES .....                                     | 27  |
| 7.6.1. MATERIAL CONDUCTOR .....  | 27  |
| 7.6.2. MÉTODO DE INSTALACIÓN.....  | 27  |
| 7.6.3. AISLANTE DEL CONDUCTOR .....                                      | 28  |
| 7.7. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES .....                           | 28  |
| 7.7.1. CRITERIO TÉRMICO.....   | 28  |
| 7.7.2. CRITERIO POR CAÍDA DE TENSIÓN .....                               | 36  |
| 7.7.3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO DE LA RED .....        | 39  |
| 7.7.4. PROTECCIÓN FRENTE A SOBREENSIDADES.....                           | 44  |
| 7.7.5. PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS .....                             | 45  |
| 7.7.6. PROTECCIÓN FRENTE A CORTOCIRCUITOS .....                          | 45  |
| 7.8. ILUMINACIÓN.....  | 47  |
| 7.9. Puesta a tierra .....   | 84  |
| DOCUMENTO 2: CÁLCULOS.....   | 89  |
| 8. CÁLCULOS CRITERIO TÉRMICO.....  | 89  |
| 2. CÁLCULOS CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN .....                              | 104 |
| 3. CÁLCULOS CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO .....                             | 125 |
| 4. CÁLCULOS FRENTE CORRIENTES DE SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITOS .....       | 137 |
| 5. CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA .....                                     | 145 |
| 5.1. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DEL CT, RT .....                       | 145 |
| 5.2. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE BAJA TENSIÓN, RA.....               | 147 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.3. PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DE LA INSTALACIÓN, RB.....  | 148 |
| 5.4. DISTANCIA ENTRE MASAS DEL CT Y DE LA INSTALACIÓN .....                                       | 148 |
| DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES.....   | 149 |
| 1. Calidad de materiales.....   | 149 |
| 1.1. CONDUCTORES.....   | 149 |
| 1.2. CAJAS DE EMPALME Y DERIVACIÓN.....   | 150 |
| 1.3. APARATOS DE MANDO Y MANIOBRA .....   | 151 |
| 1.4. APARATOS DE PROTECCIÓN.....  | 151 |
| 2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....  | 151 |
| 2.1. Aparatos de protección.....  | 151 |
| 2.2. Aparatos de mando y maniobra.....  | 151 |
| 2.3. Conexionado de interruptores .....   | 151 |
| 2.4. Tomas de corriente .....   | 152 |
| 2.5. Canalizaciones .....   | 152 |
| 2.6. Cajas de empalme y derivación.....   | 152 |
| 3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....  | 152 |
| 4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....  | 153 |
| 5. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR. AUTORIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN..... | 154 |
| 6. LIBRO DE ORDENES .....   | 154 |
| DOCUMENTO 4: PRESUPUESTOS .....   | 155 |
| DOCUMENTO 5: PLANOS .....   | 174 |

## RESUMEN

En el presente documento se adjuntan los archivos necesarios para la realización de una instalación eléctrica de baja tensión en una nave industrial orientada a la destrucción de documentación. Dicha nave está ubicada en el POLIGONO EL PLA de Alzira, Valencia.

Para su diseño, el trabajo se basa en el Reglamento electrotécnico de baja tensión, REBT en adelante, en su última actualización. Es por ello que el presente documento contiene numerosas referencias al REBT que son de vital importancia para cumplir con la normativa de la instalación eléctrica.

Por último, destacar que este proyecto consta de 4 partes distintivas:

- Memoria descriptiva: Donde se detallan los pasos de la realización de la instalación.
- Cálculos: este apartado contiene todos los cálculos en el que se basa cada parte del proyecto.
- Presupuesto: Donde se enlista el material utilizado, su precio unitario y el presupuesto total de la instalación.
- Planos: Es el último apartado del proyecto y en él se exponen los locales que conforman la nave, el emplazamiento de la nave, los esquemas unifilares y la distribución de cuadros eléctricos, entre otros.

# DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1. MOTIVACIÓN Y ANTECEDENTES

Con el objeto de afianzar los conocimientos y las aptitudes adquiridas durante el grado de Ingeniería electrónica y automatización industrial, habiendo realizado la mención eléctrica mediante asignaturas optativas, el presente Trabajo de Final de Grado con título DISEÑO Y CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN Y DE ILUMINACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL DE DESTRUCCIÓN DE DOCUMENTACIÓN se basa en el diseño y la instalación eléctrica en baja tensión de una nave industrial.

Para un correcto seguimiento del mismo, el proyecto se ha realizado con la tutora M<sup>a</sup> Pilar Molina Palomares profesora del Departamento de Ingeniería Eléctrica quien impartió partes de las asignaturas optativas de la mención de eléctrica.

Es por ello que la realización de este proyecto ha sido para afianzar conceptos estudiados durante el grado y ponerlos en práctica desde un diseño de cero hasta su completa instalación.

Pese a que una instalación eléctrica tiene una normativa completa y que hay que seguir para el correcto funcionamiento de la instalación, hay otros factores que quedan a elección del proyectista. Es por ello que, aunque hay que seguir unas pautas ya establecidas para el diseño, la instalación tiene también una parte de elecciones realizadas por el proyectista según considere más adecuado. Un ejemplo de ello sería: la disposición de los cuadros eléctricos, la elección del tipo de luminarias o el tipo de conductos para los cables eléctricos. También influyen factores como la eficiencia energética que el proyectista tiene que valorar.

## 2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es el diseño y la instalación de los elementos eléctricos necesarios que conforman la instalación eléctrica de baja tensión en la nave industrial. Dicho proyecto abarca desde la salida del centro de transformación hasta el diseño de todos los elementos eléctricos del edificio, incluida la instalación de protección.

## 3. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

La localización de la nave se encuentra concretamente en la parcela M11-3 de la manzana 11 del polígono industrial El Pla de Alzira, en la provincia de Valencia. Este emplazamiento ha sido elegido debido a que es el real de la nave y también a la cercanía que supone estar en la misma ciudad para realizar visitas a la misma.

Cabe destacar que el polígono es uno de los más importantes de la provincia debido a la ubicación ya que se encuentra dentro de un eje estratégico entre las infraestructuras de la CV-50 al oeste y la CV-42, desde las cuales se puede acceder fácilmente a la A-7 y AP-7. Además, la conurbación formada por los municipios de Alzira, Algemesí, Guadassuar y L'Alcúdia alcanza un área de influencia de 170.000 habitantes.

Por último, cabe mencionar que el terreno en el que esta edificado presenta  $m^2$  de sobra para futuras ampliaciones de la nave en caso de necesidad.

#### 4. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS

- Ley del sector eléctrico, Ley 54/1997, de 27 de noviembre. De aplicación en instalaciones de baja y alta tensión.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y las Instrucciones Técnicas Complementarias que lo componen ITC-BT-01 a ITC-BT-52.
- Normas UNE, Una Norma Española, incluidas en el REBT.
- UNE EN 12464-1: 2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.

#### 5. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

No todas las instalaciones eléctricas son clasificables de igual forma, ya que esto depende de la tensión que hacen uso. Estas tensiones se pueden clasificar en 2 grupos: alta tensión y baja tensión.

La instalación de estudio de esta memoria técnica se clasifica como un centro de baja tensión, ya que a la salida del centro de transformación se obtienen 400 V que alimentan a todas las líneas receptoras de la instalación.

Además, según la **ITC-BT-04** del REBT, la instalación pertenece al **Grupo A**, correspondiente a las industrias en general con la característica de tener una potencia **P > 20 kW**.

##### 5.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN. TENSIONES DE ALIMENTACIÓN

La nave cuenta con centro de transformación propio debido a que la instalación precisa de una potencia  $S = 250$  kVA, siendo superior a los 100 kVA a partir de los que se aconseja tener un CT propio.

Es por ello que el sistema de alimentación de la nave viene dado por CT de abonado. Las características de este transformador son una potencia aparente  $S = 250$  kVA y una unidad de aparamenta de media tensión de hasta 20 Kv.

Debido a que, si se cuenta con CT propio que es propiedad del abonado, el inicio de la instalación eléctrica tiene como partida la salida del centro de transformación a una tensión de alimentación del CGBT igual a 400 V.

## 5.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO DE LAS DEPENDENCIAS DE LA INDUSTRIA

En la nave que trata este proyecto existe, entre todos los riesgos establecidos por el REBT, una zona que entra dentro de la categoría Locales con riesgo de incendio o explosión.

Esta zona es el área donde se realiza el procesado del papel, la destrucción de la documentación, llamada zona de compactado. Esta zona está clasificada por la ITC-BT-29 como clase II: Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber polvo inflamable.

Dicha zona de compactado trabaja con grandes volúmenes de papel con lo que se generan trazas del mismo que pueden presentar un riesgo alto de incendio.

## 5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN, CLASIFICADO POR ZONAS

- Zonas de carga, almacén y zona de compactado
  - Tipos de conductores: Debido a que en estos sectores se trabaja constantemente con el papel que se recibe de los transportes, se almacena y posteriormente se trata, la formación de polvo y el riesgo de incendio son elevados.

El material conductor en estas zonas se ha dispuesto de cobre porque es mejor conductor eléctrico, por lo que su sección puede ser menor que la del aluminio para una misma longitud y es más resistente en caso de incendios. En cuanto al material aislante, debe ser no propagador de la llama y libre de halógenos de alta seguridad. Por tanto, la opción elegida para recubrir el conductor es el RZ1-K(AS), 0,6/1 kV.
  - Tipo de canalizaciones: Debido a que estas zonas lo permiten, se ha transportado las líneas eléctricas hasta los receptores mediante bandejas perforadas, ya que todos los receptores se encuentran próximos a las paredes y la arquitectura de la nave permite el uso de dichas bandejas.
  - Luminarias: Aprovechando que estas zonas disponen de cerchas y no existe falso techo se ha decidido la instalación de luminarias de tipo campana para poder ajustar la altura de ellas. Como se verá en el apartado de iluminación más adelante, las luminarias son de la marca Philips y hacen uso de la tecnología LED para una mayor eficiencia energética y mayor vida útil.
  - Protección frente a contactos indirectos: Estas zonas agrupan tanto motores como luminarias. Es por ello que para la correcta protección diferencial frente contactos indirectos, se dispone de interruptores diferenciales tanto de 300 mA de sensibilidad para los motores como de 30 mA para las luminarias. Esto se verá más adelante en el correspondiente apartado de protección frente contactos indirectos.

- Protección frente sobrecargas y cortocircuitos: Estas zonas presentan receptores de alta potencia, sobre todo la zona de compactado, es por ello que la protección frente sobrecargas y cortocircuitos dispone en su mayoría de interruptores automáticos de alta intensidad nominal, capaces de soportar las sobrecargas producidas en los arranques de los motores sin disparar. Además, para la protección contra cortocircuitos, presentan un alto poder de corte para soportar corrientes de cortocircuito máximas bastante elevadas y, también, en el caso de los motores, la curva de disparo es D.
- Oficinas, pasillos y sala de descanso:

- Tipos de conductores: En estas zonas no se realizan trabajos relacionados con el tratamiento del papel por lo que el riesgo de incendio es reducido. Aun así, se ha decidido que el conductor de las líneas eléctricas siga siendo el cobre, debido a sus mejores propiedades frente el aluminio, mejorando la calidad de la instalación en cuanto a vida útil y su mejor conducción de la electricidad.

Por lo que respecta al material aislante, se ha dispuesto de RZ1-K(AS), 0,6/1 kV. Se ha hecho esta elección, por una parte, porque al estar fijada la línea en bandeja perforada la norma dicta que solo es posible aplicar cables de 0.6/1 kV y, por otra parte, debido a que la zona de compactado presenta riesgo de incendio es mejor este tipo de aislamiento para evitar que se pudiese propagar, asegurando de esta forma la instalación de forma completa.

- Tipo de canalizaciones: En las zonas de oficinas y pasillos la instalación de las líneas se ha hecho mediante bandeja perforada debido a su fácil fijación en las paredes y la seguridad que presenta por llevar las líneas en su interior, evitando así un deterioro de las líneas.
- Luminarias: Tanto en oficinas, pasillos como en la sala de descanso se dispone de falso techo, así que para aprovechar esta condición y para aumentar el grado de iluminación a niveles óptimos en las zonas de trabajo, se han colocado luminarias de panel empotradas en el falso techo. Dichas luminarias son de la marca Philips y son tipo LED. Gracias a este modelo, se logra obtener en las oficinas una luz uniforme y de gran calidad perfecta para lugares donde la exigencia visual es elevada.
- Protección frente a contactos indirectos: Estas zonas agrupan mayoritariamente luminarios. Es por ello que para la correcta protección diferencial frente contactos indirectos, se dispone de interruptores diferenciales tanto de 30 mA de sensibilidad tal y como exige la normativa. Esto se verá más adelante en el correspondiente apartado de protección frente contactos indirectos.



- Protección frente sobrecargas y cortocircuitos: Al no existir motores en estas zonas, la exigencia de protección frente a sobrecargas es casi nula, aun así, se pueden producir igualmente cortocircuitos. Teniendo estas consideraciones en cuenta, los automáticos tienen un calibre de intensidad nominal bastante bajo y la curva de disparo es de tipo C en todos los receptores.
- Sala de presión y generador:
  - Tipos de conductores: Esta zona presenta un grado de humedad más alto, aunque no llega a ser demasiado elevada como para considerarse un local húmedo. Por ello se ha hecho uso del cobre como material conductor, que como ya se ha mencionado presenta mejores propiedades para la industria frente al aluminio. Para asegurarse que la línea no corre ningún riesgo como los comentados en los locales anteriores, se hará uso del aislante RZ1-K(AS), 0,6/1 kV.
  - Tipo de canalizaciones: En este local se ha instalado bandeja metálica para alimentar a los receptores, debido a que el resto de las líneas de los otros locales tienen este tipo de instalación y la sala de presión y generador no presenta inconvenientes a este tipo de canalizaciones.
  - Luminarias: Como ya se ha comentado, esta zona presenta un mayor grado de humedad, así que para que las luminarias no se vean deterioradas en un período de tiempo corto, se han dispuesto luminarias estancas de la marca Philips y de tipo LED. Este tipo de luminarias son las ideales para zonas oscuras y con humedad. Además, dicha gama presenta un grado alto de eficiencia energética, logrando conseguir un flujo luminoso de 2200 lúmenes para un consumo de 22 W.
  - Protección frente a contactos indirectos: En este local solo están presentes como receptores 3 luminarias estancas y la bomba de PCI. Las luminarias cuentan con sensibilidad diferencial de 30 mA y la bomba de PCI, al tratarse de un motor cuenta con protección diferencial de 300 mA de sensibilidad.
  - Protección frente sobrecargas y cortocircuitos: El único motor existente en esta zona es la bomba de PCI. La curva de disparo para el motor es la D, mientras que los magnetotérmicos para las luminarias de esta zona son de curva C.

## 6. PROGRAMA DE NECESIDADES

La ITC-BT-10 establece en este capítulo una serie de previsiones de potencia según a qué tipo de local se realice.

Para el caso de industrias se calcula la previsión de cargas tomando un valor de 125 W por metro cuadrado, siendo el mínimo de 10350 W a 230 V y con coeficiente de simultaneidad igual a 1.

En este proyecto la superficie de la instalación es de 1241 m<sup>2</sup>, obteniendo una potencia prevista, P<sub>prevista</sub>, de valor:

$$P_{prevista} = 125 \cdot 1241 = 155125 \text{ W}$$

Sin embargo, se conocen los valores de las potencias de todos los receptores de la nave tal y como se puede comprobar en las tablas resumen de más adelante. Es por ello que, conociendo dichos valores, la potencia total que demanda la instalación es:

$$P = 206254 \text{ W}$$

Por tanto, se considerará esta potencia para realizar los cálculos ya que es superior a la prevista y también porque es la potencia real de la instalación:

| Receptores CGBT     | Potencia(W)   |
|---------------------|---------------|
| Tomas cajas 1       | 20000         |
| Bomba PCI           | 23000         |
| Puerta 1            | 1000          |
| Puerta 2            | 1000          |
| Puerta 3            | 1000          |
| Puerta 4            | 1000          |
| Puerta 5            | 1000          |
| Puerta 6            | 1000          |
| C.S. Motores        | 125050        |
| C.S. Oficinas       | 22264         |
| Cuadro Rack         | 6000          |
| C.S. Alumbrado nave | 3940          |
| <b>Total</b>        | <b>206254</b> |

Tabla 1: Potencia total de la instalación

Aunque las potencias se verán más detalle en la descripción de los cuadros eléctricos de la nave, en posteriores apartados.

A continuación, se enlista los diferentes tipos de locales dentro de la nave y los valores que deben cumplir en cuanto a iluminancia (lux) y deslumbramiento (UGR):

| tipo de interior              |  | Em (lux) | UGR |
|-------------------------------|--|----------|-----|
| vestuarios y servicios        |  | 200      | 25  |
| oficinas (escritura, lectura) |  | 500      | 19  |
| salas de descanso             |  | 100      | 22  |
| Pasillos                      |  | 100      | 28  |
| aprovisionamiento             |  | 100      | 25  |
| Tratamiento de papel          |  | 300      | 25  |
| Salas de material             |  | 200      | 25  |
| Sala de control               |  | 150      | 25  |
| Rampas de carga               |  | 150      | 25  |
| Oficinas (archivos)           |  | 200      | 25  |

Tabla 2: Valores medios de iluminancia y de UGR

Las luminarias elegidas por tipo de local son las siguientes:

- Vestuarios y servicios → DN130B D217 LED20S/830 (Philips, CoreLine Downlight):
- Oficinas, pasillos y sala de descanso → RC125B W60L60 LED34S/830 NOC (Philips, CoreLine Panel):
- Zonas de carga, almacén y zona de compactado → BY121P G3 LED205S/840 WB (Philips, CoreLine Campana):
- Sala de presión y generador → WT120C L1200 LED22S/840 (Philips, CoreLine Estanca):

Aunque todo lo relativo a nivel de luminosidad, UGR y tipo de luminarias se verá más detallado en el apartado correspondiente a ILUMINACIÓN.

## 7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La edificación es una única nave industrial cuya actividad se centra en la destrucción de documentación. La nave presenta dos plantas: en la planta baja se ubica la recepción, parte de las oficinas, recepción de material y la zona de compactado; en la planta primera se ubican el resto de las oficinas, incluyendo la sala de reuniones de dirección. Aparte de las dos plantas, se dispone de un patio exterior donde está dispuesto el CT con aparcamiento de utilitarios y entrada al muelle de los camiones que llevan la documentación que debe ser destruida.

Con todo, el edificio contempla una superficie total de 1892.55 m<sup>2</sup> distribuidos de la siguiente forma:

**Patio:**

- Zona de aparcamiento 1, S= 109,75 m<sup>2</sup>
- Zona de acceso, S=47,78 m<sup>2</sup>
- Zona de aparcamiento 2, S= 234,79 m<sup>2</sup>

**Planta baja:**

- Muelle de carga con bascula, S=186,58 m<sup>2</sup>
- Zona de carga, S= 55,85 m<sup>2</sup>
- Zona grupo presión y generador, S= 73,05 m<sup>2</sup>
- Recepción, S= 24,4 m<sup>2</sup>.
- Núcleo escalera, S= 9,46 m<sup>2</sup>
- Zona de paso, S= 14,93 m<sup>2</sup>
- Zona de descanso, S=9,38 m<sup>2</sup>
- Control, S= 6,81 m<sup>2</sup>
- Recepción de material, S= 145,72 m<sup>2</sup>
- Muelle de carga, S= 65,55 m<sup>2</sup>
- Almacén balas, S= 361,41 m<sup>2</sup>
- Zona de compactado, S= 353,82 m<sup>2</sup>
- Aseos minusválidos, S= 5,6 m<sup>2</sup>
- Aseo, S=13 m<sup>2</sup>
- Vestuario masculino, S= 13,9 m<sup>2</sup>
- Vestuario femenino, S= 8,91 m<sup>2</sup>

**Planta primera:**

- Oficinas, S= 51,11 m<sup>2</sup>
- Aseo femenino, S= 5,04 m<sup>2</sup>
- Aseo masculino, S=5,04 m<sup>2</sup>
- Archivo-RACK, S= 5,63 m<sup>2</sup>
- Sala de administración, S= 29,88 m<sup>2</sup>
- Sala de reuniones, S= 55,16 m<sup>2</sup>

La planta tiene una altura de 10 m, la primera planta de 3 m con un falso techo y la segunda plana también cuenta con 3 m de altura con falso techo.

## **7.1. INSTALACIONES DE ENLACE**

La instalación de enlace es definida por la ITC-BT-12 como aquella que une la caja general de protección, CGP, con la instalación receptora.

En caso de que se cuente con CT de abonado, la caja general de protecciones no se instalará, ya que el CT cuenta con sus protecciones.

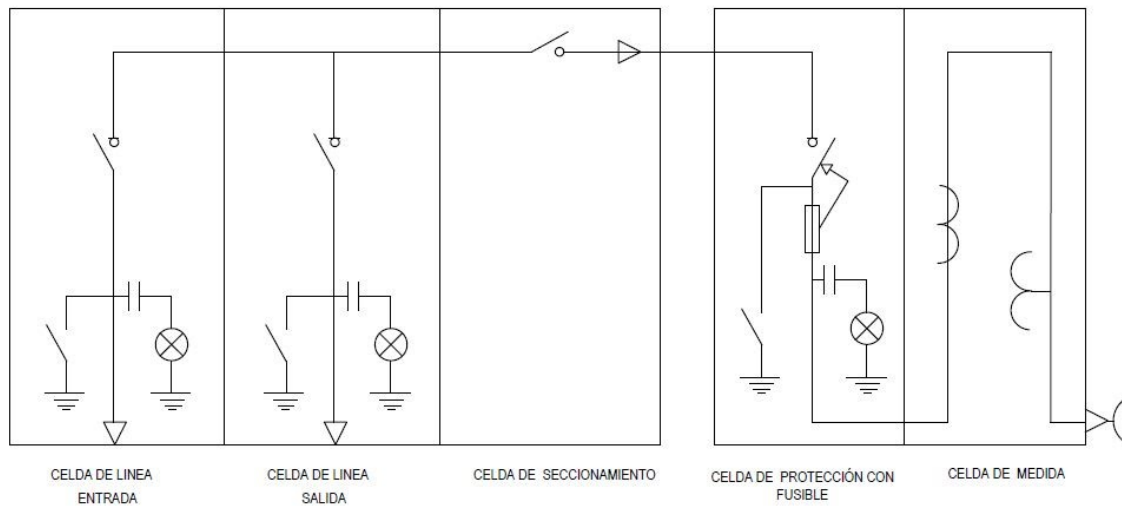
En caso de no haber contado con centro de transformación propio, la compañía suministradora deja la tensión a la entrada de la caja general de protecciones con medida indirecta, en la cual hay que poner toma a tierra para reforzar el neutro en caso fallo y su conexión de tierra se hubiese realizado mediante un electrodo con forma de pica vertical.



*Ilustración 1: Caja general de protecciones con solera de hormigón*

Debido a que la potencia de la instalación supera los 100 kW, si se cuenta con CT propio, propiedad del abonado, el inicio de la instalación eléctrica tiene como partida la salida del centro de transformación. El CT está compuesto de las siguientes partes como se detalla en el esquema unifilar más abajo:

## CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



*Ilustración 2: Contenido de las celdas interiores del CT*

El centro de transformación cuenta con 2 elementos principales: equipo eléctrico interior y edificio prefabricado de hormigón. Está diseñado según la norma UNE-EN 62271-202 y actual reglamentación.



*Ilustración 3: CT prefabricado de hormigón*

La instalación del CT se ha realizado en el patio exterior de la nave, pegado a la fachada. Cuenta con acceso directo desde el exterior para que la compañía eléctrica pueda acceder a él en caso necesario, para revisiones o reparaciones. Es un transformador de 20 kV con dimensiones de 3280 x 3045 mm.

## 7.2. INSTALACIONES RECEPTORAS

Las instalaciones receptoras tienen en inicio en el cuadro general de baja tensión CGBT, que redistribuye las líneas a otros receptores y cuadros secundarios repartidos por la nave.

### 7.2.1. CUADROS ELÉCTRICOS

El número de cuadros secundarios instalados sigue el criterio de obtener una instalación eléctrica eficiente y flexible, colocados en sitios accesibles y cercanos a los receptores que alimentan, con la condición de no encarecer la instalación.

Debido a que los componentes de protección y mando se han elegido de la marca Schneider Electric, el diseño de los cuadros eléctricos se ha realizado mediante el programa gratuito Rapsody disponible en la web de Schneider. Gracias a que el programa tiene todos los componentes de Schneider en su base de datos, se ha efectuado el diseño mediante un esquema unifilar en árbol de sus componentes, obteniendo las medidas finales del cuadro eléctrico y también su presupuesto.

Se ha tenido en cuenta para su diseño el grado de protección IP debido a que el local trabaja con grandes volúmenes de papel que puede ser inflamable y crear partículas de pequeñas dimensiones, estableciendo un grado de protección IP 65. El primer dígito significa protección total contra la entrada de polvo y el segundo dígito significa protección contra chorros de agua desde cualquier ángulo.

Teniendo esto en cuenta, la nave dispone de los siguientes cuadros:

- Cuadro general de baja tensión, CGBT:

El primer cuadro en ser diseñado es el CGBT que alimenta los receptores enumerados en la siguiente página y que redistribuye la energía a los diferentes cuadros secundarios de la instalación. La ubicación del CGBT se ha situado entre la recepción y la zona de compactado debido a que está en un punto cercano a los cuadros secundarios y así a poder ser reparado o rearmado en un lugar lo más accesible posible. También se ha colocado cercano al CT para minimizar las pérdidas y que la instalación sea sencilla.

- Cuadro secundario motores, C.S. Motores:

Debido a que gran parte de los motores se concentran en el área de compactado, se ha decidido hacer una instalación de un cuadro secundario en dicha zona que englobe a los motores con el fin de que las líneas sean de más simple instalación y mantenimiento. De este modo se logra agrupar a dichos receptores además de otras tomas que se encuentran dentro del área de compactado.

- Cuadro secundario de alumbrado, C.S. Alumbrado:

El alumbrado es la parte principal de la instalación eléctrica y se ha ubicado al lado del CGBT porque es una zona central de la nave para la distribución de las luminarias de forma que las longitudes de las líneas sean las menores posibles y es también accesible al personal. Solamente hay un cuadro de alumbrado, debido a que las luminarias de las oficinas quedan alimentadas aparte por su propio cuadro secundario.

- Cuadro secundario de oficinas, C.S. Oficinas:

El cuadro secundario de oficinas alimenta a la zona ubicada para los trabajadores que tienen el ordenador como su principal herramienta de trabajo. Debido al gran número de luminarias que se encuentran en las zonas de oficina, tanto en la primera planta como en la segunda, se ha decidido colocar un cuadro secundario para alimentar dichas luminarias. Con este cuadro se consigue que las líneas de las luminarias de las oficinas tengan menos longitud y estén mejor agrupadas ya que el cuadro se encuentra en el centro del área de oficinas.

- Cuadro secundario del rack, C.S. Rack:

El rack está ubicado en la segunda planta, justo arriba del C.S. Oficinas. En él se alojan los elementos destinados al control informático y también las líneas de los circuitos cerrados de televisión de la nave.

El layout de los distintos cuadros de la nave se muestra en el apartado de planos.

A continuación, se muestra el desglose de cada receptor eléctrico con la correspondiente potencia nominal de los mismos. Para ello se han dividido según el cuadro que les proporciona la energía:



- CGBT:

| CGBT         |              |
|--------------|--------------|
| Receptor     | Potencia (W) |
| Tomas caja 1 | 20000        |
| Bomba PCI    | 23000        |
| Puerta 1     | 1000         |
| Puerta 2     | 1000         |
| Puerta 3     | 1000         |
| Puerta 4     | 1000         |
| Puerta 5     | 1000         |
| Puerta 6     | 1000         |

Tabla 3: Receptores CGBT

Mediante el programa Rapsody de Schneider Electric, se ha realizado el esquema unifilar del cuadro CGBT y se ha simulado las dimensiones del cuadro, quedando como sigue:

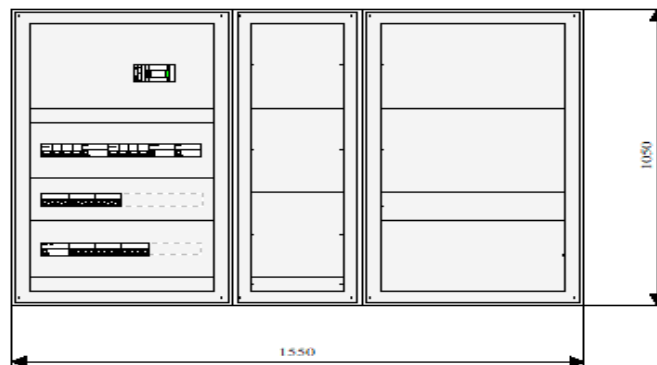


Ilustración 4: Medida del CGBT

El tipo de armario es Prisma G (cofret funcional) al cual se le ha añadido una reserva del 30% para posibles futuras ampliaciones.

- C.S. Motores:

| C.S. Motores      |              |
|-------------------|--------------|
| Receptor          | Potencia (W) |
| Compresor         | 5500         |
| Prensa            | 35000        |
| Trituradora       | 55000        |
| Volteador         | 550          |
| Toma cajas 2      | 20000        |
| Filtro aspiración | 9000         |

Tabla 4: Receptores del C.S. Motores

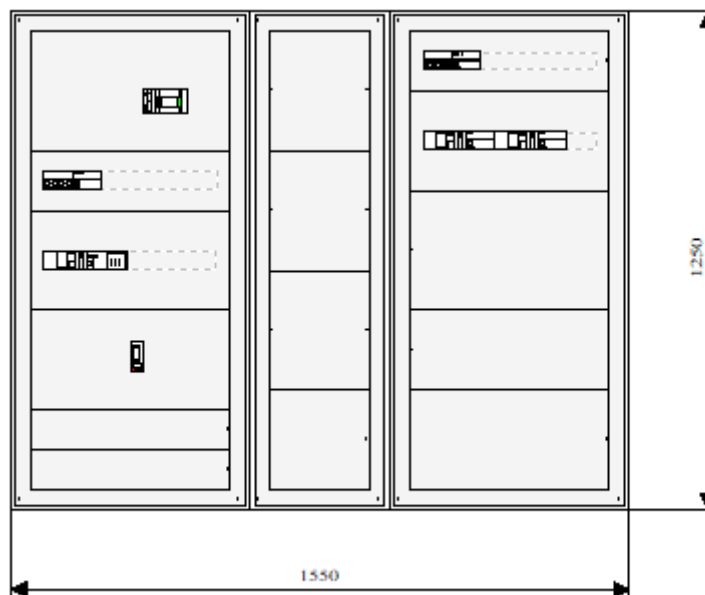


Ilustración 5: Medidas del C.S. Motores

- C.S. Alumbrado:

| C.S. Alumbrado      |              |
|---------------------|--------------|
| Receptor            | Potencia (W) |
| ARO1                | 240          |
| ARO2                | 360          |
| ARO3                | 240          |
| ARO4-Recepción mat. | 990          |
| ARO5-Compactado     | 1594         |
| ARO6-Alm. Balas     | 792          |

Tabla 5: Receptores C.S.Alumbrado

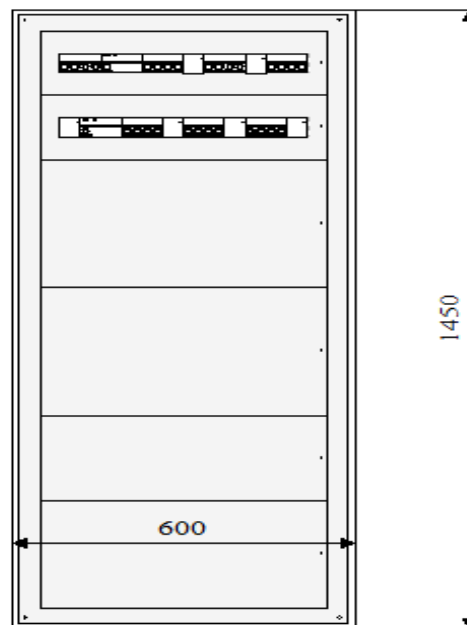


Ilustración 6: Medidas del C.S.Alumbrado

- C.S. Oficinas:

| C.S. Oficinas |              |
|---------------|--------------|
| Receptor      | Potencia (W) |
| AFO1          | 451          |
| AFO2          | 260          |
| AFO3          | 615          |
| AFO4          | 738          |
| AFO5          | 200          |
| FF01          | 2000         |
| FF02          | 2000         |
| FF03          | 2000         |
| FF04          | 2000         |
| FF05          | 2000         |
| FF06          | 2000         |
| FF07          | 2000         |
| FF08          | 2000         |
| FF09          | 2000         |
| FF10          | 2000         |

Tabla 6: Receptores del C.S. Oficinas

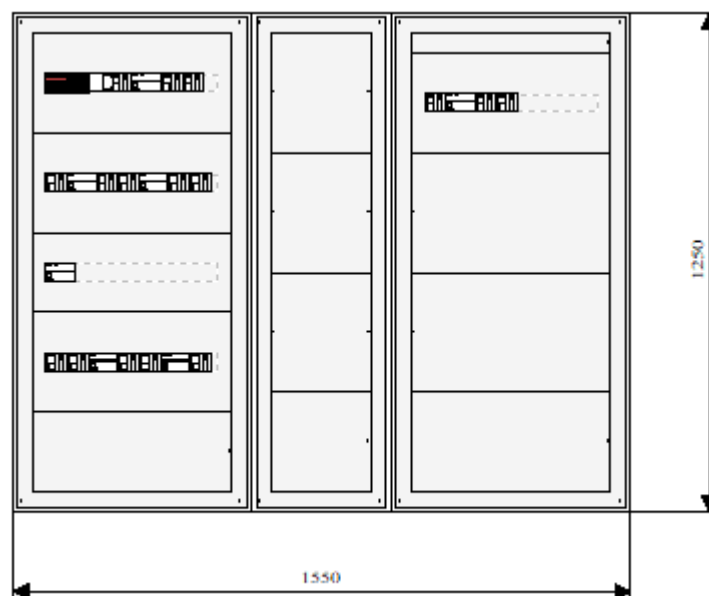


Ilustración 7: Medidas del C.S. Oficinas

- C.S. RACK:

| C.S. RACK |              |
|-----------|--------------|
| Receptor  | Potencia (W) |
| RACK      | 2000         |
| CCTV1     | 2000         |
| CCTV2     | 2000         |

Tabla 7: Receptores C.S.Rack

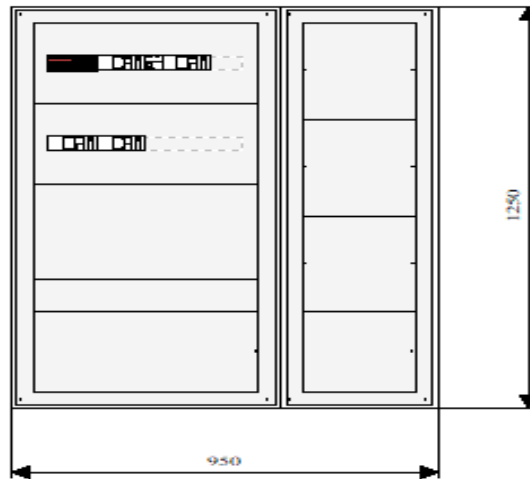


Ilustración 8: Medidas del C.S. Rack

### 7.3. PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS

El contacto indirecto es el contacto de una persona a una parte de la instalación que no debería tener tensión eléctrica pero debido a algún fallo de aislamiento ha quedado bajo tensión. Esto produce que una corriente de defecto circule por la persona hacia a tierra en caso de contacto.

Para que esto se pueda producir se debe haber roto el aislamiento de los conductores y haber entrado en contacto con la parte conductora del elemento afectado, que en condiciones de normal funcionamiento no presenta tensión eléctrica.

En el caso de que se produzca el contacto, el circuito debe abrirse para evitar que peligre la vida de la persona. Es por ello que la ITC-BT- 24 pone en manifiesto que en el esquema TT debe haber dispositivos de protección de corriente diferencial-residual.

Cabe mencionar que la instrucción técnica obliga a conectar a la misma tierra todas las masas accesibles al contacto simultáneo.

#### 7.4. PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS

El contacto directo se establece cuando una persona entra en contacto con partes activas de la instalación eléctrica, es decir, con partes de la instalación que están bajo tensión eléctrica en su normal funcionamiento (pletinas, embarrados...).

En la misma instrucción técnica que en la pertinente a los contactos indirectos, se establece que la instalación debe hacer uso de dispositivos de protección frente a un contacto directo.

Para elegir la protección ante contactos directos, se ha valorado entre las distintas posibilidades:

- 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.

De entre estas opciones se ha decidido realizar una protección mediante envolventes con un grado de protección IP XXB, que es el mínimo exigido según UNE 20.324. Se ha elegido esta opción debido a que hay bastante personal de oficina y puede haber gente que no sea consciente del peligro que conllevan los elementos activos.

Para cumplir con la normativa, la apertura de las envolventes se realiza únicamente mediante el uso de llaves que permiten la apertura de las mismas.

#### 7.5. Instalación de los dispositivos

Para llevar a cabo la protección frente a un contacto directo o indirecto se ha instalado una serie de interruptores diferenciales (ID). Este es un dispositivo electromecánico que tiene como fin proteger a las personas de los posibles contactos, al poder detectar corrientes diferenciales. También protegen contra los incendios que pudieran provocar dichas derivaciones.

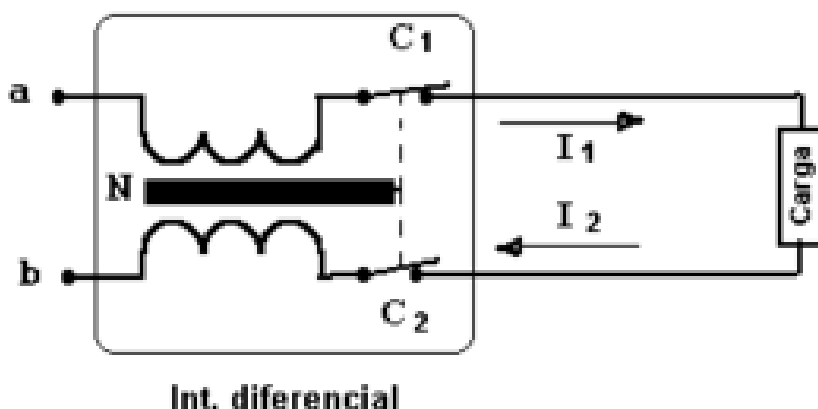


Ilustración 9: esquema funcionamiento del Interruptor diferencial

El ID funciona en condiciones normales cerrando el circuito entre fase y neutro de una carga a la cual está conectado en paralelo. En este caso la corriente  $I_1 = I_2$  ya que la intensidad de fase

circula por un extremo del diferencial hacia la carga y de esta sigue el circuito y cierra por el otro extremo del diferencial hacia el neutro. Así el diferencial no corta la corriente porque las dos bobinas que tiene en su interior crean un campo magnético igual y opuesto que proporciona una resultante nula.

Cuando se produce una fuga de corriente a tierra, la resultante del campo magnético de las bobinas del ID ya no es la misma debido a que parte de  $I_1$  se filtra a tierra ( $I_f$ ) y, por tanto,  $I_2 = I_1 - I_f$ . Cuando esto ocurre, el campo magnético atrae el núcleo del ID abriendo los contactos que posee y a su vez el circuito al cual se conecta el diferencial.

Se podría pensar que con solo añadir la protección con un interruptor diferencial no haría falta hacer la puesta a tierra de los receptores. Si la instalación TT no estuviese puesta, en caso de defecto partes no activas de ese elemento quedarían con tensión y, al no escaparse a tierra la corriente, el diferencial seguiría funcionando hasta que se produjese un contacto indirecto, momento en que el diferencial cortaría el circuito en un corto instante de tiempo. Aunque el ID hubiese cortado el circuito en un intervalo muy corto de tiempo, en ese periodo hubiese circulado una corriente por la persona hacia a tierra que habría sido suficiente para provocar graves efectos sobre el organismo de dicha persona. Por ello la puesta a tierra de los elementos de la instalación eléctrica siempre debe hacerse.

Para poder realizar un seccionamiento selectivo en caso de defecto y no cortar la alimentación eléctrica en todos los receptores de la instalación, no puede añadirse un único diferencial en el origen de la instalación. En vez de ello se coloca un ID aguas arriba de la instalación y otros en niveles inferiores. De esta forma, en caso de posibles fallos de aislamiento en las partes iniciales de la instalación quedarían anulados por el diferencial que se encuentra en el inicio de la instalación y los fallos ocasionados por los receptores aguas abajo harán que se active el diferencial relativo al elemento que presenta la falta sin afectar al resto de la instalación. Así, solo habría que solucionar el problema del receptor afectado y rearmar el interruptor diferencial sin que afectase al normal funcionamiento del resto de los receptores, obteniendo una continuidad del servicio óptima. A esto se le llama selectividad diferencial vertical.

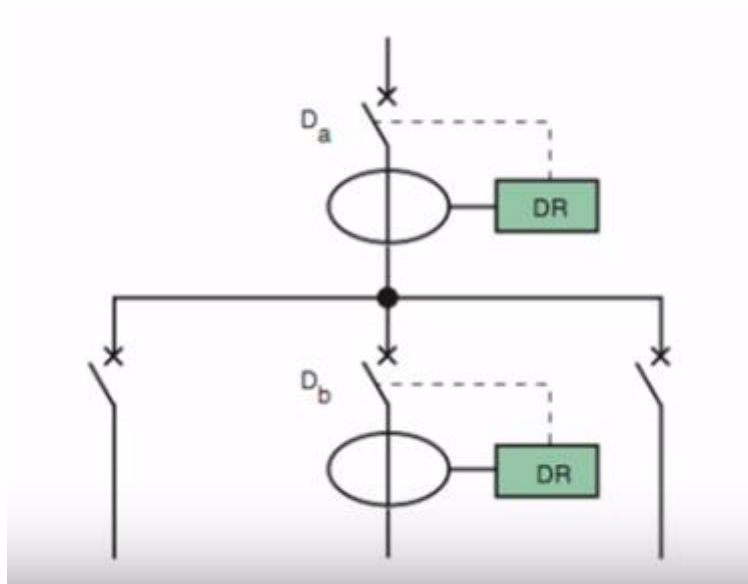


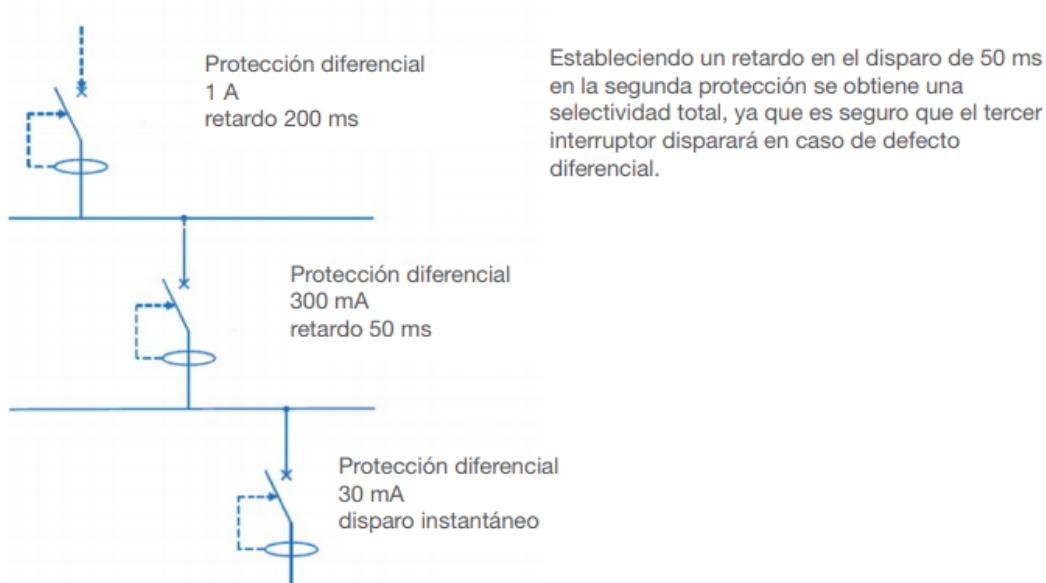
Ilustración 10: Selectividad de ID

Para poder conseguir una correcta selectividad vertical, es decir, para que dispare solo la parte del cuadro afectada por una avería y que el corte se produzca lo más próximo a esta, es necesario cumplir con las siguientes condiciones:

- 1º: el tiempo de retardo del dispositivo diferencial situado aguas arriba debe ser superior a la regulación tiempo/intensidad del dispositivo diferencial situado aguas abajo.
- 2º: la sensibilidad del diferencial aguas arriba debe ser al menos el doble de la sensibilidad del diferencial aguas abajo, según UNE EN 61008 / 61009 y 60947-2.
- 3º: el diferencial principal debe ser de tipo selectivo para poder realizar su retardo, siendo los diferenciales del nivel inferior instantáneos.



Estas 3 condiciones quedan ilustradas en la siguiente imagen:



*Ilustración 11: ejemplo de selectividad extraído del dossier de selectividad de Hager.*

La ubicación de los ID queda detallada en el esquema unifilar. Como se puede comprobar en el esquema unifilar, no se ha instalado un diferencial en cada receptor de la instalación porque esto encarece mucho el precio. De esta forma se han elegido sectores donde instalar los diferenciales de forma que garanticen un buen servicio y que la instalación no resulte demasiado cara.

De esta forma se tiene que cada motor de la zona de compactado cuenta con su propio ID de 300 mA de sensibilidad porque presentan potencias elevadas que la intensidad de defecto puede ser muy elevada, las tomas de cajas 1 quedan protegidas por un único diferencial de 300 mA para todas ellas al igual que sucede con la toma de cajas 2. Los cuadros secundarios presentan un diferencial en el origen de cada uno de 600 mA el C.S. Motores, sensibilidad 2 veces mayor que los motores además de retardo en el tiempo de disparo, y 300 mA el resto para lograr selectividad respecto sus respectivos receptores. Como hay un total de 6 puertas motorizadas se ha decidido colocar un diferencial como los anteriores que proteja a 3 puertas a la vez y otro para las 3 puertas restantes, se ha diseñado así porque las puertas no son zonas importantes de la instalación y en caso de avería no afectan a la producción. En el caso de las líneas de alumbrado, se tiene un planteamiento similar al anterior, quedando las zonas de iluminación AR del C.S. Alumbrado agrupadas en 3 zonas por diferencial, con un total de dos diferenciales de sensibilidad igual a 30 mA que es la establecida para este tipo de receptores. En el C.S. Oficinas las 10 zonas FF de alumbrado cuentan con un diferencial de 30 mA para dos zonas distintas y las zonas AF se han dividido en un grupo de 3 y otro de 2 con diferenciales idénticos a los de FF. Ya para finalizar, el cuadro rack se ha colocado un mismo diferencial de 300 mA para CCTV1, CCTV2 Y el propio rack por no ser elementos propensos a averías ni elementos importantes para la instalación.

Con esto se tiene que todos los receptores cuentan con protección diferencial, sin encarecer mucho la instalación y consiguiendo selectividad en las líneas.

Todos los interruptores diferenciales son de la marca Schneider. En la siguiente tabla se enlistan dichos interruptores:

| Línea             | Diferencial                  |        |                   |             |
|-------------------|------------------------------|--------|-------------------|-------------|
|                   | Modelo                       | In (A) | Sensibilidad (mA) | Clase       |
| Línea general     | Toroide tipo A-SA200         | 400    | 600               | Selectivo   |
| Tomas caja 1      | Acti9 Vigi                   | 40     | 300               | Instantáneo |
| Bomba PCI         | Acti9 Vigi                   | 63     | 300               | Instantáneo |
| Puertas 1 a 3     | Acti9 Vigi                   | 63     | 300               | Instantáneo |
| Puertas 4 a 6     | Acti9 Vigi                   | 63     | 300               | Instantáneo |
| C.S.Motores       | Toroide tipo A-SA200         | 200    | 600               | Selectivo   |
| Compresor         | Acti9 Vigi                   | 25     | 300               | Instantáneo |
| Prensa            | Acti9 Vigi C120              | 100    | 300               | Instantáneo |
| Triturador        | Bloque diferencial Vigi C120 | 160    | 300               | Instantáneo |
| Volteador         | Acti9 Vigi                   | 25     | 300               | Instantáneo |
| Tomas caja 2      | Acti9 Vigi                   | 40     | 300               | Instantáneo |
| Filtro aspiración | Acti9 Vigi                   | 25     | 300               | Instantáneo |
| C.S.Alumbrado     | Acti9 Vigi                   | 25     | 300               | Selectivo   |
| ARO1/02/03        | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| ARO4/05/06        | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| C.S.Oficinas      | Acti9 Vigi                   | 80     | 300               | Selectivo   |
| AFO1/02/03        | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| AFO4/05/06        | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| FF01/02           | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| FF03/04           | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| FF05/06           | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| FF07/08           | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| FF09/10           | Acti9 Vigi                   | 40     | 30                | Instantáneo |
| C.S. RACK         | Acti9 Vigi                   | 63     | 300               | Selectivo   |
| RACK,CCTV1/2      | Acti9 Vigi                   | 63     | 30                | Instantáneo |

Tabla 8: : Resumen de los Interruptores diferenciales utilizados

## **7.6. DISEÑO DE LOS CONDUCTORES**

### **7.6.1. MATERIAL CONDUCTOR**

La ITC-BT-19 deja a elección del proyectista si el material de los conductores es cobre o es aluminio. Se ha optado por el cobre como material de los elementos conductores debido a que presenta frente al aluminio las siguientes ventajas: es mejor conductor eléctrico, por lo que su sección puede ser menor que la del aluminio para una misma longitud; es más resistente en caso de incendios; es más dúctil; es menos corrosible y su vida útil es mayor. Debido a todo esto y teniendo en cuenta que la instalación es para uso industrial y se producen picos de tensión y sobreintensidades, el cobre es el material más aconsejable.

Como señala la ITC-BT-20, los conductores son aislados al no ir montados sobre aisladores.

### **7.6.2. MÉTODO DE INSTALACIÓN**

Los conductores tienen que ser instalados en la nave de una forma que se facilite su puesta en el perímetro necesario hasta llegar a los receptores. Para diseñar las líneas que alimentan estos receptores se ha hecho criterio de la facilidad a la hora de colocarlos, el coste y la ubicación de los receptores, ya sean motores, luminarias, tomas o cuadros secundarios.

Para transportar los conductores hasta la mayor parte de los receptores se ha optado de hacer uso de bandejas metálicas perforadas a lo largo de las paredes del recinto, en líneas rectas y sin trazar diagonales con el fin de facilitar la instalación y evitar que crucen con otros elementos de la instalación, ya sea la red de tuberías de agua o de gas. Aprovechando que los cuadros secundarios están ubicados cerca de las paredes, su alimentación se ha realizado directamente desde las bandejas facilitando así la instalación. También se han alimentado directamente desde las bandejas todos los motores del C.S. Motores, las tomas de cajas 1 y 2 y los proyectores exteriores, todo por la misma razón que lo mencionado anteriormente. En cambio, la línea general de alimentación se ha dispuesto enterrado bajo tubo debido a que es una línea de gran potencia y alimenta al CGBT desde el CT.

En otras partes de la nave como las zonas de alumbrado, se ha evitado alimentar cada receptor mediante la bandeja para no aumentar la longitud de la instalación eléctrica de dicha línea y también porque muchas luminarias están lejos de las paredes. En lugar de usar bandejas, se han sacado tubos al aire desde ellas y se han ido conectando luminarias alejadas de las paredes de forma consecutiva trazando líneas rectas por la parte del techo donde están ubicadas. De esta forma se facilita la instalación y se reducen costes derivados de aumentar longitudes de líneas.

Por lo que concierne al apartado estético de la instalación, este se ha dejado de lado debido a que ha prevalecido la parte económica en la instalación y también porque al ser una nave industrial y no un edificio público o de patrimonio, los métodos de instalación realizados no tienen un impacto serio y son estéticamente adecuados para el fin industrial.

### 7.6.3. AISLANTE DEL CONDUCTOR

Para el aislamiento de los conductores se ha tenido en cuenta que la nave industrial trabaja con papel, por lo que la formación del polvo y el riesgo de incendio son elevados. Es por ello que el aislamiento debe ser no propagador de la llama y libre de halógenos de alta seguridad. Por tanto, la opción elegida para recubrir el conductor es el RZ1-K(AS), 0,6/1 kV.

Además, otros motivos para la elección de este tipo de cable han sido que gran parte de la instalación de los conductores se ha realizado mediante bandejas, con lo que solo es posible aplicar este tipo de cables de 1 kV, por lo que otras opciones como la del PVC no se han contemplado ya que hay líneas con receptores que requieren de mucha potencia como el compresor. Este cable es más indicado por sus mejores características eléctricas frente al PVC.

## 7.7. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

Se tiene hasta ahora que el conductor eléctrico es el cobre y que el aislante del conductor es RZ1-K(AS), 0,6/1 Kv en todas las líneas de la instalación.

A continuación, se realiza el criterio de calentamiento térmico y de caída de tensión.

### 7.7.1. CRITERIO TÉRMICO

Para la realización de este apartado se ha seguido las indicaciones de la ITC-BT-19, más concretamente en la norma UNE20.460-5-523 donde se especifican las intensidades máximas y la sección mínima exigible a partir de unas tablas.

Basándose en las tablas, se ha comprobado las máximas intensidades que pueden transportar las líneas y su posterior normalización. Todo esto dependerá, como es evidente, del material conductor, del material aislante y de la sección.

Como la mayoría de receptores son trifásicos, se empieza con el cálculo de sus correspondientes intensidades. Para ello, se utiliza la siguiente expresión:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\alpha}$$

Donde los siguientes elementos son:

- $I_B$  = intensidad diseño de la línea en amperios (A).
- P= potencia del receptor en vatios (W).
- V= tensión nominal trifásica del receptor en voltios (V).
- $\cos \alpha$ = factor de potencia de la instalación cuyo valor es de 0,85.

La  $I_B$  de los motores se calcula con la expresión anterior, pero además se le multiplica por 1.25 para obtener un resultado más fiable en el arranque.

Con esta expresión ya se puede hacer el cálculo de la corriente de cada línea. Pero para hacerlo más fiable, los resultados obtenidos se han rectificado mediante un factor de corrección. Este factor de corrección, k, permite ajustar los cálculos obtenidos, debido a que estos no tienen en

cuenta la temperatura, la resistividad, etc. La siguiente expresión hace referencia a lo comentado:

$$I_1 = \frac{I_B}{k}$$

Para conseguir que la intensidad que sea capaz de soportar el conductor sea mayor que la nominal se realiza un cálculo para una sección S, de modo que:

$$I_T \geq I_1$$

Este nuevo resultado es la intensidad admisible del conductor, pero como es un valor normalizado presente en las tablas, se multiplica por el factor de corrección para que se aproxime más a situaciones prácticas:

$$I_Z = k \cdot I_T$$

Para aproximar lo mejor posible y evitar que los cables tengan grandes pérdidas por efecto Joule, se hará uso de:

Si  $0.9 \cdot I_Z > I_B \rightarrow$  se confirma S

Si  $0.9 \cdot I_Z < I_B \rightarrow$  se cambia a la sección superior

Cabe destacar los casos en que no es posible usar las expresiones del mismo modo que las realizadas anteriormente.

Por una parte, el alumbrado de emergencia funciona mediante su propia batería y no mediante la alimentación general. La batería que poseen se va cargando gracias a otras líneas que se conectan a ella y, como solo se pone en funcionamiento en caso de emergencia, no tiene un consumo apreciable. La intensidad de estas luminarias ronda el 10 % de las luminarias monofásicas anteriores. Esto es suficiente como para darle una autonomía de más de 1 h a las luminarias de emergencia en caso de ser necesario su encendido.

A continuación, se adjuntan los datos de los receptores:

| Receptores CGBT     | P(W)          | Cos $\alpha$ | Sen $\alpha$ | $\eta$ |
|---------------------|---------------|--------------|--------------|--------|
| Tomas cajas 1       | 20000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| Bomba PCI           | 23000         | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Puerta 1            | 1000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Puerta 2            | 1000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Puerta 3            | 1000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Puerta 4            | 1000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Puerta 5            | 1000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Puerta 6            | 1000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| C.S. Motores        | 125050        |              |              |        |
| C.S. Oficinas       | 22264         |              |              |        |
| Cuadro Rack         | 6000          |              |              |        |
| C.S. Alumbrado nave | 3940          |              |              |        |
| <b>Total</b>        | <b>206254</b> |              |              |        |

Tabla 9: Potencias receptores del CGBT

| C.S. Motores      | Potencia(W)   | Cos $\alpha$ | Sen $\alpha$ | $\eta$ |
|-------------------|---------------|--------------|--------------|--------|
| Compresor         | 5500          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Prensa            | 35000         | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Triturador        | 55000         | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Volteador         | 550           | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| Toma cajas 2      | 20000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| Filtro aspiración | 9000          | 0,85         | 0,526        | 0,94   |
| <b>Total</b>      | <b>125050</b> |              |              |        |

Tabla 10: Potencias receptores del C.S. Motores

| C.S. Alumbrado      | Potencia(W) | Cos $\alpha$ | Sen $\alpha$ | $\eta$ |
|---------------------|-------------|--------------|--------------|--------|
| ARO1                | 240         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| ARO2                | 360         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| ARO3                | 240         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| ARO4-Recepción mat. | 775         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| ARO5-Compactado     | 1395        | 0,85         | 0,526        | 1      |
| ARO6-Alm. balas     | 930         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| <b>Total</b>        | <b>3940</b> |              |              |        |

Tabla 11: Potencias receptores C.S. Alumbrado

| Cuadro Rack  | Potencia(W) | Cos $\alpha$ | Sen $\alpha$ | $\eta$ |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------|
| RACK         | 2000        | 0,85         | 0,526        | 1      |
| CCTV1        | 2000        | 0,85         | 0,526        | 1      |
| CCTV2        | 2000        | 0,85         | 0,526        | 1      |
| <b>Total</b> | <b>6000</b> |              |              |        |

Tabla 12: Potencias receptores C.S. Rack

| C.S. Oficinas | Potencia(W)  | Cos $\alpha$ | Sen $\alpha$ | $\eta$ |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| AFO 1         | 451          | 0,85         | 0,526        | 1      |
| AFO 2         | 260          | 0,85         | 0,526        | 1      |
| AFO 3         | 615          | 0,85         | 0,526        | 1      |
| AFO 4         | 738          | 0,85         | 0,526        | 1      |
| AFO 5         | 200          | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF01          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF02          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF03          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF04          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF05          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF06          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF07          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF08          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF09          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| FF10          | 2000         | 0,85         | 0,526        | 1      |
| <b>Total</b>  | <b>22264</b> |              |              |        |

Tabla 13: Potencias receptores C.S. Oficinas

Para obtener la potencia aparente del transformador es necesario tener la potencia activa y la potencia reactiva de todos los receptores.

Para obtener la potencia reactiva, que solo está presente en los motores se usa la expresión:

$$Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg}(\alpha_i) \rightarrow \text{siendo } \alpha = \arccos(0.85) = 31.79^\circ$$

Las potencias reactivas quedan resumidas en la siguiente tabla:

| Potencia          | Q(VAr)  |
|-------------------|---------|
| Bomba PCI         | 15160   |
| Compresor         | 3626.26 |
| Prensa            | 23000   |
| Triturador        | 36260   |
| Volteador         | 362     |
| Filtro aspiración | 5934    |
| Puerta 1          | 1000    |
| Puerta 2          | 1000    |
| Puerta 3          | 1000    |
| Puerta 4          | 1000    |
| Puerta 5          | 1000    |
| Puerta 6          | 1000    |

Tabla 14:Resumen potencias reactivas

Obtenidas todas las potencias, se suman las potencias activas y reactivas de todos los receptores:

$$P_{abs} = \sum P_i = 217.87 \text{ kW}$$
$$Q_{abs} = \sum Q_i = 90.34 \text{ kVAr}$$

La potencia aparente del transformador se obtiene a partir de:

$$S_t = \sqrt{P_{abs}^2 + Q_{abs}^2} = \sqrt{217.87^2 + 90.34^2} = 235.86 \text{ kVA}$$

El transformador ha de ser mínimo de 250 kVA para tener un margen en el posible caso de que todos los receptores estén en funcionamiento al mismo tiempo.

El cálculo de las intensidades de cada línea se realiza en el apartado 2 de los cálculos.



| Método de instalación de la tabla S2 - B1 | Número de conductores cargados y tipo de aislamiento |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |  | PVC3 | PVC2 |      | XLPE3 | XLPE2 |       |       |       |       |       |       |
| A1  |  |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| A2  | PVC3   | PVC2 |      |      | XLPE3 | XLPE2 |       |       |       |       |       |       |
| B1  |  |      |      | PVC3 | PVC2  |       | XLPE3 |       | XLPE2 |       |       |       |
| B2  |  |      | PVC3 | PVC2 |       | XLPE3 | XLPE2 |       |       |       |       |       |
| C   |  |      |      |      | PVC3  |       | PVC2  | XLPE3 |       | XLPE2 |       |       |
| E   |  |      |      |      |       | PVC3  |       | PVC2  | XLPE3 |       | XLPE2 |       |
| F   |  |      |      |      |       |       | PVC3  |       | PVC2  | XLPE3 |       | XLPE2 |
| I   | 2  | 3    | 4    | 5    | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    |
| Sección mm <sup>2</sup>                   |  |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Cu  |  |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1,5                                       | 13   | 13,5 | 14,5 | 15,5 | 17    | 18,5  | 19,5  | 22    | 23    | 24    | 26    | -     |
| 2,5                                       | 17,5   | 18   | 19,5 | 21   | 23    | 25    | 27    | 30    | 31    | 33    | 36    | -     |
| 4   | 23   | 24   | 26   | 28   | 31    | 34    | 36    | 40    | 42    | 45    | 49    | -     |
| 6   | 29   | 31   | 34   | 36   | 40    | 43    | 46    | 51    | 54    | 58    | 63    | -     |
| 10  | 39   | 42   | 46   | 50   | 54    | 60    | 63    | 70    | 75    | 80    | 86    | -     |
| 16  | 52   | 56   | 61   | 68   | 73    | 80    | 85    | 94    | 100   | 107   | 115   | -     |
| 25  | 68   | 73   | 80   | 89   | 95    | 101   | 110   | 119   | 127   | 135   | 149   | 161   |
| 35  | -  | -    | -    | 110  | 117   | 126   | 137   | 147   | 158   | 169   | 185   | 200   |
| 50  | -  | -    | -    | 134  | 141   | 153   | 167   | 179   | 192   | 207   | 225   | 242   |
| 70  | -  | -    | -    | 171  | 179   | 196   | 213   | 229   | 246   | 268   | 289   | 310   |
| 95  | -  | -    | -    | 207  | 216   | 238   | 258   | 278   | 298   | 328   | 352   | 377   |
| 120                                       | -  | -    | -    | 239  | 249   | 276   | 299   | 322   | 346   | 382   | 410   | 437   |
| 150                                       | -  | -    | -    | -    | 285   | 318   | 344   | 371   | 395   | 441   | 473   | 504   |
| 185                                       | -  | -    | -    | -    | 324   | 362   | 392   | 424   | 450   | 506   | 542   | 575   |
| 240                                       | -  | -    | -    | -    | 380   | 424   | 461   | 500   | 538   | 599   | 641   | 679   |
| Aluminio                                  |  |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2,5                                       | 13,5   | 14   | 15   | 16,5 | 18,5  | 19,5  | 21    | 23    | 24    | 26    | 28    | -     |
| 4   | 17,5   | 18,5 | 20   | 22   | 25    | 26    | 28    | 31    | 32    | 35    | 38    | -     |
| 6   | 23   | 24   | 26   | 28   | 32    | 33    | 36    | 39    | 42    | 45    | 49    | -     |
| 10  | 31   | 32   | 36   | 39   | 44    | 46    | 49    | 54    | 58    | 62    | 67    | -     |
| 16  | 41   | 43   | 48   | 53   | 58    | 61    | 66    | 73    | 77    | 84    | 91    | -     |
| 25  | 53   | 57   | 63   | 70   | 73    | 78    | 83    | 90    | 97    | 101   | 108   | 121   |
| 35  | -  | -    | -    | 86   | 90    | 96    | 103   | 112   | 120   | 126   | 135   | 150   |
| 50  | -  | -    | -    | 104  | 110   | 117   | 125   | 136   | 146   | 154   | 164   | 184   |
| 70  | -  | -    | -    | 133  | 140   | 150   | 160   | 174   | 187   | 198   | 211   | 237   |
| 95  | -  | -    | -    | 161  | 170   | 183   | 195   | 211   | 227   | 241   | 257   | 289   |
| 120                                       | -  | -    | -    | 186  | 197   | 212   | 226   | 245   | 263   | 280   | 300   | 337   |
| 150                                       | -  | -    | -    | -    | 226   | 245   | 261   | 283   | 304   | 324   | 346   | 389   |
| 185                                       | -  | -    | -    | -    | 256   | 280   | 298   | 323   | 347   | 371   | 397   | 447   |
| 240                                       | -  | -    | -    | -    | 300   | 330   | 352   | 382   | 409   | 439   | 470   | 530   |

Es necesario consultar las tablas S2 - C1 a S2 - C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

Ilustración 12: Norma UNE 20-460-5-523-2004

En esta instalación los conductores son de cobre íntegramente y el aislamiento de las líneas es de XLPE3 en todas. Con esto, conociendo la  $I_b$  y la  $k$  se puede obtener la sección de las líneas, eligiendo la  $I$  admisible superior a la  $I_b$  como ya se ha mencionado con anterioridad.

El método de instalación que se va a seguir es el D, E y F, tal como indica la norma UNE 20460-5-523, la cual establece que las intensidades admisibles calculadas son para líneas enterradas, y líneas en bandejas, abrazaderas y análogas en las que son dadas por métodos de instalación de cables aislados o al aire como se indica en las tablas S2-C7 a S2-C12 y por factores de reducción por grupos dados en las tablas S2-E4 y S2-E5.

El método de instalación E es para cables multipolares al aire libre, mientras que el método de instalación F es para cables unipolares al aire libres. Únicamente se ha realizado una instalación mediante el método D para la línea general. A continuación, se detallan las 4 tablas utilizadas:

| Punto | Disposición de los cables<br>(En contacto)                        | Número de circuitos o de cables multiconductores |      |      |      |      |      |      |      |      |   |                                  |      | Tablas de los métodos de referencia |
|-------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|---|----------------------------------|------|-------------------------------------|
|       |   | 1  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 12  | 16                               | 20   |                                     |
| 1     | Agrupados en el aire sobre una superficie, embutidos o empotrados | 1,00   | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,45  | 0,41                             | 0,38 | 52 – C1 a 52 – C12 métodos A a F    |
| 2     | Capa única sobre pared, suelo o superficie sin perforar           | 1,00   | 0,85 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multiconductores | 52 – C1 a 52 – C6 método C       |      |                                     |
| 3     | Capa única fijada bajo techo de madera                            | 0,95   | 0,81 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 |   |                                  |      |                                     |
| 4     | Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical          | 1,00   | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 |   | 52 – C7 a 52 – C12 métodos E y F |      |                                     |
| 5     | Capa única sobre escalera, abrazaderas, etc.                      | 1,00   | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 |   |                                  |      |                                     |

NOTA 1 – Estos factores se aplican a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.

NOTA 2 – Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario ningún factor de reducción.

NOTA 3 – Los mismos factores de corrección se aplican:  
– a los grupos de dos o tres cables unipolares;  
– a los cables multiconductores.

NOTA 4 – Si un agrupamiento se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos y se aplica el factor de corrección a las tablas para dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas para tres conductores cargados para los cables de tres conductores.

NOTA 5 – Si un agrupamiento está formado por  $n$  conductores unipolares cargados, puede ser considerado como  $n/2$  circuitos de dos conductores cargados o como  $n/3$  circuitos de tres conductores cargados.


NOTA 6 – Los valores indicados son la media en el rango de las dimensiones de conductores y de los métodos de instalación de las tablas 52 – C1 a 52 – C12, la precisión de los valores tabulados está en un  $\pm 5\%$ .

NOTA 7 – Para algunas instalaciones y para otros métodos de instalación no previstos en esta tabla puede ser apropiado utilizar factores calculados para casos específicos, véase por ejemplo las tablas 52 – E4 y 52 – E5.

Ilustración 13: Factores de deducción del método de instalación E, tablas 52-C1 a 52-C12

| Número de circuitos unipolares de dos o tres cables | Distancia entre conductos (a)* |        |       |       |
|---|--------------------------------|--------|-------|-------|
|   | Nula (conductos en contacto)   | 0,25 m | 0,5 m | 1,0 m |
| 2   | 0,80                           | 0,90   | 0,90  | 0,95  |
| 3   | 0,70                           | 0,80   | 0,85  | 0,90  |
| 4   | 0,65                           | 0,75   | 0,80  | 0,90  |
| 5   | 0,60                           | 0,70   | 0,80  | 0,90  |
| 6   | 0,60                           | 0,70   | 0,80  | 0,90  |

\* Cables unipolares



NOTA – Los valores indicados se aplican para una profundidad de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K.m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los conductores y los tipos de las tablas 52 – C1 a 52 – C4. Los valores medios, redondeados pueden entrar un error de hasta el  $\pm 10\%$  en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por los métodos de la Norma IEC 60287).

Ilustración 14: Factores de deducción del método de instalación D, tablas 52-C1 a 52-C4

| Método de instalación de la tabla 52 – B2       |                |                    | Número de bandejas | Número de circuitos trifásicos (nota 2) |      |      | A utilizar para                |
|---|----------------|--------------------|--------------------|---|------|------|--------------------------------|
|   |                |                    |                    | 1                                       | 2    | 3    |                                |
| Bandejas perforadas (nota 3)                    | 13             | <p>En contacto</p> | 1                  | 0,98                                    | 0,91 | 0,87 | Tres cables en capa horizontal |
|   |                |                    | 2                  | 0,96                                    | 0,87 | 0,81 |                                |
|   |                |                    | 3                  | 0,95                                    | 0,85 | 0,78 |                                |
| Bandejas perforadas verticales (nota 4)         | 13             | <p>En contacto</p> | 1                  | 0,96                                    | 0,86 | –    | Tres cables en capa vertical   |
|   |                |                    | 2                  | 0,95                                    | 0,84 | –    |                                |
| Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3) | 14<br>15<br>16 | <p>En contacto</p> | 1                  | 1,00                                    | 0,97 | 0,96 | Tres cables en capa horizontal |
|   |                |                    | 2                  | 0,98                                    | 0,93 | 0,89 |                                |
|   |                |                    | 3                  | 0,97                                    | 0,90 | 0,86 |                                |
| Bandejas perforadas (nota 3)                    | 13             |                    | 1                  | 1,00                                    | 0,98 | 0,96 | Tres cables en trébol          |
|   |                |                    | 2                  | 0,97                                    | 0,93 | 0,89 |                                |
|   |                |                    | 3                  | 0,96                                    | 0,92 | 0,86 |                                |
| Bandejas perforadas verticales (nota 4)         | 13             |                    | 1                  | 1,00                                    | 0,91 | 0,89 |                                |
|   |                |                    | 2                  | 1,00                                    | 0,90 | 0,86 |                                |
| Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3) | 14<br>15<br>16 | <p>Separados</p>   | 1                  | 1,00                                    | 1,00 | 1,00 |                                |
|   |                |                    | 2                  | 0,97                                    | 0,95 | 0,93 |                                |
|   |                |                    | 3                  | 0,96                                    | 0,94 | 0,94 |                                |

Los factores se aplican a capas únicas de cables (o triángulos) tales como las representadas anteriormente, pero no pueden aplicarse a cables dispuestos en varias capas en contacto. Los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y deben ser determinados por un método apropiado.

Ilustración 15: Factores de deducción del método de instalación F tablas 52-C7 a 52C-12

| Método de instalación | Sección mm <sup>2</sup> | Número de conductores cargados y tipo de aislamiento |       |      |      |
|-----------------------|-------------------------|--|-------|------|------|
|                       |                         | XLPE3  | XLPE2 | PVC3 | PVC2 |
| D<br>                 | Cobre                   |  |       |      |      |
|                       | 1,5                     | 21   | 24,5  | 17   | 20,5 |
|                       | 2,5                     | 27,5   | 32,5  | 22,5 | 27,5 |
|                       | 4                       | 35   | 42    | 29   | 36   |
|                       | 6                       | 44   | 53    | 37   | 44   |
|                       | 10                      | 58   | 70    | 49   | 59   |
|                       | 16                      | 75   | 91    | 63   | 76   |
|                       | 25                      | 96   | 116   | 81   | 98   |
|                       | 35                      | 117  | 140   | 97   | 118  |
|                       | 50                      | 138  | 166   | 115  | 140  |
|                       | 70                      | 170  | 204   | 143  | 173  |
|                       | 95                      | 202  | 241   | 170  | 205  |
|                       | 120                     | 230  | 275   | 192  | 233  |
|                       | 150                     | 260  | 311   | 218  | 264  |
|                       | 185                     | 291  | 348   | 245  | 296  |
| 240                   | 336                     | 402  | 282   | 342  |      |
| 300                   | 380                     | 455  | 319   | 387  |      |

Ilustración 16: A52-1

Los resultados de cada línea quedan reflejados en la siguiente tabla:

| Línea             | Tipo instalación | Factor k | Ib (A)   | Ib/k (A) | sección (mm <sup>2</sup> ) | Iz (A)  |
|-------------------|------------------|----------|----------|----------|----------------------------|---------|
| Línea general     | D                | 0.7      | 3x171.83 | 3x245.47 | 3x(4 x 150 + 75)           | 3x203.7 |
| Tomas caja 1      | E                | 0.73     | 34       | 46.58    | 4 x 6 + 6                  | 39.42   |
| Bomba PCI         | E                | 0.75     | 51.93    | 69.24    | 4 x 16 + 16                | 56.25   |
| Puerta 1, 2 y 6   | E                | 0.75     | 2,25     | 3        | 4 x 1.5 + 1.5              | 17.25   |
| Puerta 3, 4 y 5   | E                | 0.73     | 2.25     | 3.08     | 4 x 1.5 + 1.5              | 16.79   |
| C.S.Motores       | E                | 0.75     | 248.61   | 331.48   | 4 x 150 + 75               | 296.25  |
| Compresor         | E                | 0.77     | 12.43    | 16.14    | 4 x 1.5 + 1.5              | 18.17   |
| Presnsa           | E                | 0.82     | 79       | 96.34    | 4 x 25 + 16                | 104.14  |
| Triturador        | E                | 0.77     | 124.19   | 161.26   | 4 x 50 + 25                | 151.68  |
| Volteador         | E                | 0.82     | 1.25     | 1.52     | 4 x1.5 + 1.5               | 18.86   |
| Tomas caja 2      | E                | 0.77     | 34       | 44.16    | 4 x 6 + 6                  | 42.66   |
| Filtro aspiración | E                | 0.77     | 20.32    | 26.39    | 4 x 2.5 + 2.5              | 24.49   |
| C.S.Alumbrado     | E                | 0.73     | 6.66     | 9.12     | 4 x 1.5 + 1.5              | 16.79   |
| ARO1              | F                | 0.98     | 0.71     | 0.72     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO2              | F                | 0.98     | 1.06     | 1.08     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO3              | F                | 0.98     | 0.71     | 0.72     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO4              | F                | 0.98     | 1.3      | 1.52     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO5              | F                | 0.98     | 2.37     |          | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| C.S.Oficinas      | E                | 0.73     | 2.89     | 89.64    | 4 x 16 + 16                | 73      |
| AFO1              | F                | 0.98     | 1.32     | 1.35     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO2              | F                | 0.98     | 0.76     | 0.78     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO3              | F                | 0.98     | 1.8      | 1.84     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO4              | F                | 0.98     | 2.17     | 2.21     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO5              | F                | 0.98     | 0.59     | 0.6      | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| FF01... FF10      | F                | 0.99     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| C.S. RACK         | E                | 0.73     | 17.64    | 24.16    | 2 x 1.5 + 1.5              | 22,63   |
| RACK              | F                | 0.98     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| CCTV1             | F                | 0.98     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| CCTV2             | F                | 0.98     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |

Tabla 15: Resumen dimensionado por criterio térmico de cada línea

### 7.7.2. CRITERIO POR CAÍDA DE TENSIÓN

Basándose en la ITC-BT-19, la caída de tensión es un 6,5 % para todos los receptores excepto para las líneas de alumbrado que es del 5 % en las instalaciones industriales.

Estos porcentajes representan la máxima caída de tensión que pueden sufrir las líneas de los conductores desde el inicio de la instalación hasta los receptores de dichas líneas.

La expresión de la caída de tensión en conductores trifásicos es la siguiente:

$$V_1 - V_2 = \frac{I}{V_2} \cdot (R_u \cdot P + X_u \cdot Q) = \Delta V$$

La expresión en las líneas monofásicas de la caída de tensión es:

$$\Delta V = 2 \cdot (R \cdot I \cdot \cos(\theta) + X \cdot I \cdot \sin(\theta))$$

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400}$$

Donde:

$\Delta V$  (%) = Porcentaje de caída de tensión.

I = Intensidad de diseño de la línea ( $I_B$ )

R = Resistencia del conductor.

X = Reactancia del conductor.

Cos ( $\alpha$ ) = Factor de potencia.

La resistencia se obtiene de la expresión:

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

Donde:

n = Nº de conductores por fase.

$\rho$  = Resistividad a 90 °C

L = Longitud.

S = Sección.

Cuando no se conoce la temperatura real la norma es considerar la temperatura máxima del conductor, la más desfavorable, siendo de 90 °C.

El valor de la resistividad a 90 °C se puede obtener mediante la expresión:

$$\rho_0 = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \theta) = \rho_{20} \cdot \frac{\theta_c + \theta}{\theta_c + 20}$$

$$\rho_0 = \rho_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \theta) = 0.01724 \cdot \frac{234.5 + 90}{234.5 + 20} = 0.022 \text{ mm}^2 \cdot \frac{\Omega}{m}$$

Donde los valores de resistividad a 20 °C,  $\rho_{20}$ , y de coeficiente de temperatura del cobre a 20 °C,  $\alpha$ , se han obtenido de la norma UNE 20003 puntos 4.11 y 4.14 respectivamente.

Siendo:

$$\rho_{20} = \text{Resistividad a } 20^\circ\text{C} = 0.01724 \text{ mm}^2 \cdot \frac{\Omega}{m}$$

$\theta$  = Temperatura de 90°C

$\theta_c$  = Temperatura del cobre = 234.5 °C

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura del cobre = 0.00393 ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$\rho_0$  = Resistividad a 90  $^{\circ}\text{C}$  =  $0.022 \text{ mm}^2 \cdot \frac{\Omega}{\text{m}}$

El valor de reactancia de las líneas (en  $\text{m}\Omega$ ) viene dado por la expresión:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n}$$

Donde:

$x'$  se ha considerado el valor de 0,08  $\text{m}\Omega/\text{m}$ .

L = longitud de la línea (en metros).

n = número de conductores en paralelo por fase.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

| Línea         | R ( $\text{m}\Omega$ ) | X ( $\text{m}\Omega$ ) | CDT %  | CDT (V) | CDT total % | CDT total (V) |
|---------------|------------------------|------------------------|--------|---------|-------------|---------------|
| Línea general | 1.516                  | 0.66                   | 0.22   | 0.88    | 0.22        | 0.88          |
| Tomas caja 1  | 154.36                 | 3.36                   | 1.95   | 7.8     | 2.17        | 8.68          |
| Bomba PCI     | 81.675                 | 4.752                  | 1.62   | 6.48    | 1.84        | 7.36          |
| Puerta 1      | 478.13                 | 2.61                   | 0.4    | 1.6     | 0.62        | 2.48          |
| Puerta 2      | 233.2                  | 1.4                    | 0.2    | 0.8     | 0.42        | 1.68          |
| Puerta 3      | 413.6                  | 2.256                  | 0.34   | 1.36    | 0.56        | 2.24          |
| Puerta 4      | 322.66                 | 1.76                   | 0.27   | 1.08    | 0.49        | 1.96          |
| Puerta 5      | 522.13                 | 2.848                  | 0.43   | 1.72    | 0.65        | 2.6           |
| Puerta 6      | 805.2                  | 4.4                    | 0.67   | 2.68    | 0.89        | 3.56          |
| C.S.Motores   | 4.98                   | 2.72                   | 0.6    | 2.4     | 0.82        | 3.28          |
| Compresor     | 73.33                  | 0.4                    | 3.34   | 13.36   | 4.16        | 16.64         |
| Prensa        | 0.264                  | 0.024                  | 0.0076 | 0.03    | 0.83        | 3.32          |
| Triturador    | 7.48                   | 1.36                   | 3.82   | 15.28   | 4.64        | 18.56         |
| Volteador     | 44                     | 0.24                   | 0.02   | 0.08    | 0.84        | 3.36          |
| Tomas caja 2  | 140.43                 | 3.064                  | 1.84   | 7.36    | 2.66        | 10.64         |
| Filtro asp.   | 70.4                   | 0.64                   | 0.53   | 2.12    | 1.35        | 5.4           |
| C.S.Alumbr.   | 7.33                   | 0.04                   | 0.018  | 0.072   | 0.24        | 0.96          |
| ARO1          | 425.33                 | 2.32                   | 1.13   | 4.52    | 1.37        | 5.48          |
| ARO2          | 517.73                 | 2.824                  | 2.035  | 8.14    | 2.27        | 9.2           |
| ARO3          | 657.066                | 3.584                  | 0.17   | 0.68    | 0.408       | 1.63          |
| ARO4          | 432.67                 | 2.36                   | 0.2    | 0.8     | 0.44        | 1.76          |
| ARO5          | 768.53                 | 4.2                    | 0.67   | 2.68    | 0.908       | 3.63          |
| ARO6          | 800.8                  | 4.37                   | 0.47   | 1.88    | 0.708       | 2.83          |
| C.S.Oficinas  | 12.045                 | 0.7                    | 0.29   | 1.16    | 0.51        | 2.04          |
| AFO1          | 670.27                 | 3.66                   | 0.326  | 1.304   | 0.836       | 3.334         |
| AFO2          | 438.53                 | 2.39                   | 0.12   | 0.48    | 0.63        | 2.52          |
| AFO3          | 566.13                 | 3.088                  | 0.37   | 1.48    | 0.88        | 3.52          |
| AFO4          | 622.93                 | 3.62                   | 0.53   | 2.12    | 1.04        | 4.16          |
| AFO5          | 220                    | 1.2                    | 0.26   | 1.04    | 0.77        | 3.08          |

|          |        |       |       |       |      |      |
|----------|--------|-------|-------|-------|------|------|
| FF01     | 296.27 | 1.616 | 0.65  | 2.6   | 1.16 | 4.64 |
| FF02     | 76.27  | 0.416 | 0.17  | 0.68  | 0.68 | 2.72 |
| FF03     | 26.4   | 0.144 | 0.056 | 0.224 | 0.57 | 2.28 |
| FF04     | 96.8   | 0.528 | 0.21  | 0.84  | 0.72 | 2.88 |
| FF05     | 208.28 | 1.136 | 0.46  | 1.84  | 0.97 | 3.88 |
| FF06     | 118.8  | 0.648 | 0.26  | 1.04  | 0.77 | 3.08 |
| FF07     | 415.06 | 2.264 | 0.91  | 3.64  | 1.42 | 5.68 |
| FF08     | 420.93 | 2.29  | 0.91  | 3.64  | 1.42 | 5.68 |
| FF09     | 594    | 3.24  | 1.29  | 5.16  | 1.8  | 7.2  |
| FF10     | 162.8  | 0.89  | 0.35  | 1.4   | 0.86 | 3.44 |
| C.S.RACK | 255.35 | 1.4   | 1.7   | 6.8   | 1.92 | 7.68 |
| RACK     | 30.29  | 0.17  | 0.065 | 0.26  | 1.98 | 7.92 |
| CCTV1    | 52.96  | 0.29  | 0.12  | 0.48  | 2.04 | 8.16 |
| CCTV2    | 70.106 | 0.38  | 0.15  | 0.6   | 2.07 | 8.28 |

Tabla 16: Resultados criterio caída de tensión

Los cálculos de este apartado se realizan en el documento 2.

### 7.7.3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO DE LA RED

Para empezar con la obtención de corrientes de cortocircuito es necesario obtener las impedancias de la red y del transformador.

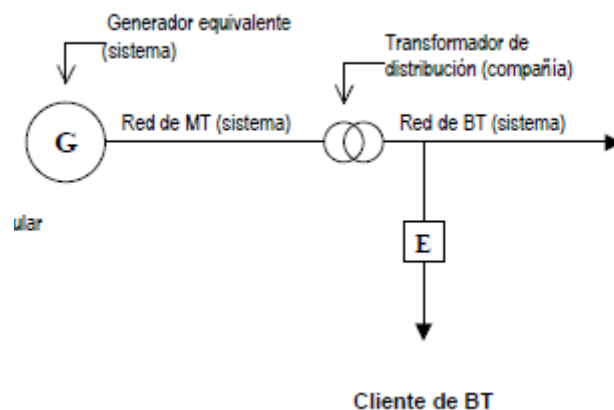


Ilustración 17: Esquema Red de MT a cliente de BT

En primer lugar, la impedancia de la red se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Z_s = \frac{U^2}{1000 \cdot P_{cc}}$$

Siendo:

- $Z_s$  = Impedancia del sistema (m $\Omega$ )
- $U^2$  = Tensión de línea del sistema (kV)
- $P_{cc}$  = Potencia de cortocircuito del sistema (MVA)

La potencia de cortocircuito del sistema es un dato proporcionado por la compañía suministradora. Para simplificar los cálculos se ha considerado que esta potencia tiene un valor infinito, lo que da lugar a una impedancia del sistema igual a cero:

$$Z_s = \frac{U^2}{1000 \cdot P_{cc}}, \text{ si } P_{cc} = \infty \rightarrow Z_s = 0 \Omega$$

Con lo que se obtendría el siguiente esquema:

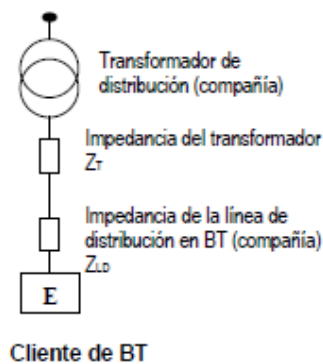


Ilustración 18: Esquema unifilar Cliente BT

Debido a que es difícil de obtener las líneas de distribución de la compañía, se considera que el empalme eléctrico de la instalación interior se realiza en bornes del secundario del transformador de la compañía. De esta forma el esquema queda:

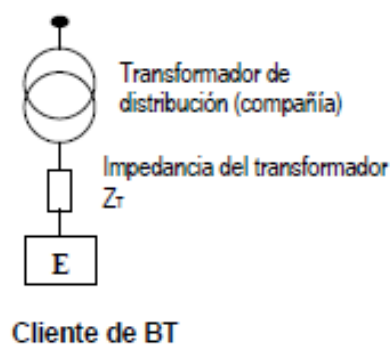


Ilustración 19: Esquema unifilar simplificado Cliente BT

Ahora queda determinar la impedancia del transformador mediante la siguiente ecuación:

$$Z_T = \frac{Z\% \cdot U_L^2}{100 \cdot S_T}$$



Donde:

- $Z_T$  = impedancia del transformador ( $m\Omega$ )
- $Z\%$  = impedancia porcentual de cortocircuito del transformador (%)
- $U_L$  = Tensión entre fases del secundario del transformador (V)
- $S_T$  = Potencia nominal del transformador (kVA)

Como se desconoce el valor de la impedancia porcentual, se va a utilizar el valor de la siguiente tabla que tiene un margen de error aceptable:

Impedancias porcentuales típicas de transformadores

| Rango de potencia (kVA)   | Z%    |
|---------------------------|-------|
| $5 \leq S_T \leq 100$ kVA | 3,5%  |
| $100 < S_T \leq 400$ kVA  | 4,0%  |
| $400 < S_T \leq 1000$ kVA | 4,6%  |
| $S_T > 1000$ kVA          | 5,0 % |

Tabla 17: Impedancias típicas de transformadores según rango de potencia

El valor para este caso sería del 4% ya que el transformador tiene una  $S_T = 250$  kVA. Con ello, se tiene una impedancia del transformador de:

$$Z_T = \frac{Z\% \cdot U_L^2}{100 \cdot S_T}$$

$$Z_T = \frac{4 \cdot 400^2}{100 \cdot 225} = 28.44 \text{ m}\Omega$$

La componente resistiva de la impedancia del transformador se obtiene del siguiente modo:

$$R_T = \frac{P_{Cu} \cdot U_L^2}{1000 \cdot S_T^2}$$

Siendo:

- $R_T$  = la componente resistiva de la impedancia del transformador ( $m\Omega$ )
- $P_{Cu}$  = pérdidas en el cobre del transformador (W)
- $U_L$  = Tensión entre fases del secundario del transformador (V)
- $S_T$  = Potencia nominal del transformador (kVA)

Debido a que no se conocen las pérdidas en el cobre se ha obtenido de la siguiente tabla que contiene las pérdidas con márgenes de error estandarizados según la potencia del transformador:

**Pérdidas en el cobre típicas de transformadores**

| Rango de potencia (kVA)   | $P_{cu}$ (W) |
|---------------------------|--------------|
| $5 \leq S_T \leq 100$ kVA | 600          |
| $100 < S_T \leq 400$ kVA  | 2200         |
| $400 < S_T \leq 1000$ kVA | 4300         |
| $S_T > 1000$ kVA          | 5000         |

Tabla 18: Pérdidas en el cobre del trafo según rango de potencia

Basándose en la tabla, las pérdidas en el cobre son de 2200 W. Con esta información ya se tienen los datos necesarios para el cálculo de la resistencia:

$$R_T = \frac{2200 \cdot 400^2}{1000 \cdot 225^2} = 6.95 \text{ m}\Omega$$

Ya por último la componente reactiva del transformador se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

$$X_T = \sqrt{28.44^2 - 6.95^2} = 27.58 \text{ m}\Omega$$

La intensidad de cortocircuito permanente obtenida es:

$$I_k = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 28.44} = 8.120 \text{ kA}$$

En el resto de líneas se va a seguir el mismo criterio, se van a sumar las impedancias y de esta forma se obtienen las intensidades de cortocircuito permanente de cada una de ellas.

Debido a que en el apartado anterior se han calculado las componentes resistivas y reactivas de cada línea, se omitirán en este apartado dichos cálculos y se operará directamente con los resultados obtenidos en el criterio de caída de tensión.

Los valores  $\Sigma R$  y  $\Sigma X$  son el sumatorio desde el transformador hasta el punto final de la línea considerada.

Resumen de las corrientes de cortocircuito:

| Línea         | R (mΩ)  | X (mΩ) | ΣR (mΩ) | ΣX (mΩ) | Z (mΩ) | Ik (kA) |
|---------------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
| Trafo         | 6.95    | 27.58  | 6.95    | 27.58   | 28.44  | 8.12    |
| Línea general | 1.516   | 0.66   | 8.466   | 28.24   | 29.48  | 7.83    |
| Tomas caja 1  | 154.36  | 3.36   | 161.31  | 30.94   | 164.25 | 1.406   |
| Bomba PCI     | 81.675  | 4.752  | 90.14   | 32.99   | 95.98  | 2.41    |
| Puerta 1      | 478.13  | 2.61   | 486.6   | 30.85   | 487.58 | 0.47    |
| Puerta 2      | 233.2   | 1.4    | 241.67  | 29.64   | 243.48 | 0.95    |
| Puerta 3      | 413.6   | 2.26   | 422.1   | 30.5    | 423.2  | 0.55    |
| Puerta 4      | 322.66  | 1.76   | 331.13  | 30      | 322.49 | 0.69    |
| Puerta 5      | 522.13  | 2.85   | 530.6   | 31.09   | 531.51 | 0.43    |
| Puerta 6      | 805.2   | 4.4    | 813.67  | 32.64   | 814.32 | 0.28    |
| C.S.Motroes   | 4.98    | 2.72   | 13.45   | 30.96   | 33.76  | 6.84    |
| Compresor     | 73.33   | 0.4    | 86.78   | 31.36   | 92.27  | 2.5     |
| Prensa        | 0.264   | 0.024  | 13.71   | 30.98   | 33.88  | 6.81    |
| Triturador    | 7.48    | 1.36   | 20.93   | 32.32   | 38.505 | 6       |
| Volteador     | 44      | 0.24   | 57.45   | 31.2    | 65.38  | 3.53    |
| Tomas caja 2  | 140.43  | 3.064  | 153.75  | 34.024  | 157.47 | 1.47    |
| Filtro asp.   | 7.04    | 0.64   | 20.49   | 31.6    | 37.66  | 6.13    |
| C.S.Alumbr.   | 7.33    | 0.04   | 15.79   | 28.28   | 32.39  | 7.13    |
| ARO1          | 425.33  | 2.32   | 441.126 | 30.6    | 442.19 | 0.52    |
| ARO2          | 517.73  | 2.82   | 533.53  | 31.1    | 534.44 | 0.43    |
| ARO3          | 657.066 | 3.58   | 672.86  | 31.86   | 673.61 | 0.34    |
| ARO4          | 432.67  | 2.36   | 448.47  | 30.64   | 449.52 | 0.51    |
| ARO5          | 768.53  | 4.2    | 784.33  | 32.48   | 785    | 0.3     |
| ARO6          | 800.8   | 4.37   | 816.6   | 32.65   | 817.25 | 0.28    |
| C.S.Oficinas  | 12.045  | 0.7    | 20.511  | 28.94   | 35.47  | 6.51    |
| AF01          | 670.27  | 3.66   | 690.78  | 32.6    | 691.55 | 0.33    |
| AF02          | 38.53   | 2.39   | 459.041 | 31.33   | 460.1  | 0.5     |
| AF03          | 566.13  | 3.088  | 586.64  | 32.028  | 587.51 | 0.39    |
| AF04          | 662.93  | 3.62   | 683.44  | 32.56   | 684.22 | 0.34    |
| AF05          | 220     | 1.2    | 240.51  | 30.14   | 242.39 | 0.95    |
| FF01          | 296.27  | 1.616  | 316.78  | 30.56   | 318.25 | 0.73    |
| FF02          | 76.27   | 0.42   | 96.78   | 29.36   | 101.14 | 2.28    |
| FF03          | 26.4    | 0.144  | 46.55   | 29.084  | 54.043 | 4.27    |
| FF04          | 96.8    | 0.528  | 117.31  | 29.47   | 120.96 | 1.91    |
| FF05          | 208.77  | 1.136  | 229.28  | 30.076  | 231.24 | 0.99    |
| FF06          | 118.8   | 0.648  | 139.3   | 29.59   | 195.6  | 1.18    |
| FF07          | 415.06  | 0.528  | 117.31  | 29.47   | 435.57 | 0.53    |
| FF08          | 420.93  | 2.29   | 441.44  | 31.23   | 442.54 | 0.52    |
| FF09          | 594     | 3.24   | 614.51  | 32.18   | 615.35 | 0.38    |
| FF10          | 162.8   | 0.89   | 183.3   | 29.83   | 185.71 | 1.24    |
| C.S.RACK      | 255.35  | 1.4    | 263.82  | 29.64   | 265.48 | 0.87    |
| RACK          | 30.29   | 0.17   | 294.1   | 29.81   | 295.61 | 0.78    |

|       |        |      |        |       |        |      |
|-------|--------|------|--------|-------|--------|------|
| CCTV1 | 52.96  | 0.29 | 316.75 | 30.54 | 318.22 | 0.73 |
| CCTV2 | 70.106 | 0.38 | 333.92 | 30.02 | 335.27 | 0.69 |

Tabla 19: Resumen de las corrientes de cortocircuito

Los cálculos se desarrollan en el documento 2.

#### 7.7.4. PROTECCIÓN FRENTE A SOBREINTENSIDADES

En este apartado se analizarán los elementos que se pueden utilizar para proteger la instalación frente a sobreintensidades, siempre siguiendo lo expuesto en la ITC-BT-22.

Las sobreintensidades aparecen en caso de avería, provocando una circulación de intensidades por el conductor más elevadas que las nominales afectando a los materiales y dispositivos de protección. Es por ello que los dimensionados de los conductores se hagan correctamente para que la instalación eléctrica pueda aguantar las sobreintensidades sin que ello produzca el deterioro de los conductores y de los receptores. En todo caso, deben actuar también elementos de protección para evitar averías.

Existen varios dispositivos encargados de actuar cuando se producen las sobreintensidades:

- IA, interruptores automáticos. Estos son aparatos que interrumpen la circulación de la corriente en caso de que circule por el elemento que protege una intensidad más elevada que a la que está regulado el interruptor automático, evitando así daños en la instalación. Una vez interrumpe la intensidad al abrir el circuito y subsanada la causa de la sobreintensidad, el IA se vuelve a rearmar para que quede protegida la línea de nuevo.
- Fusible: los fusibles cumplen la misma función que los IAs, pero a diferencia de los anteriores estos solo permiten un único uso. Esto es debido a que cuando se produce una sobreintensidad, el hilo conductor en el interior del fusible se funde y corta el circuito. Su uso ya no es frecuente debido a la aparición de los IAs y los PIAs que se comentan a continuación.
- PIA, pequeño interruptor automático: los PIAs son como los IA, pero más pequeños, son más fáciles de instalar y más económicos. La desventaja es que no sirven para proteger líneas de gran potencia ya que su límite comercial es de 125 A.

En el resto de la instalación se hace uso de PIAs para proteger las líneas de menor potencia y de IAs para líneas de mayor demanda de potencia. En ningún caso se han instalado fusibles, debido a que estos no pueden ser rearmados, por lo que son de un único uso, y también porque al tratarse de instalaciones trifásicas, puede provocar sobrecargas.

Como los pequeños interruptores diferenciales también protegen contra cortocircuitos se debe comprobar la máxima intensidad de cortocircuito  $I_{cc}$  que puede soportar cada uno según la línea que proteja. En general, los PIAs protegen de cortos hasta 25 KA, de modo que a partir de esta  $I_{cc}$  en vez de instalar un PIA se instala un IA.

De esta forma, con un único dispositivo se protege la instalación de distintos tipos de averías.

### 7.7.5. PROTECCIÓN FRENTE A SOBRECARGAS

Se producen sobrecargas cuando la intensidad que circula es varias veces mayor, que suele rondar entre 1 a 6 veces la intensidad nominal para la que ha sido diseñada la línea. Se originan al arrancar motores o al energizar los transformadores. Suelen ser de corta duración, motivo por el que no suelen provocar daños en la instalación, además, los dispositivos de protección ajustan el disparo térmico a un rango que permite no cortar cuando se produce la sobrecarga. En caso de que la sobrecarga se mantenga durante un largo periodo de tiempo, es causa de una avería momento en el que si deben saltar las protecciones. Aun así, suelen ser de magnitudes muy inferiores a los cortocircuitos.

### 7.7.6. PROTECCIÓN FRENTE A CORTOCIRCUITOS

Hasta ahora se han hecho los cálculos y el diseño de los dispositivos de protección frente a sobrecargas. Hecho esto, queda realizar los cálculos frente a cortocircuitos para tener todos los parámetros y dejar la instalación protegida.

Obtenida la  $I_K$  queda obtener  $I_{CCMÁX}$  e  $I_{CCMÍN}$  de cada línea. Siendo el poder de corte del interruptor automático mayor a  $I_{CCMÁX}$ .

Para la correcta protección contra cortocircuitos se deben cumplir las siguientes expresiones:

- $I_{CCMÁX} < I_{cu}$ , intensidad de corte del interruptor magnetotérmico.
- $I_{CCMÍN}$ :

Si el circuito lleva neutro:

$$I_{CCMÍN} = 0.333 \cdot I_K \text{ con una sección de neutro } S_{\text{neutro}} = \frac{S_{\text{fase}}}{2}$$
$$I_{CCMÍN} = 0.5 \cdot I_K \text{ para una sección } S_{\text{neutro}} = S_{\text{fase}}$$

Si el circuito no lleva neutro:

$$I_{CCMÍN} = I_K \cdot 0.866$$

El resumen con las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas junto a los interruptores automáticos se refleja en la siguiente tabla:

| Línea         | Icc max | Icc min | Interruptor              |
|---------------|---------|---------|--------------------------|
| Línea general | 8.120   | 2.61    | Compact NSX400           |
| Tomas caja 1  | 7.83    | 0.703   | Compact NSXm 40 A 4P     |
| Bomba PCI     | 7.83    | 2.08    | Compact NSXm 63 A 3P     |
| Puerta 1      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 2      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 3      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 4      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 5      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 6      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| C.S.Motroes   | 7.83    | 2.28    | Compact NSX250H 250 A 4P |
| Compresor     | 6.84    | 2.16    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Prensa        | 6.84    | 5.89    | NSX100F TM100D 3P        |
| Triturador    | 6.84    | 5.19    | NSX160F MA 150 A 3P      |
| Volteador     | 6.84    | 3.057   | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Tomas caja 2  | 6.84    | 0.74    | Compact NSXm 40 A 4P     |
| Filtro asp.   | 6.84    | 5.31    | Compact NSXm 25 A 3P     |
| C.S.Alumbr.   | 7.83    | 3.57    | Compact NSXm 10 A 4P     |
| ARO1          | 7.13    | 0.26    | iC60N 2P 10 A            |
| ARO2          | 7.13    | 0.26    | iC60N 2P 10 A            |
| ARO3          | 7.13    | 0.26    | iC60N 2P 10 A            |
| ARO4          | 7.13    | 0.29    | iC60N 4P 10 A            |
| ARO5          | 7.13    | 0.29    | iC60N 4P 10 A            |
| ARO6          | 7.13    | 0.29    | iC60N 4P 10 A            |
| C.S.Oficinas  | 7.83    | 3.26    | Compact NSXm 80 A 4P     |
| AF01          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| AF02          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| AF03          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| AF04          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| AF05          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF01          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF02          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF03          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF04          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF05          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF06          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF07          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF08          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF09          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |
| FF10          | 6.51    | 2.135   | iC60N 2P 10 A            |

|          |      |       |               |
|----------|------|-------|---------------|
| C.S.RACK | 7.83 | 0.435 | iC60N 4P 40 A |
| RACK     | 0.87 | 0.,39 | iC60N 2P 10 A |
| CCTV1    | 0.87 | 0.,40 | iC60N 2P 10 A |
| CCTV2    | 0.87 | 0.,41 | iC60N 2P 10 A |

Tabla 20: Resumen de los interruptores magnetotérmicos utilizados

La selección de la protección del interruptor automático en las líneas se desarrolla en el apartado 5 de los cálculos.

## 7.8. ILUMINACIÓN

Todos los cálculos de iluminación se han llevado a cabo mediante DIALux con el objetivo de conseguir una iluminación óptima en todas las estancias de la nave y evitando que se produzcan deslumbramientos debido a la disposición de las luminarias y la cantidad de luz emitida. Para conseguir resultados óptimos tanto en iluminancia como en deslumbramiento se ha seguido lo establecido en la norma UNE EN 12464-1: 2003, quedando ajustada la simulación con DIALux a los valores de la norma.

Los conceptos de iluminancia y UGR son los siguientes:

- Iluminancia: se le llama iluminancia al flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y sus unidades son los lux. La relación entre lux y lumen (unidades del flujo luminoso) es de  $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$ .
- UGR: significa régimen de deslumbramiento unificado de sus siglas en inglés Unified Glare Rating. Mediante el UGR se puede medir el deslumbramiento producido por las luminarias. Se obtiene de la aplicación del logaritmo en base 10 de la luminancia de las fuentes de luz que actúan en la estancia

A continuación, se enlista los diferentes tipos de locales dentro de la nave y los valores que deben cumplir en cuanto a iluminancia (lux) y deslumbramiento (UGR):

| tipo de interior              | Em (lux) | UGR |
|-------------------------------|----------|-----|
| vestuarios y servicios        | 200      | 25  |
| oficinas (escritura, lectura) | 500      | 19  |
| salas de descanso             | 100      | 22  |
| Pasillos                      | 100      | 28  |
| aprovisionamiento             | 100      | 25  |
| Tratamiento de papel          | 300      | 25  |
| Salas de material             | 200      | 25  |
| Sala de control               | 150      | 25  |
| Rampas de carga               | 150      | 25  |
| Oficinas (archivos)           | 200      | 25  |

Tabla 21: Valores medios de iluminancia y de UGR

Las zonas de la nave se han agrupado en los siguientes tipos de interiores:

- Vestuarios y servicios: baño y aseo 1, baño 2, aseo 2, baño 3, aseo con duchas 1, baño 4, aseo con duchas 2, baño fem. 1, baño masc. 1, aseo fem. 1 y aseo masc. 1
- oficinas (escritura, lectura): control, recepción, sala administración, sala reuniones y oficinas.
- Salas de descanso: zona descanso.
- Pasillos: pasillo 1, pasillo 2, pasillo oficinas y pasillo control.
- Aprovisionamiento: muelle de carga.
- Tratamiento de papel: zona de compactado.
- Salas de material: almacén.
- Sala de control: grupo presión y generador.
- Rampas de carga: zona de carga.
- Oficinas (archivos): archivos rack.

El factor de mantenimiento de las luminarias se ha establecido como 0.8 en todos los locales debido a que el ambiente de trabajo no es limpio, ya que en la fábrica se procesa papel, pero tampoco es sucio, al estar el área de la nave ocupada mayoritariamente por oficinas y almacén.

El UGR se ha calculado en las áreas donde existe un lugar de trabajo, ya sean mesas de oficinas o puestos de operarios, o en zonas puntuales donde se vaya a hacer uso de algún servicio, como es el caso de los lavabos y duchas. Para unos cálculos lo más precisos posibles se ha utilizado una compensación de altura de 0.8 m para inodoros y escritorios y de 1.2 m para duchas y pilas.

En cuanto a la uniformidad, se ha intentado mantener una iluminación constante en toda la sala sin que en los fondos exista un decaimiento significativo.

El tipo de lámpara que se ha elegido para cada tipo de estancias es el siguiente:

- Vestuarios y servicios → [DN130B D217 LED20S/830](#) (Philips, CoreLine Downlight): Esta luminaria es del tipo downlight, ideal para la iluminación de interiores en zonas generales ya que enfocan directamente hacia el suelo desde el lugar donde están empotradas en el techo logrando conseguir una iluminación natural. Se han elegido de la marca Philips, ya que es una marca reconocida que ofrece ahorro de energía en su gama de luminarias downlight y una larga vida útil, todo ello gracias a su tecnología LED. Además, esta gama CoreLine Downlight cuenta con conectores push-in que facilitan la instalación y el mantenimiento de la luminaria.



- Oficinas, pasillos y sala de descanso → RC125B W60L60 LED34S/830 NOC (Philips, CoreLine Panel):  
Debido a la necesidad de conseguir una iluminación uniforme en todas las áreas destinadas a oficinas, se ha optado por la iluminación mediante paneles LED integrados en el falso techo de las áreas de oficinas y pasillos que proporcionan una luz uniforme y de gran calidad perfecta para los trabajos que requieren de esfuerzos visuales en pantallas de ordenador. Del mismo modo que las luminarias downlight, se ha elegido de la marca Philips por su eficiencia energética y su fácil mantenimiento.
- Zonas de carga, almacén y zona de compactado → BY121P G3 LED205S/840 WB (Philips, CoreLine Campana):  
Debido a que estas áreas de la nave no cuentan con falso techo y las luminarias se tienen que ajustar a una altura determinada para conseguir una buena iluminación, se ha optado por la instalación de campanas LED. Pese a la eficiencia de este tipo de luminaria, el consumo es más elevado que en luminarias de tipo panel y downlight, aunque es la mejor opción para una instalación en zonas donde el techo tiene una gran altura porque su alta potencia genera una alta luminosidad en el área. Se ha optado por la marca Philips como en los casos anteriores, cuya gama CoreLine también está presente para luminarias de tipo campana LED, ofreciendo una gran reproducción del color y una gran eficiencia, siendo más pequeña y ligera que luminarias convencionales.
- Sala de presión y generador → WT120C L1200 LED22S/840 (Philips, CoreLine Estanca):  
En esta sala están ubicadas los generadores y se cuenta con un falso techo a una altura de 3m. Con el objetivo de conseguir un alto grado de estanqueidad en dicha sala se ha decidido instalar luminarias de la gama CoreLine Estanca porque es la ideal para zonas oscuras y con humedad. Además, dicha gama presenta un grado alto de eficiencia energética, logrando conseguir un flujo luminoso de 2200 lúmenes para un consumo de 22 W.

Todas las luminarias se han elegido de tipo LED, variando únicamente el modelo de las mismas dependiendo del tipo de local que iluminan. Se han elegido de tipo LED frente a otro tipo de lámparas debido a que su encendido es instantáneo, el calor que emiten frente a otras lámparas es despreciable, su índice de reproducción cromática es superior al 80 % y son las más eficientes. Su precio es mayor, pero con todas las ventajas mencionadas frente a otro tipo de luminarias se consigue un ahorro mucho mayor de la instalación, siendo también menos dañinas al medio ambiente debido a que no presentan elementos contaminantes.

Con todo presente, se ha procedido al diseño final en DIALux, donde se han realizado varios diseños por estancia para conseguir una buena distribución de la luz y minimizar el UGR. Para ello se ha ido cambiando la cantidad y la disposición de las luminarias en la estancia y se han ido ajustando los cálculos hasta cumplir con la normativa. Cabe mencionar que hay zonas con una luminancia mayor a la recomendada por la UNE EN 12464-1 con el fin de obtener una iluminación uniforme en toda la estancia.

Los resultados finales son los siguientes:

- Baño y aseo 1

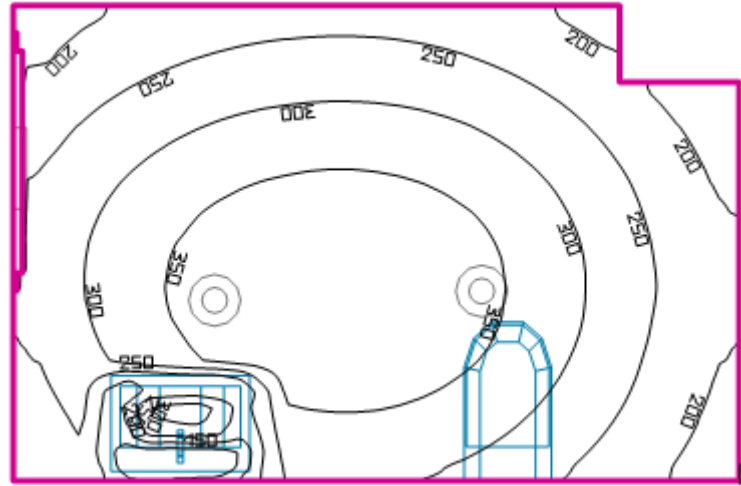


Ilustración 20: Visualización iluminancia Baño y aseo 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 286   | 394    |

Tabla 22: Resultados iluminancia Baño y aseo 1

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| Pila 1     | <10    | 24.8   | ≤25          |
| Inodoro 1  | <10    | 22.1   | ≤25          |

Tabla 23: Resultados UGR Baño y aseo 1

Luminarias:

2x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

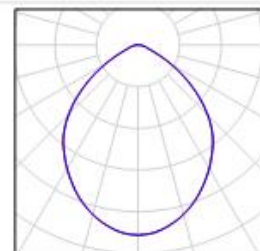


Ilustración 21: Luminarias Baño y aseo 1

- Baño 2

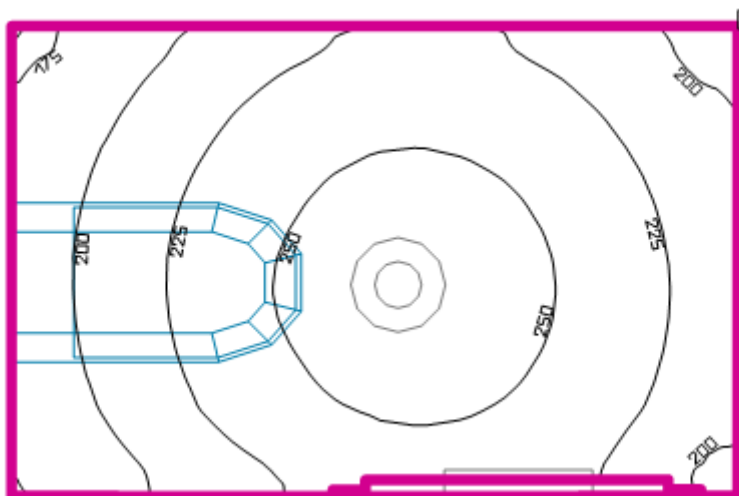


Ilustración 22: Visualización iluminancia Baño 2

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 227   | 263    |

Tabla 24: Resultados iluminancia Baño 2

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| Indoro 2   | <10    | <10    | ≤25          |

Tabla 25: Resultados UGR Baño 2

Luminarias:

1x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

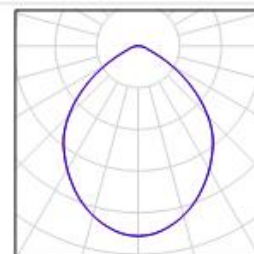


Ilustración 23: Luminarias Baño 2

- Aseo 2

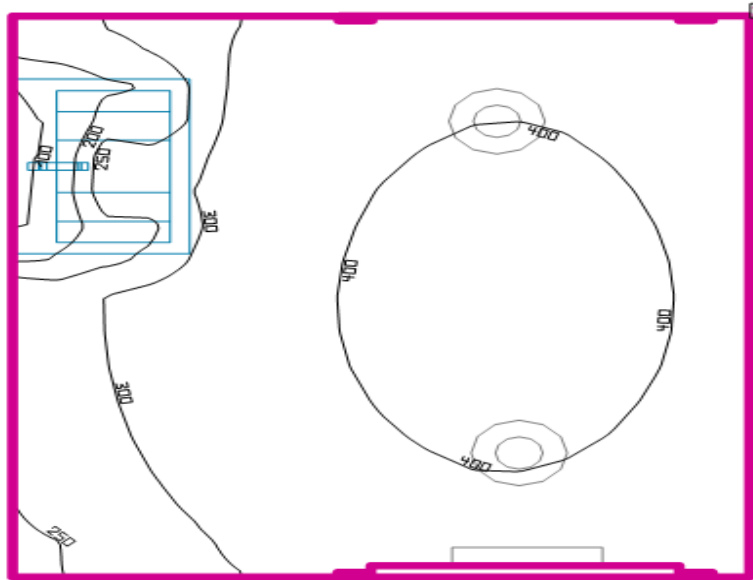


Ilustración 24: Visualización iluminancia Aseo 2

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 347   | 428    |

Tabla 26: Resultados iluminancia Aseo 2

UGR:

| Superficie  | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|-------------|--------|--------|--------------|
| Pila aseo 2 | <10    | 23.9   | ≤25          |

Tabla 27: Resultados UGR Aseo 2

Luminarias:

2x DN130B D217 LED20S/830

Cabe mencionar que inicialmente se iba a disponer de una única luminaria downlight en el aseo 2, pero debido a que no cumplía con la cantidad de luxes recomendada, se ha tenido que añadir una segunda y disponerlas como se aprecia en la imagen para un correcto UGR.

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830<br/>         Emisión de luz 1<br/>         Lámpara: 1xLED20S/830/-<br/>         Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%<br/>         Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm<br/>         Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm<br/>         Potencia: 22.0 W<br/>         Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W</p> <p>Indicaciones colorimétricas<br/>         1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100</p> |  |  |
|---|--|--|

Ilustración 25: Luminarias Aseo 2

- Baño 3

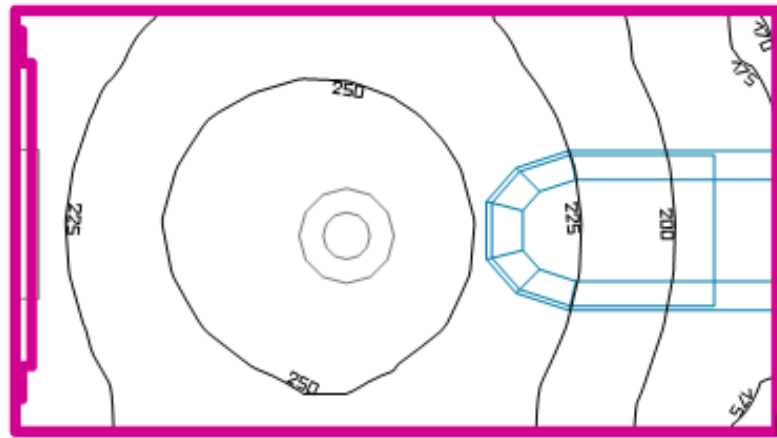


Ilustración 26: Visualización iluminancia Baño 3

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 229   | 268    |

Tabla 28: Resultados iluminancia Baño 3

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| indoro 3   | <10    | <10    | ≤25          |

Tabla 29: Resultados UGR Baño 3

Luminarias:

1x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

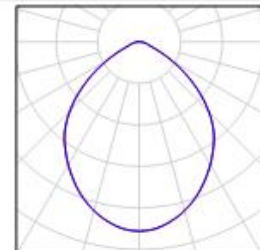


Ilustración 27: Luminarias Baño 3

- Aseo con duchas 1

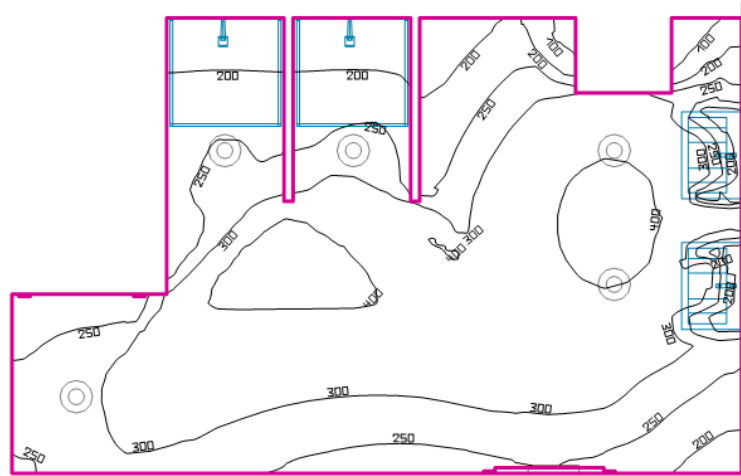


Ilustración 28: Visualización iluminancia Aseo con duchas 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 295   | 475    |

Tabla 30: Resultados iluminancia Aseo con duchas 1

UGR:

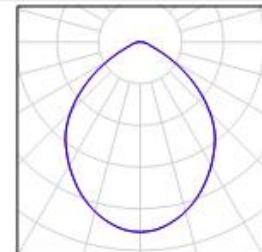
| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| Ducha 1    | <10    | <10    | ≤25          |
| Ducha 2    | <10    | 23.4   | ≤25          |
| Pila 2     | <11    | 24     | ≤25          |
| Pila 3     | <12    | 23.9   | ≤25          |

Tabla 31: Resultados UGR Aseo con duchas 1

Luminarias:

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100



5x DN130B D217 LED20S/830

Ilustración 29: Luminarias Aseo con duchas 1

- Baño 4

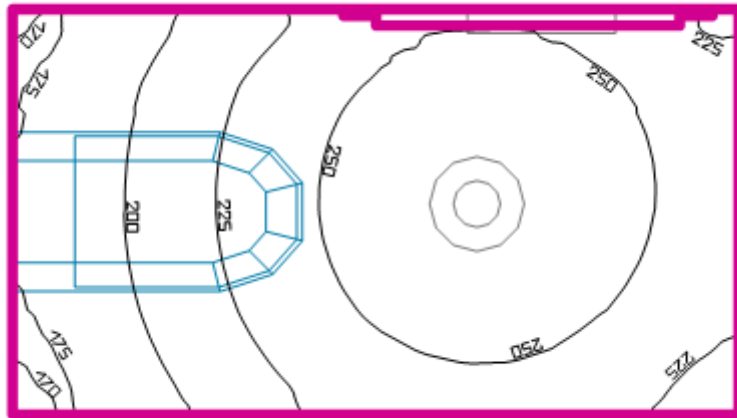


Ilustración 30: Visualización iluminancia Baño 4

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 231   | 269    |

Tabla 32: Resultados iluminancia Baño 4

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| Inodoro 4  | <10    | <10    | ≤25          |

Tabla 33: Resultados UGR Baño 4

Luminarias:

1x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

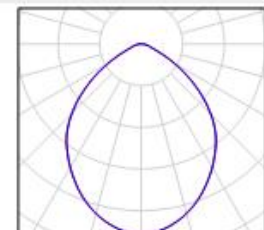


Ilustración 31: Luminarias Baño 4

- Aseo con duchas 2

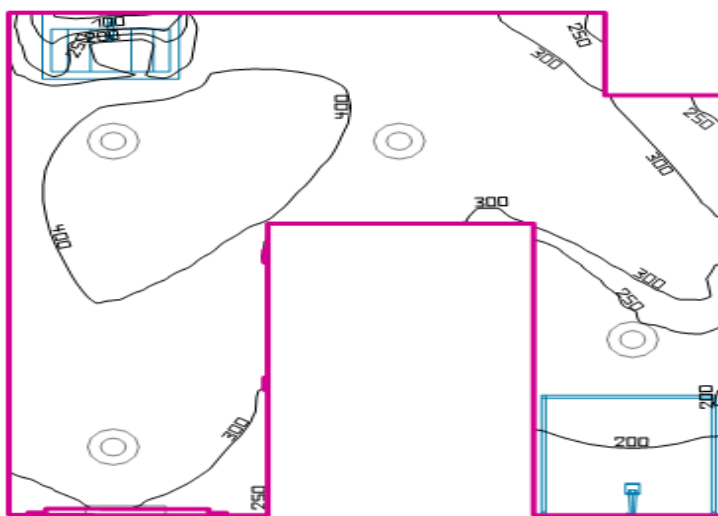


Ilustración 32: Visualización iluminación Aseo con duchas 2

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 329   | 456    |

Tabla 34: Resultados iluminancia Aseo con duchas 2

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| Pila 4     | <10    | 24.9   | ≤25          |
| Ducha 3    | <10    | 24.2   | ≤25          |

Tabla 35: Resultados UGR Aseo con duchas 2

Luminarias:

4x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

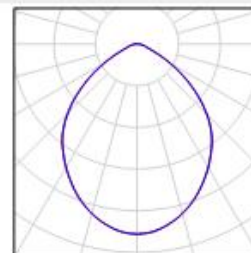


Ilustración 33: Luminarias Aseo con duchas 2



- Control

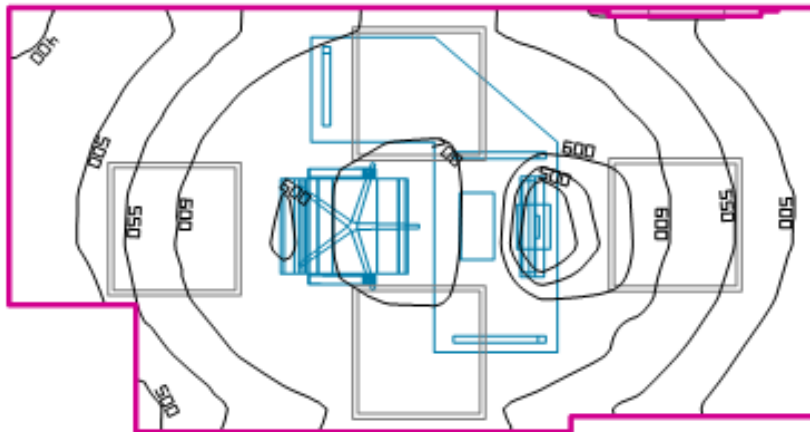


Ilustración 34: Visualización iluminación Control

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 500     | 579   | 724    |

Tabla 36: Resultados iluminancia Control

Como se puede comprobar, con la disposición de luminarias se cumple con la normativa tanto para cantidad de luxes como en uniformidad en la sala, ya que la uniformidad es superior a 0.6 para salas de tratamiento de datos

UGR:

| Superficie         | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|--------------------|--------|--------|--------------|
| Escritorio control | <10    | 13.2   | ≤19          |

Tabla 37: Resultados UGR Control

Luminarias:

2x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

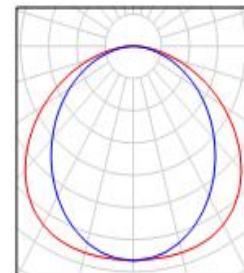


Ilustración 35: Luminarias control

- Zona de descanso

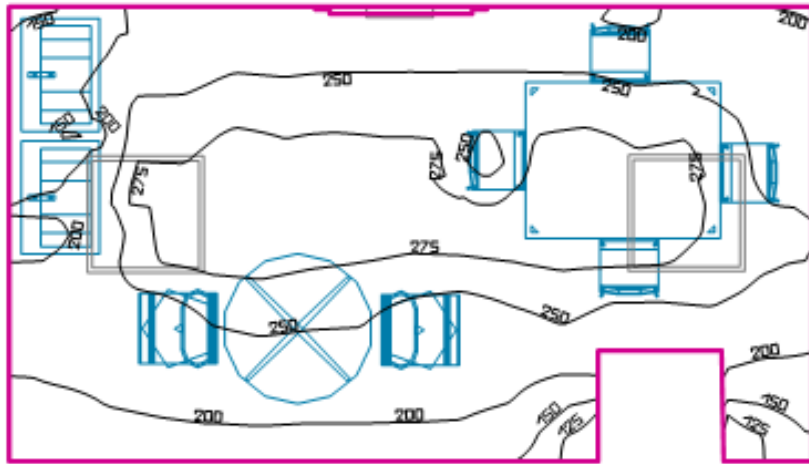


Ilustración 36: Visualización iluminancia Zona de descanso

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 236   | 291    |

Tabla 38: Resultados iluminancia Zona de descanso

UGR:

| Superficie      | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|-----------------|--------|--------|--------------|
| Pila 5          | <10    | 14.7   | ≤22          |
| Pila 6          | <10    | 14.5   | ≤22          |
| Mesa descanso 1 | <10    | 19.7   | ≤22          |
| Mesa descanso 2 | <10    | 17.8   | ≤22          |

Tabla 39: Resultados UGR Zona de descanso

Luminarias:

2x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

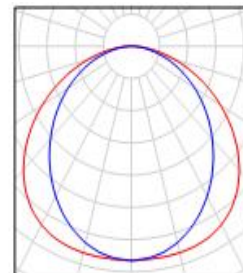


Ilustración 37: Luminarias Zona de descanso

- Pasillo 1

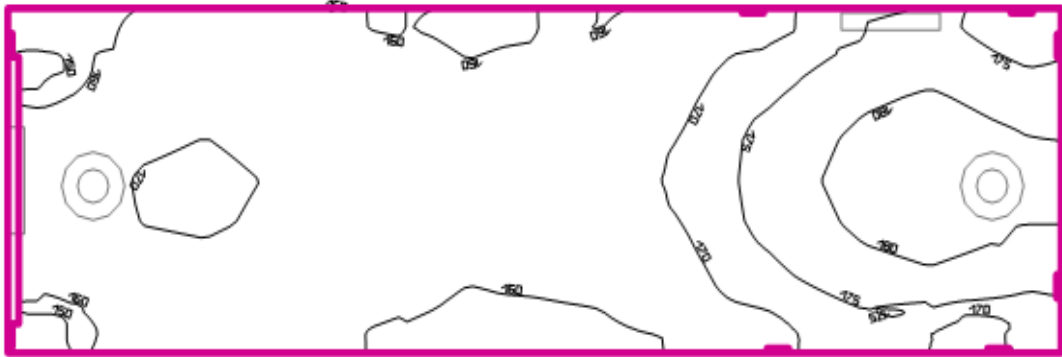


Ilustración 38: Visualización iluminancia Pasillo 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 100     | 168   | 183    |

Tabla 40: Resultados iluminancia Pasillo 1

UGR:

Debido a que es una zona de paso y no hay objetos en los que se va a trabajar ni realizar acciones, los cálculos de UGR no se han realizado para zonas de pasillo.

Luminarias:

2x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

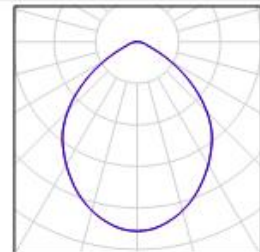


Ilustración 39: Luminarias Pasillo 1

- Pasillo 2

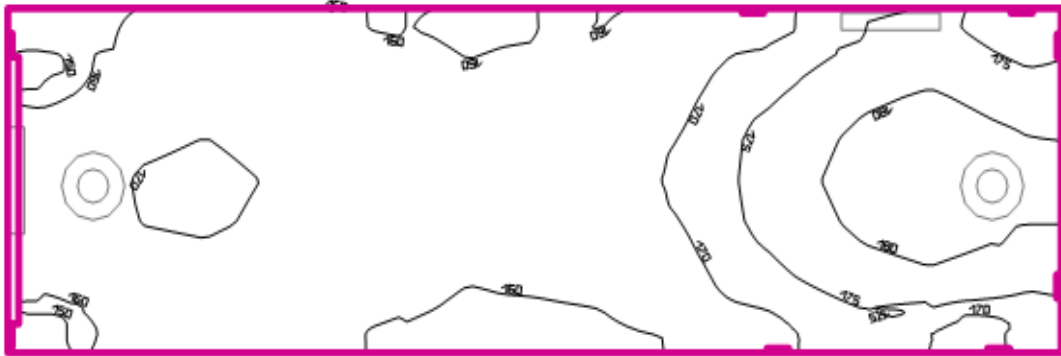


Ilustración 40: Visualización iluminancia Pasillo 2

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 100     | 168   | 169    |

Tabla 41: Resultados iluminancia Pasillo 2

UGR:

Debido a que es una zona de paso y no hay objetos en los que se va a trabajar ni realizar acciones, los cálculos de UGR no se han realizado para zonas de pasillo.

Luminarias:

2x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

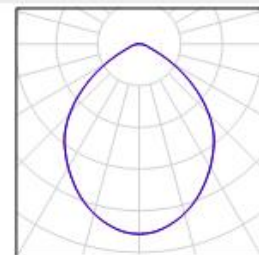


Ilustración 41: Iluminancias Pasillo 2

- Recepción

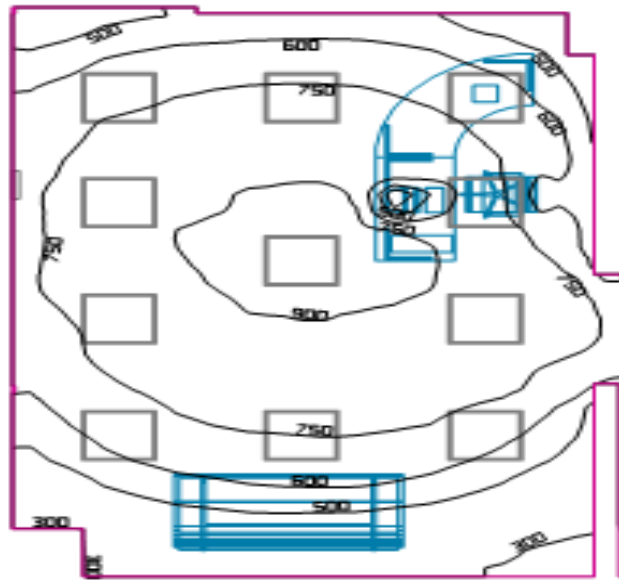


Ilustración 42: Visualización iluminancia Recepción

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 500     | 592   | 937    |

Tabla 42 Resultados iluminancia recepción

UGR:

| Superficie     | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|----------------|--------|--------|--------------|
| Mesa recepción | <10    | 17.5   | ≤19          |

Tabla 43: Resultados UGR Recepción

Luminarias:

11x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

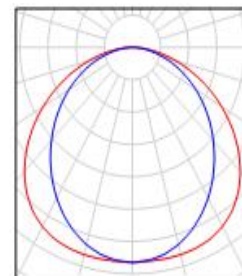


Ilustración 43: Luminarias Recepción

- Muelle de carga

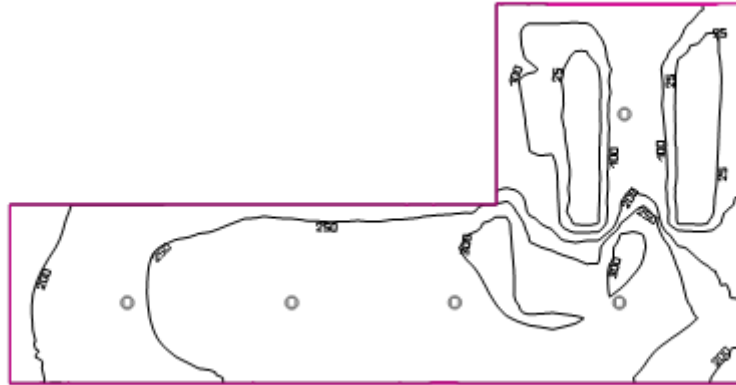


Ilustración 44: Visualización iluminancia Muelle de carga

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 100     | 218   | 297    |

Tabla 44: Resultados iluminancia Muelle de carga

UGR:

En esta área no se han aplicado cálculos de UGR debido a que no hay zonas específicas de trabajo y es más una zona de tránsito de descarga de material dentro de la nave.

Luminarias:

5x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

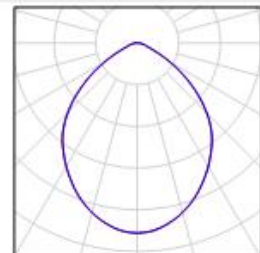


Ilustración 45: Luminarias Muelle de carga

- Zona de compactado

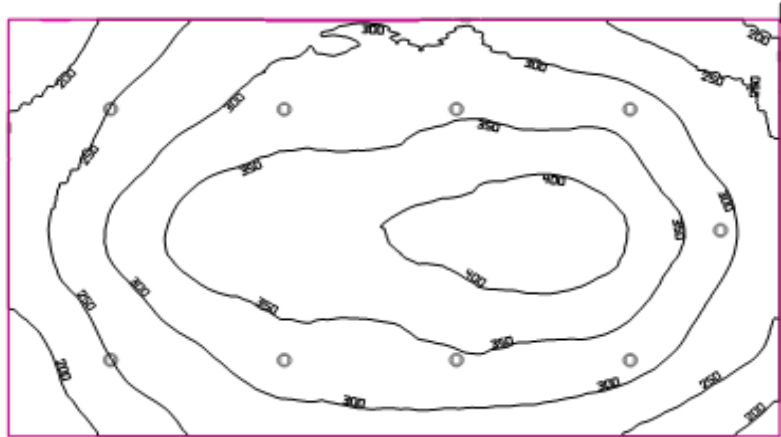


Ilustración 46: Visualización iluminancia Zona de compactado

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 300     | 309   | 434    |

Tabla 45: Resultados iluminancia Zona de compactado

Como se observa, se ha buscado obtener mayor iluminación en la zona central derecha del local debido a que la maquinaria se encuentra concentrada en esa zona, tal y como está reflejado en el plano CAD.

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| Compactado | <10    | 22.9   | ≤25          |

Tabla 46: Resultados UGR Zona de compactado

Luminarias:

9x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

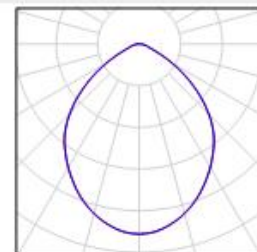


Ilustración 47: Luminarias Zona de compactado

- Almacén

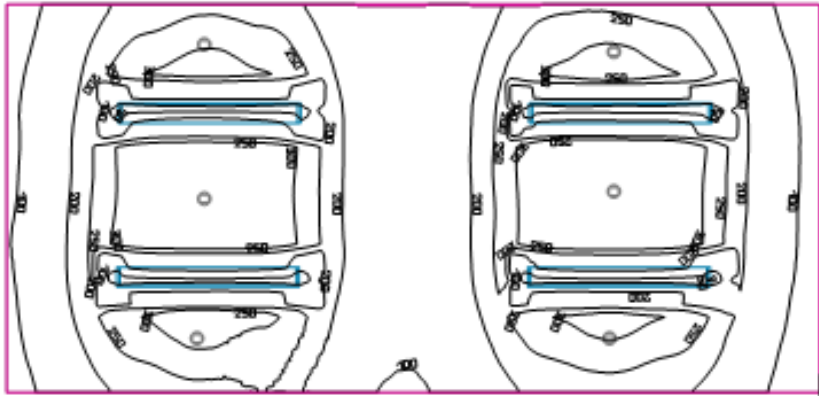


Ilustración 48: Visualización iluminancia Almacén

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 211   | 389    |

Tabla 47: Resultados iluminancia Almacén

UGR:

En esta área no se han aplicado cálculos de UGR debido a que no hay zonas específicas de trabajo y es más una zona de tránsito de descarga de material dentro de la nave.

Luminarias:

6x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

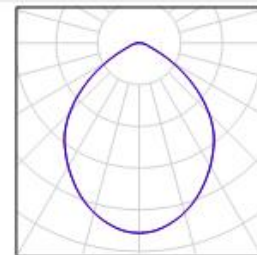


Ilustración 49: Luminarias Almacén



- Grupo presión y generador

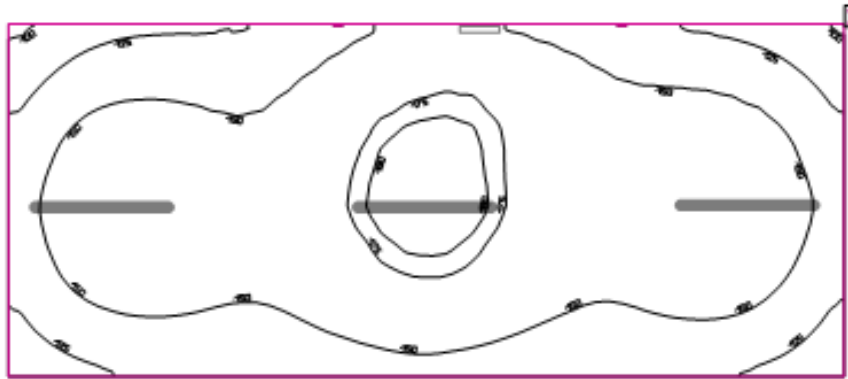


Ilustración 50: Visualización iluminancia Grupo presión y generador

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 150     | 153   | 189    |

Tabla 48: Resultados iluminancia Grupo presión y generador

UGR:

En esta área no se han aplicado cálculos de UGR debido a que no hay zonas específicas de trabajo y es más una zona de tránsito de descarga de material dentro de la nave.

Luminarias:

3X WT120C L1200

Philips Lighting - WT120C L1200 1xLED22S/840  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED22S/840/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 100%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2200 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2200 lm  
 Potencia: 20.0 W  
 Rendimiento lumínico: 110.0 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1xLED22S/840/-: CCT 3000 K, CRI 100

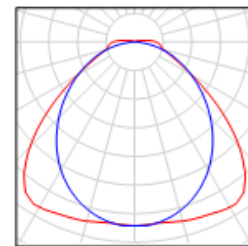


Ilustración 51: Luminarias Grupo presión y generador

- Baño femenino 1

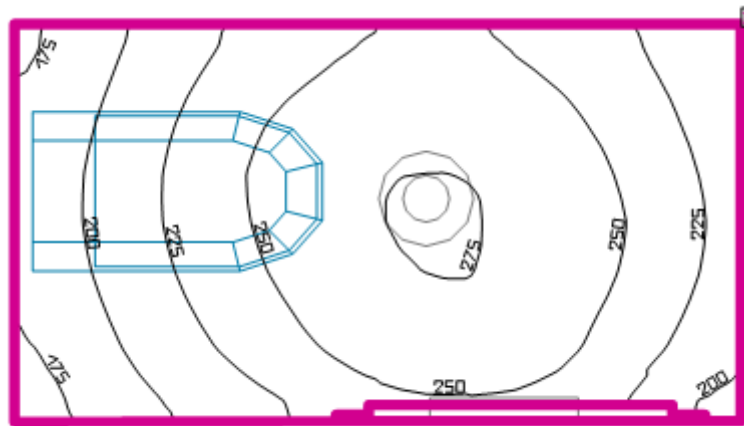


Ilustración 52: Visualización iluminancia Baño femenino 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 236   | 277    |

Tabla 49: Resultados iluminancia Baño femenino 1

UGR:

| Superficie       | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------------|--------|--------|--------------|
| Inodoro femenino | <10    | <10    | ≤25          |

Tabla 50: Resultados UGR Baño femenino 1

Luminaria:

1x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

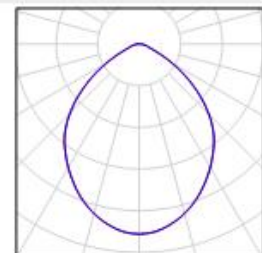


Ilustración 53: Luminarias Baño femenino 1

- Baño masculino 1

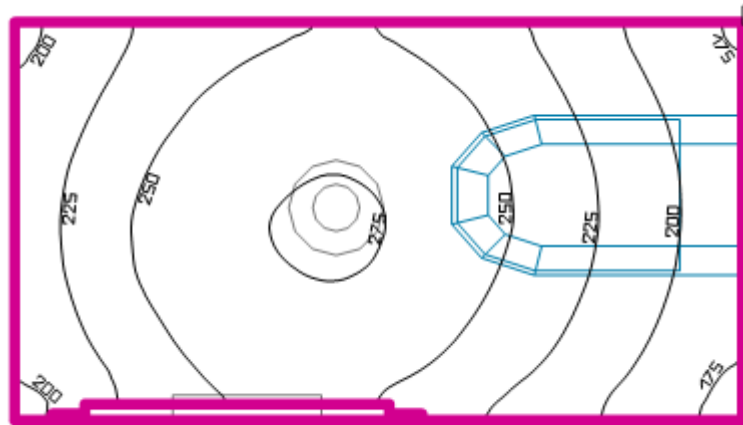


Ilustración 54: Visualización iluminancia Baño masculino 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 236   | 279    |

Tabla 51: Resultados iluminancia Baño masculino 1

UGR:

| Superficie       | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------------|--------|--------|--------------|
| Inodoro femenino | <10    | <10    | ≤25          |

Tabla 52: Resultados UGR Baño masculino 1

Luminaria:

1x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

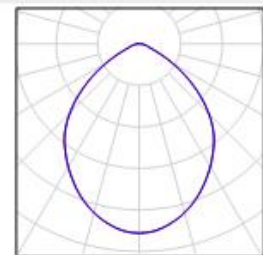


Ilustración 55: Luminarias Baño masculino 1

- Aseo femenino 1

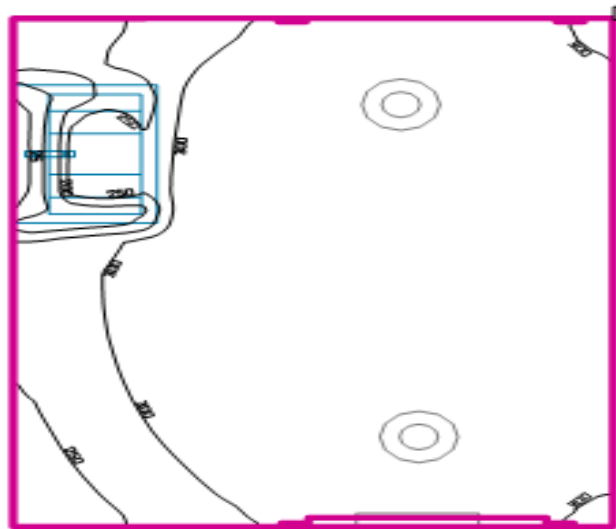


Ilustración 56: Visualización Aseo femenino 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 328   | 398    |

Tabla 53: Resultados iluminancia Aseo femenino 1

UGR:

| Superficie       | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------------|--------|--------|--------------|
| Inodoro femenino | <10    | 24.2   | ≤25          |

Tabla 54: Resultados UGR Aseo femenino 1

Luminaria:

2x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

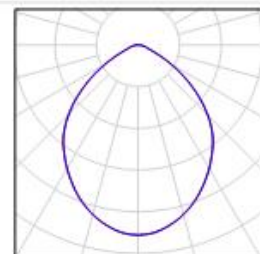


Ilustración 57: Luminarias Aseo femenino 1

- Aseo masculino 1

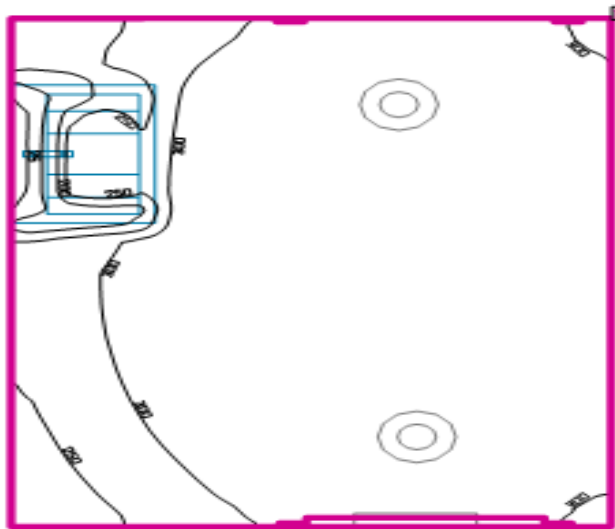


Ilustración 58: Visualización iluminancia Aseo masculino 1

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 321   | 386    |

Tabla 55: Resultados iluminancia Aseo masculino 1

UGR:

| Superficie       | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------------|--------|--------|--------------|
| Inodoro femenino | <10    | 24.4   | ≤25          |

Tabla 56: Resultados UGR Aseo masculino 1

Luminaria:

2x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

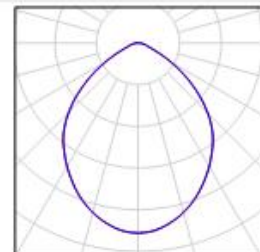


Ilustración 59: Luminarias Aseo masculino 1

- Archivo RACK

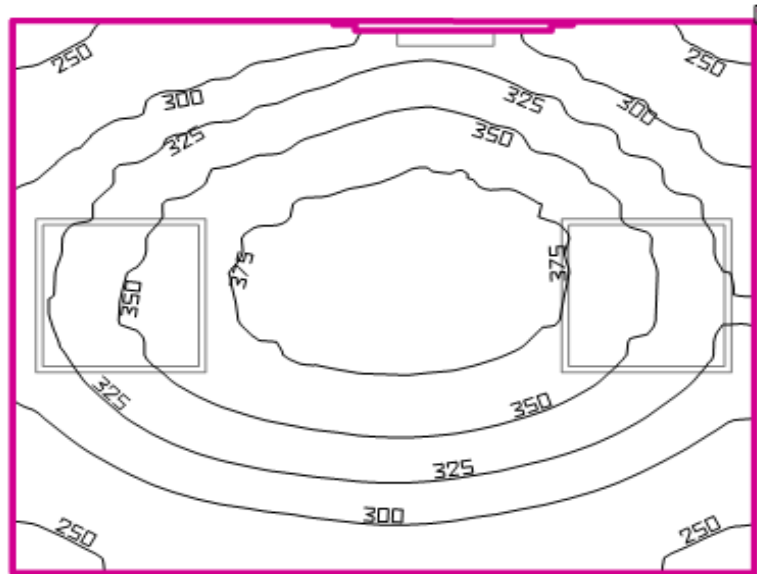


Ilustración 60: Visualización iluminancia Archivo Rack

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 200     | 327   | 392    |

Tabla 57: Resultados iluminancia Archivo Rack

La uniformidad en salas de archivos ha de ser del 0.4 mínimo, así que es más que suficiente la uniformidad lumínica obtenida.

UGR:

| Superficie | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|------------|--------|--------|--------------|
| RACK       | <10    | 17.2   | ≤25          |

Tabla 58: Resultados UGR Archivo Rack

Luminarias:

2x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

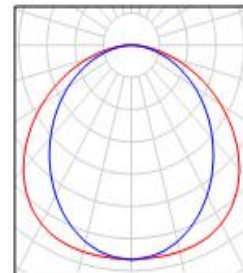


Ilustración 61: Luminarias Archivo Rack

- Sala de administración

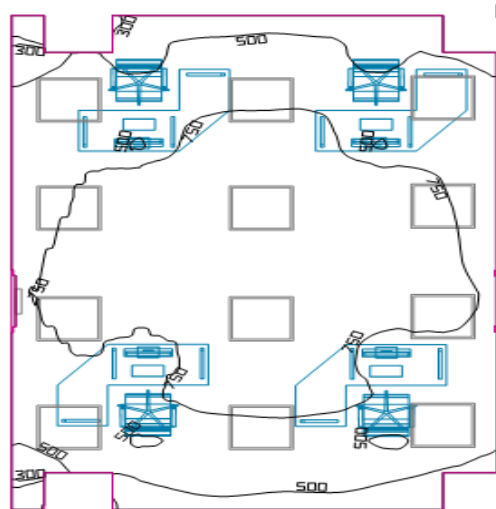


Ilustración 62: Visualización iluminancia Sala de administración

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 500     | 695   | 911    |

Tabla 59: Resultados iluminancia Sala de administración

UGR:

| Superficie   | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|--------------|--------|--------|--------------|
| Mesa admin.1 | <10    | 15.2   | ≤19          |
| Mesa admin.2 | <10    | 15     | ≤19          |
| Mesa admin.3 | <10    | 14     | ≤19          |
| Mesa admin.4 | <10    | 14.5   | ≤19          |

Tabla 60: Resultados UGR Sala de administración

Luminarias:

12x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

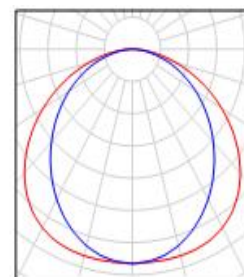


Ilustración 63: Luminarias Sala de administración

- Sala de reuniones:

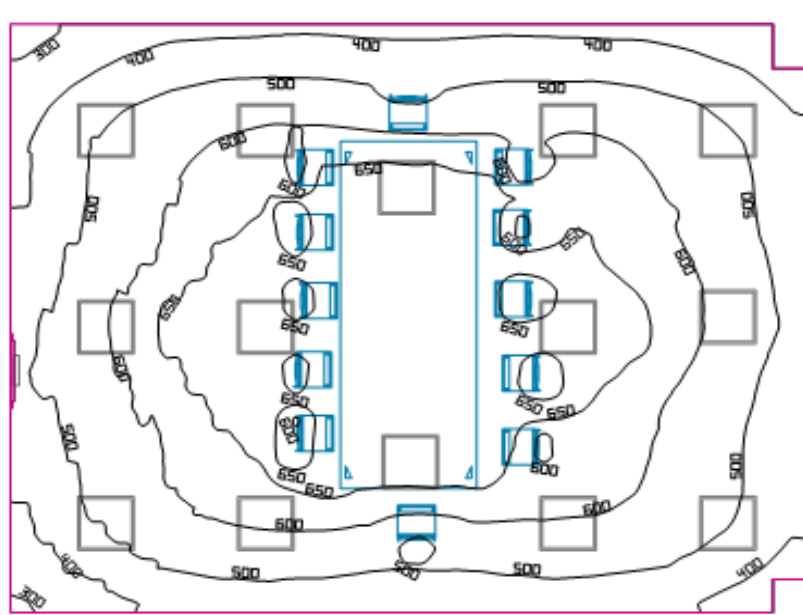


Ilustración 64: Visualización iluminancia Sala de reuniones

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 500     | 557   | 692    |

Tabla 61: Resultados iluminancia Sala de reuniones

UGR:

| Superficie     | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|----------------|--------|--------|--------------|
| Mesa reuniones | <10    | 17.6   | ≤19          |

Tabla 62: Resultados UGR Sala de reuniones

Luminarias:

14x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

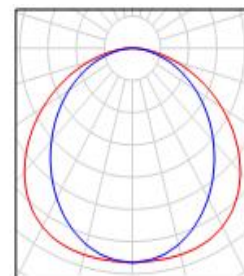


Ilustración 65: Luminarias Sala de reuniones



- Oficinas

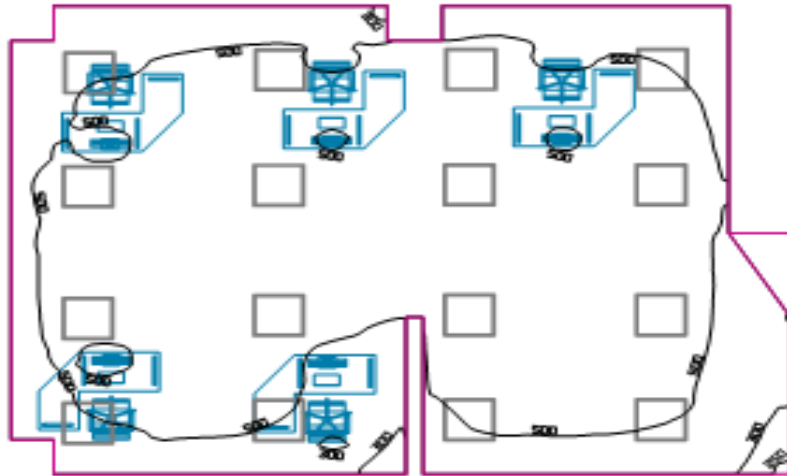


Ilustración 66: Visualización iluminancia Oficinas

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 500     | 545   | 731    |

Tabla 63: Resultados iluminancia Oficinas

UGR:

| Superficie      | Mínimo | Máximo | Valor límite |
|-----------------|--------|--------|--------------|
| Mesa oficinas 1 | <10    | 16     | ≤19          |
| Mesa oficinas 2 | <10    | 16.6   | ≤19          |
| Mesa oficinas 3 | <10    | 17.5   | ≤19          |
| Mesa oficinas 5 | <10    | 16.6   | ≤19          |
| Mesa oficinas 4 | <10    | 16.2   | ≤19          |

Tabla 64: Resultados UGR Oficinas

Luminarias:

16x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

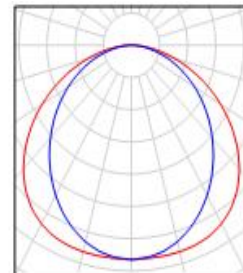


Ilustración 67: Luminarias Oficinas

- Pasillo oficinas

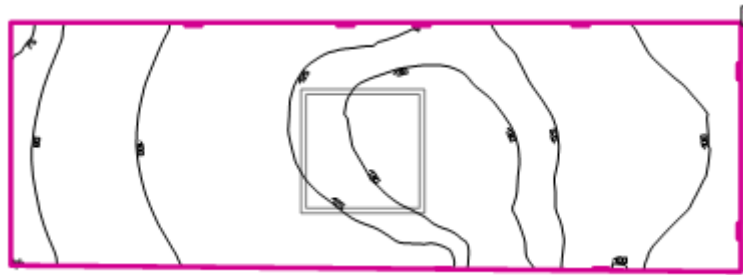


Ilustración 68: Visualización iluminancia Pasillo oficinas

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 100     | 112   | 134    |

Tabla 65: Resultados iluminancia Pasillo oficinas

UGR:

No se ha calculado debido a que es un área de tránsito y no existen puestos de trabajo en la misma.

Luminarias:

1x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

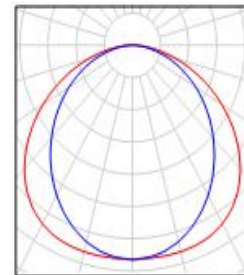


Ilustración 69: Luminarias Pasillo oficinas

- Escaleras

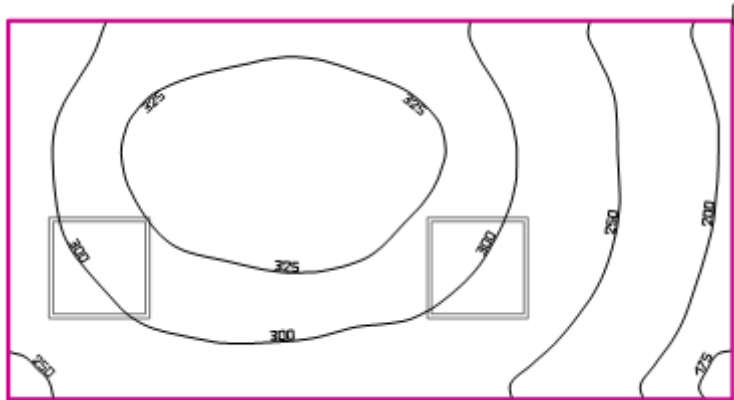


Ilustración 70: Visualización iluminancia Escaleras

Iluminancia:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 150     | 287   | 341    |

Tabla 66: Resultados iluminancia Escaleras

UGR:

No se ha calculado debido a que es un área de tránsito y no existen puestos de trabajo en la misma.

Luminarias:

2x RC125B LED34S/840 PSU W60L60

Philips Lighting - RC125B W60L60 1 xLED34S/830  
 NOC  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED34S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.89%  
 Flujo luminoso de lámparas: 3400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3396 lm  
 Potencia: 36.0 W  
 Rendimiento lumínico: 94.3 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED34S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

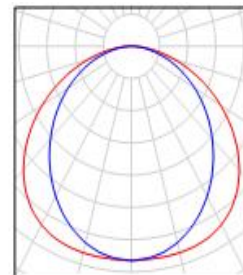


Ilustración 71: Luminarias Escaleras

- Pasillo control

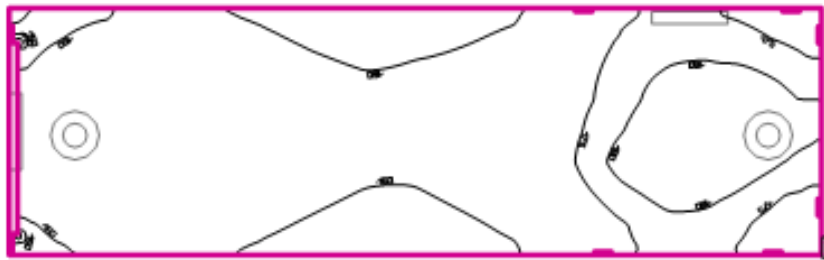


Ilustración 72: Visualización iluminancia Pasillo control

Intensidad lumínica:

| Nominal | Media | Máxima |
|---------|-------|--------|
| 100     | 168   | 186    |

Tabla 67: Resultados Intensidad iluminancia Pasillo control

UGR:

No se ha calculado debido a que es un área de tránsito y no existen puestos de trabajo en la misma.

Luminarias:

2x DN130B D217 LED20S/830

Philips Lighting - DN130B D217 1xLED20S/830  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xLED20S/830/-  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 91.13%  
 Flujo luminoso de lámparas: 2400 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 2187 lm  
 Potencia: 22.0 W  
 Rendimiento lumínico: 99.4 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
 1xLED20S/830/-: CCT 3000 K, CRI 100

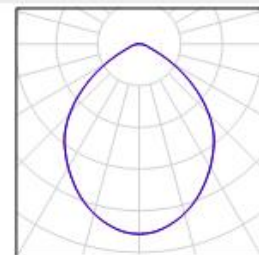
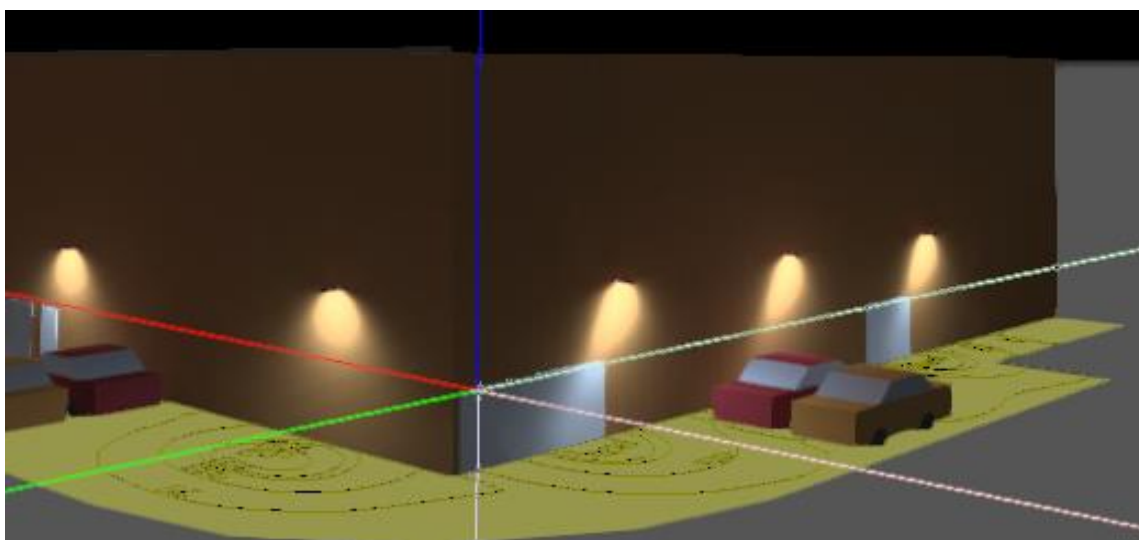
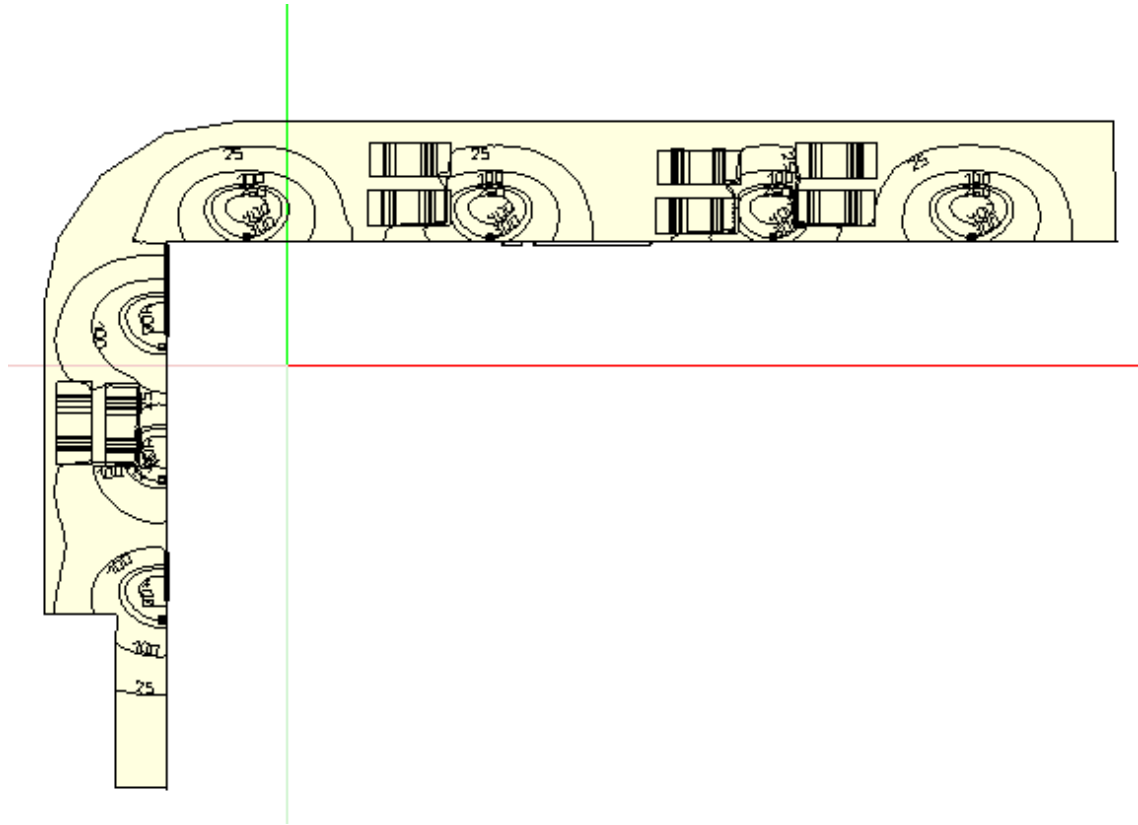


Ilustración 73: Luminarias Pasillo control

El patio exterior de la nave se ha iluminado con proyectores exteriores para dotar de iluminación las puertas de entrada y los aparcamientos. Para ello se ha hecho uso de las luminarias BVP120 1xLED120/NW A de Philips de la gama CoreLine Tempo. Estas son luminarias de LED lo que permiten colocarlas fácilmente por su reducida dimensión y ofrecen una cantidad de luz bastante alta 12000 lm. La zona de patio exterior resulta:



Por último, queda definir el alumbrado de emergencia, para el cual se han seguido la ITC-BT-28. En primer lugar, se ha determinado si la nave es de pública concurrencia o no lo es. El reglamento diferencia entre 2 tipos de locales: locales de espectáculos y actividades recreativas, que son siempre de pública concurrencia; y locales de reunión, trabajo y usos sanitarios, que son de pública concurrencia a partir de 50 personas en varios tipos de locales en el que no está incluida la actividad desarrollada por la nave industrial de este proyecto. Por tanto, se concluye que la nave industrial no es un local de pública concurrencia.

La instrucción técnica dicta que es necesaria la iluminación mediante alumbrado de emergencia de las vías de evacuación y las zonas donde haya colocados cuadros secundarios de alumbrado. Dicho alumbrado debe garantizar la iluminación durante la evacuación de la nave y debe entrar en funcionamiento cuando la tensión sea inferior al 70 % de su valor nominal. Además, debe garantizar 1 lux a nivel de suelo y 5 lux en los cuadros de distribución.

La NBE, Norma Básica de Edificación, establece que esta clase de construcción debe presentar vías de evacuación desde todo punto ocupable hasta la salida del edificio. Para el caso de la esta nave industrial, se han realizado 3 vías de evacuación distintas: evacuación de oficinas, las de la primera planta y las que se encuentran en la planta baja; la evacuación del almacén y por último la evacuación de la zona de compactado y recepción de material.

En primer lugar, la evacuación de las oficinas, tanto de la 1ª planta como de la planta baja, tiene como salida la puerta de recepción, siendo la más cercana y accesible para el personal que trabaja en estos puestos.

La evacuación del almacén prevé los trabajadores que puedan estar a un extremo u otro del mismo y cuenta con dos vías de evacuación, lo más rectas posibles, hasta la salida en común de ambas vías al exterior de la nave.

La zona de compactado y recepción de material cuenta con 2 salidas distintas. La primera salida se encuentra en la zona de compactado, siendo esta obligatoria para los operarios que trabajen en esta área, la segunda salida se encuentra en el local de recepción de material, siendo obligatoria para los operarios que se encuentren haciendo la recepción y el transporte del material que llegue.

El alumbrado de emergencia se ha conectado a la misma línea que el general, de modo que cuando se produzca una apertura en el circuito entre en funcionamiento en la zona donde se ha producido el defecto. El tipo de luminarias elegidas son las de LED ya que son más eficientes y proporcionan más iluminación que las fluorescentes. Se ha buscado instalar las luminarias en lugares lo más simples posibles como son las paredes, aprovechando el flujo luminoso que aportan muchas luminarias montadas en pared. De esta forma se pueden iluminar tramos largos aunque vaya decayendo la luminancia sin necesidad de instalar muchas luminarias de emergencia, consiguiendo ahorrar en material. En todo momento existe 1 lux a nivel de suelo en todas las vías de evacuación. La luminaria elegida para el montaje en pared es "Cicada\_LV | LLG". Para los tramos que quedan alejados de esta luminaria en las vía de evacuación de compactado y recepción de material se han instalado luminarias de menos flujo luminoso que indican la dirección que hay que seguir para llegar a la salida, como son las luminarias "22021 CG-S mit klaren Scheiben" de EATON.

Con la simulación en DIALux se ha obtenido los siguientes resultados para las 3 áreas de evacuación:

- Evacuación oficinas Compactado y recepción de material:



Ilustración 74: Visualización evacuación compactado y recepción de material

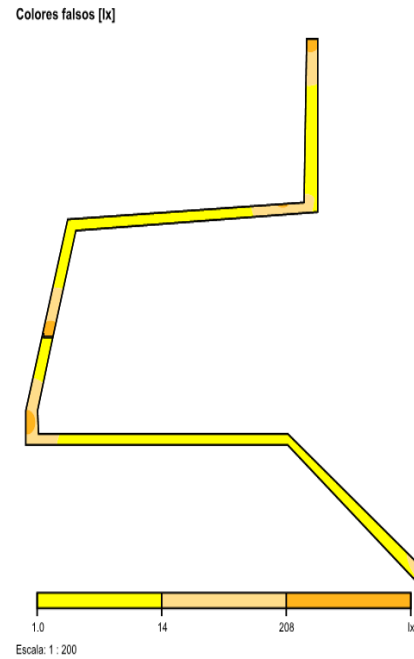


Ilustración 75: Mapa iluminancia emergencia compactado y recepción de material

Illuminancia:

| Media | Mínima | Máxima |
|-------|--------|--------|
| 27.2  | 1.6    | 402    |

Tabla 68: Resultados iluminancia evacuación compactado y recepción de material

Luminarias:

5x 22021 CG-S mit klaren Scheiben (EATON)

CEAG - 40071348578 22021 CG-S mit klaren Scheiben  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xT16 8W/840  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 62.83%  
 Flujo luminoso de lámparas: 450 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 283 lm  
 Potencia: 10.0 W  
 Rendimiento lumínico: 28.3 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1xT16 8W/840: CCT 3850 K, CRI 79

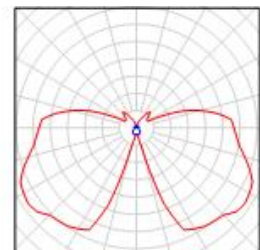


Ilustración 76: Luminarias 2 emergencia compactado y recepción de material

## 7x Cicada\_LV | LLG (LineaLight)

Linea Light Group - 97302N30 Cicada\_LV | LLG  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1x97302N30  
 Fotometría absoluta  
 Flujo luminoso de las luminarias: 1092 lm  
 Potencia: 15.0 W  
 Rendimiento lumínico: 72.8 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1x97302N30: CCT 4000 K, CRI 80

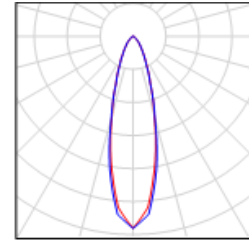


Ilustración 77: Luminarias 2 emergencia compactado y recepción de material

- Evacuación almacén

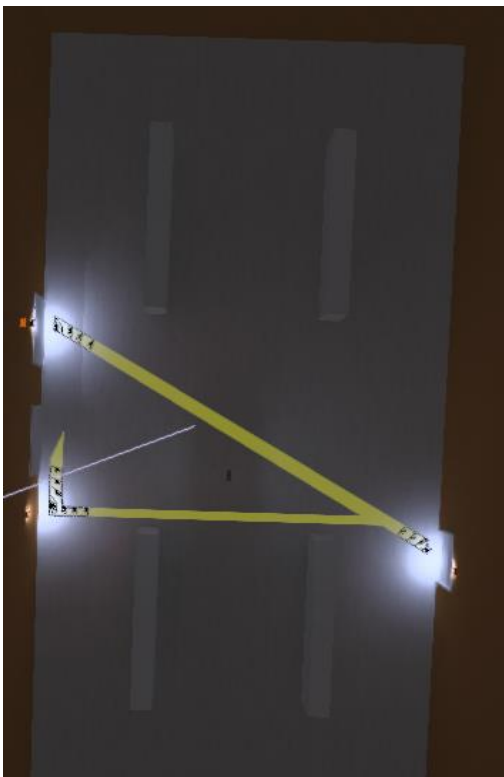


Ilustración 78: Visualización evacuación almacén

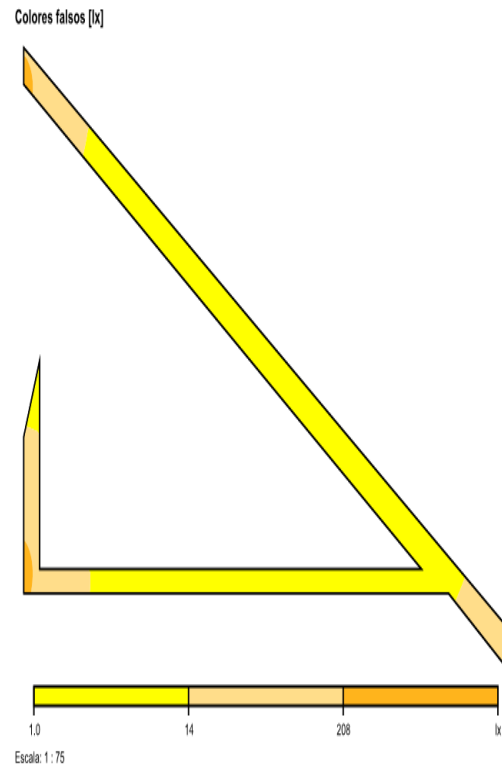


Ilustración 79: Mapa iluminancia emergencia compactado y recepción de material

Iluminancia:

| Media | Mínima | Máxima |
|-------|--------|--------|
| 24.1  | 1.88   | 299    |

Tabla 69: Resumen iluminancia evacuación almacén



Luminarias:

1x 22021 CG-S mit klaren Scheiben (EATON)

CEAG - 40071348578 22021 CG-S mit klaren Scheiben  
Emisión de luz 1  
Lámpara: 1xT16 8W/840  
Grado de eficacia de funcionamiento: 62.83%  
Flujo luminoso de lámparas: 450 lm  
Flujo luminoso de las luminarias: 283 lm  
Potencia: 10.0 W  
Rendimiento lumínico: 28.3 lm/W  
  
Indicaciones colorimétricas  
1xT16 8W/840: CCT 3850 K, CRI 79

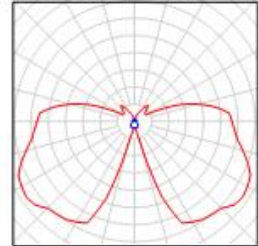


Ilustración 80: Luminarias 1 evacuación de almacén

3x Cicada\_LV | LLG (LineaLight)

Linea Light Group - 97302N30 Cicada\_LV | LLG  
Emisión de luz 1  
Lámpara: 1x97302N30  
Fotometría absoluta  
Flujo luminoso de las luminarias: 1092 lm  
Potencia: 15.0 W  
Rendimiento lumínico: 72.8 lm/W  
  
Indicaciones colorimétricas  
1x97302N30: CCT 4000 K, CRI 80

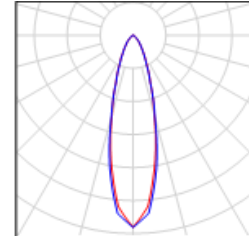


Ilustración 81: Luminarias 2 evacuación de almacén

- Evacuación oficinas

- 1ª Planta:

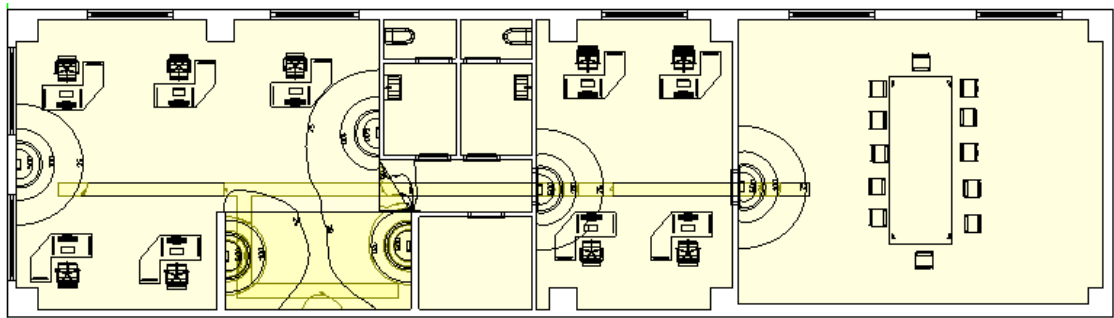


Ilustración 82: Visualización evacuación Oficinas 1ª planta

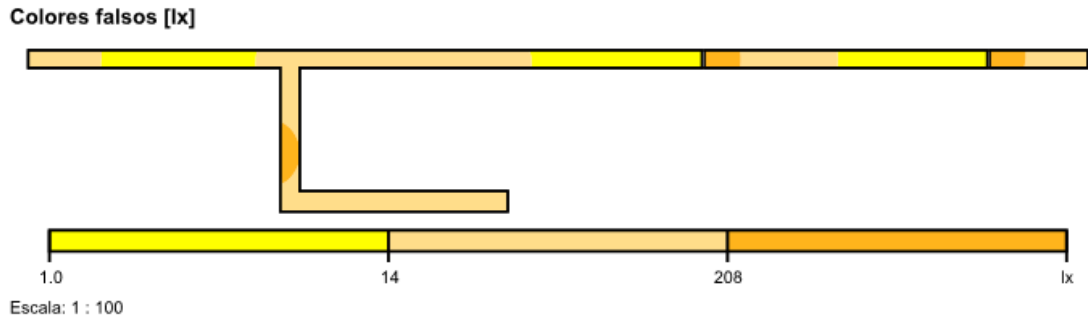


Ilustración 83: Mapa iluminancia evacuación Oficinas 1ª planta

Iluminancia:

| Media | Mínima | Máxima |
|-------|--------|--------|
| 61.5  | 5.4    | 394    |

Tabla 70: Resultados iluminancia emergencia Oficinas 1ª planta

Luminarias:

1x 22021 CG-S mit klaren Scheiben (EATON)

CEAG - 40071348578 22021 CG-S mit klaren Scheiben  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xT16 8W/840  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 62.83%  
 Flujo luminoso de lámparas: 450 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 283 lm  
 Potencia: 10.0 W  
 Rendimiento lumínico: 28.3 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1xT16 8W/840: CCT 3850 K, CRI 79

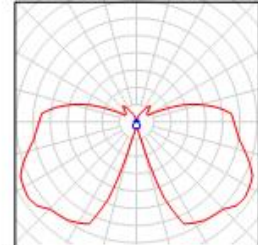


Ilustración 84: Luminarias 1 evacuación Oficinas 1ª planta

6x Cicada\_LV | LLG (LineaLight)

Linea Light Group - 97302N30 Cicada\_LV | LLG  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1x97302N30  
 Fotometría absoluta  
 Flujo luminoso de las luminarias: 1092 lm  
 Potencia: 15.0 W  
 Rendimiento lumínico: 72.8 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1x97302N30: CCT 4000 K, CRI 80

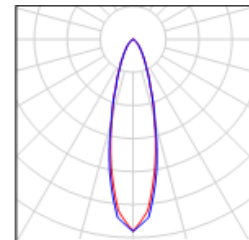


Ilustración 85: Luminarias 2 evacuación Oficinas 1ª planta

- Planta baja:

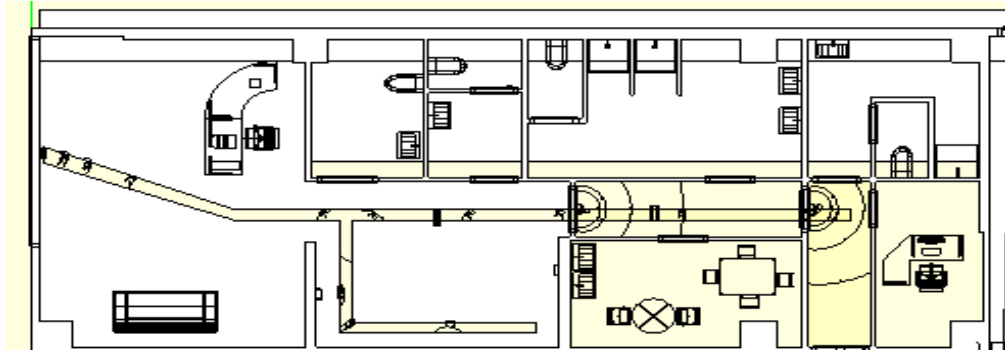
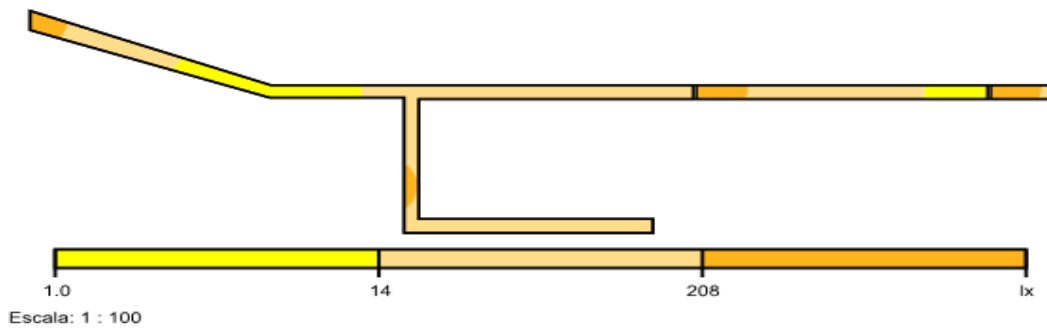


Ilustración 86: Visualización evacuación Oficinas planta baja

Colores falsos [lx]



Iluminancia:

| Media | Mínima | Máxima |
|-------|--------|--------|
| 72    | 9.4    | 410    |

Tabla 71: Resultados iluminancia evacuación Oficinas planta baja

Luminarias de emergencia:

2x 22021 CG-S mit klaren Scheiben (EATON)

CEAG - 40071348578 22021 CG-S mit klaren Scheiben  
 Emisión de luz 1  
 Lámpara: 1xT16 8W/840  
 Grado de eficacia de funcionamiento: 62.83%  
 Flujo luminoso de lámparas: 450 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 283 lm  
 Potencia: 10.0 W  
 Rendimiento lumínico: 28.3 lm/W  
 Indicaciones colorimétricas  
 1xT16 8W/840: CCT 3850 K, CRI 79

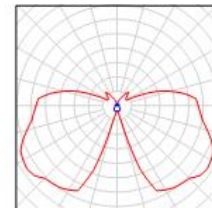


Ilustración 87: Luminarias 1 emergencia Oficinas planta baja

## 4x Cicada\_LV | LLG (LineaLight)

Linea Light Group - 97302N30 Cicada\_LV | LLG  
Emisión de luz 1  
Lámpara: 1x97302N30  
Fotometría absoluta  
Flujo luminoso de las luminarias: 1092 lm  
Potencia: 15.0 W  
Rendimiento lumínico: 72.8 lm/W

Indicaciones colorimétricas  
1x97302N30: CCT 4000 K, CRI 80

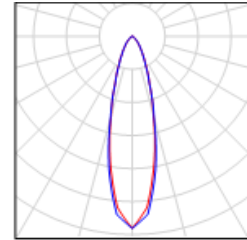


Ilustración 88: Luminarias 2 evacuación emergencia Oficinas planta baja

### 7.9. Puesta a tierra

Con objeto de limitar tensiones, asegurar las protecciones y reducir el riesgo de los elementos eléctricos en caso de avería, se establece las conexiones de neutro y masas de la instalación a tierra.

Se puede optar por una instalación IT, TN O TT, según se considere más oportuno para cada instalación.

La denominación de cada tipo de instalación utiliza un código de letras con el significado siguiente:

La 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.

La 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).

Por tanto, los tres tipos de protecciones anteriores se diferencian entre ellas por el tipo de conexión que se hace entre la tierra y el neutro del transformador y sus masas.

Se ha optado por la instalación TT como método de puesta a tierra debido a su poca complejidad respecto los otros dos métodos y también por ser muy fiable en cuanto a protección a contactos indirectos y su bajo costo, tanto de instalación como de mantenimiento. Siendo su esquema el siguiente:

## Sistema TT

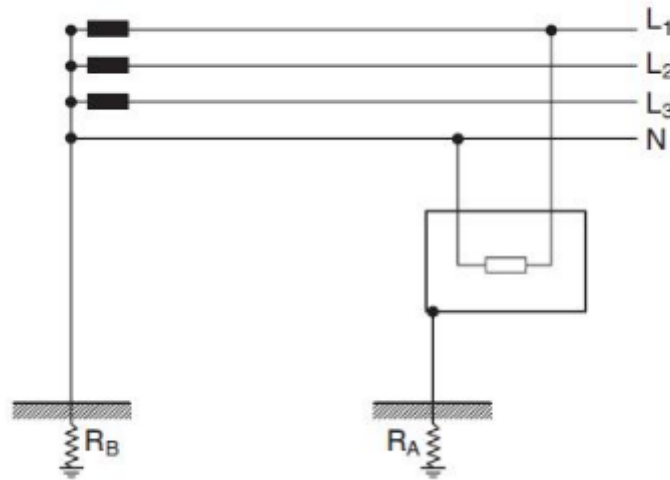


Ilustración 89: Esquema puesta a tierra del sistema TT

Mediante el esquema TT se unen las partes conductoras, o masas, con el neutro para evitar sobre tensiones y corrientes diferenciales. La unión se realiza sin fusibles ni protecciones y con electrodos enterrados con el suelo. Con ello se logrará que las posibles tensiones diferenciales se vean reducidas, puesto que tras un contacto indirecto sin masas a tierras el resultado, aunque de corta duración porque salta el diferencial, es suficiente como para provocar graves daños en el organismo de la persona durante ese corto periodo de tiempo en que pasa por él la corriente eléctrica. En cambio, con las masas unidas a tierra la tensión de defecto no circula por el cuerpo ya que se cierra a través del neutro y saltan las protecciones diferenciales.

Para lograr una buena conexión de las masas a tierra se ha instalado un anillo cerrado que abarca todo el perímetro de la nave, habiéndose instalado antes un cable rígido de cobre como se indica en la ITC-BT-26 apartado 3.1. Siguiendo las especificaciones de la ITC-BT-18, el cable rígido de cobre, al no estar protegido contra la corrosión, ha de tener una sección de 25 mm<sup>2</sup> con una profundidad menor de 0.5 m para evitar pérdidas de humedad del suelo.

| TIPO  | Protegido mecánicamente | No protegido mecánicamente                                       |
|---|-------------------------|--|
| Protegido contra la corrosión*  | Según apartado 3.4      | 16 mm <sup>2</sup> Cobre<br>16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado |
| No protegido contra la corrosión  |                         | 25 mm <sup>2</sup> Cobre<br>50 mm <sup>2</sup> Hierro            |
| * La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente |                         |  |

Ilustración 90: Sección de los conductores según la protección contra la corrosión

La imagen siguiente indica las partes típicas de una instalación de puesta a tierra:

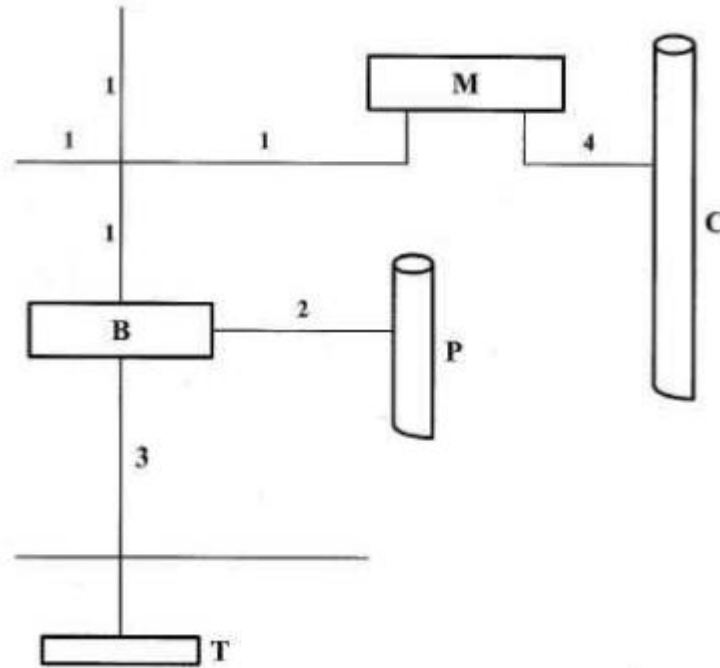


Ilustración 91: Elementos de la puesta a tierra

En la imagen se pueden distinguir los siguientes elementos:

- 1= Conductor de protección.
- 2= Conductor de unión equipotencial.
- 3= Conductor de tierra.
- 4= Conductor equipotencialidad suplementaria.
- B= Borne principal de tierra.
- M= Masa.
- C= Elemento conductor.
- P= Canalización metálica principal de agua.
- T= Toma de tierra.

El primer paso es la puesta a tierra del neutro. Para ello se ha hecho uso de electrodos, aunque la ITC-BT-18 deja a elección del proyectista una serie de materiales que sirven como electrodo. El electrodo tiene como finalidad transmitir las intensidades de defecto a tierra para evitar el deterioro del resto de elementos de la instalación en caso de falta y, a su vez, hace más efectivas las protecciones.

En el centro de transformación, la tierra de protección une todos los elementos del equipo y la armadura de hormigón a la misma tierra. La línea de tierra se conecta a la caja de seccionamiento de protección mediante cable de 50 mm<sup>2</sup> de sección de cobre desnudo.

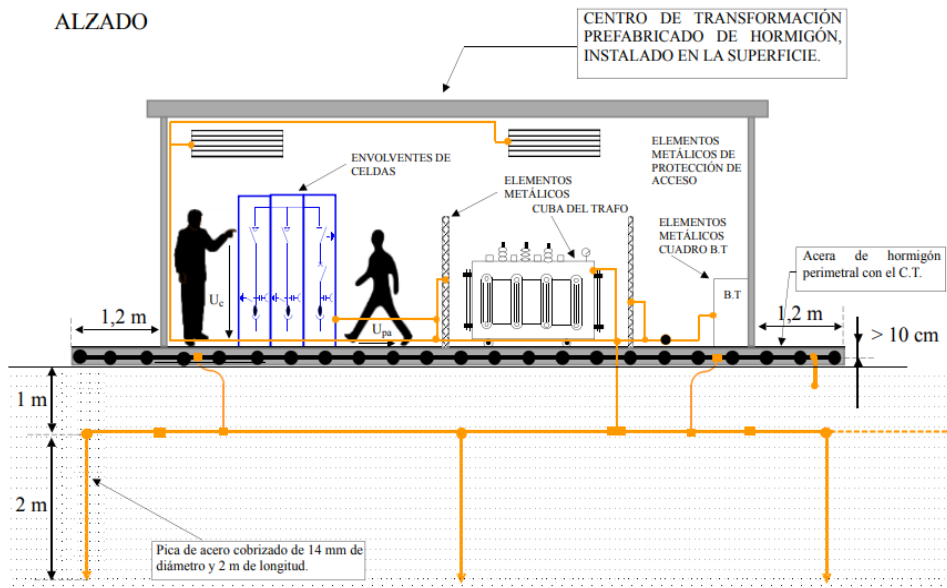


Ilustración 92: Puesta a tierra de las masas del CT

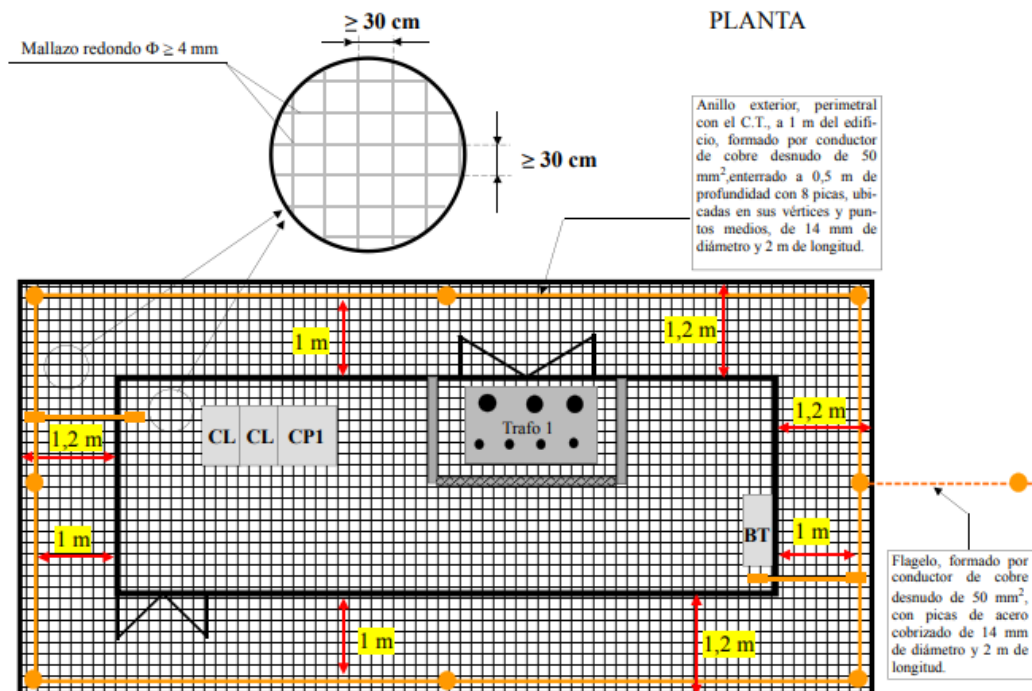


Ilustración 93: Anillo envolvente del CT

El CT tiene como electrodo principal un anillo en bucle perimetral que se encuentra a 1 m alrededor de la envolvente del centro. El anillo está conectado a 0,5 m de profundidad y está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección. En sus esquinas y en el centro de cada lado se le añaden 8 picas con una longitud de 2 m y 14 mm de diámetro.

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega$$

Siendo  $K_r = 0.088 \frac{\Omega}{\Omega m}$ , dato obtenido del anexo 1 de la MT 2.11.33 (13-09),

Los cálculos de la puesta a tierra del CT están desarrolladas en el Documento nº 2: Cálculos.

La resistencia de tierra de las masas de baja tensión se ha calculado a partir de las especificaciones estipuladas en la ITC-BT-18, siendo para un conductor enterrado horizontalmente:

$$R_a = \frac{2\rho}{L}$$

Siendo  $\rho$  y  $L$  la resistividad del terreno y el perímetro de la zanja metálica de la nave, siendo sus valores  $150 \Omega \cdot m$  y  $173 \text{ m}$  respectivamente.

Para obtener la resistividad del terreno se ha recurrido también a la tabla de valores orientativos incluida en la misma instrucción técnica, siendo la siguiente:

Terreno de arcillas compactas  $\rightarrow$  Resistividad =  $150 \Omega \cdot m$

Con ello se obtiene que:

$$R_a = \frac{2 \cdot 150}{173} = 1.73 \Omega$$

Con lo que la resistencia del anillo cerrado enterrado en la nave es de  $1.73 \Omega$ .

Obtenidas las resistencias de puesta a tierra de las masas de la instalación y del CT, se deben instalar a una distancia mínima para que no existan tensiones de contacto peligrosas en las masas de la instalación en caso de defecto a tierra del centro de transformación. Si la resistividad del terreno es inferior a  $100 \Omega \cdot m$ , la distancia mínima debe ser de  $15 \text{ m}$ , pero como en el terreno que ocupa la nave la resistividad es de  $150 \Omega \cdot m$  se sigue la siguiente expresión dada en la ITC-BT-18:

$$D = \frac{\rho I_F}{2\pi U} = \frac{150 \cdot 443.72}{2\pi \cdot 1200} = 8.82 \text{ m}$$

Las distintas magnitudes que aparecen en la expresión anterior quedan detalladas en el apartado de cálculos.

Para obtener la resistencia del neutro del transformador se ha hecho uso de una pica vertical con una longitud de  $6 \text{ metros}$ . El objetivo es obtener una puesta a tierra del neutro que sea fácil de instalar y de mantener.

$$R_B = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{6} = 25 \Omega$$



## DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

### 8. CÁLCULOS CRITERIO TÉRMICO

La primera línea que se ha calculado es la línea general, siguiendo los pasos mencionados:

- Línea general de alimentación

Para la línea general se ha optado por una instalación mediante tubo enterrado, ya que sale del centro de transformación mediante conductores unipolares con aislamiento XLPE3 hasta el CGBT.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{250000}{400 \cdot \sqrt{3}} = 360.84 \text{ A}$$

La línea general está compuesta por 1 circuito trifásico, consta de 3 cables unipolares enterrados, por lo que el factor de deducción a utilizar es el de la "ilustración 19" para 3 cables unipolares:

El factor K será  $\rightarrow K = 0.7$

$$I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{360.84}{0.7} = 515.49 \text{ A}$$

La intensidad obtenida es muy elevada, así que, para conseguir reducirla, se ha decidido usar 3 cables multiconductores para cada una de las fases. Lo que resulta:

$$I'_1 = I_1 / 3 = 171.83 \text{ A}$$

Se busca en la tabla 52-2 la intensidad igual o superior de material cobre, siendo la I de la tabla de 202 A para una sección de 95 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.7 \cdot 202 = 141.4 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 141.4 \cdot 0.9 = 127.26 \text{ A} < 171.83 \text{ A, por lo que no es válida la sección de 95 mm}^2.$$

En cambio, si se elige la sección de 185 mm<sup>2</sup>, entonces  $I_T = 291 \text{ A}$  resultando que:

$$I_z = k \cdot I_T = 0.7 \cdot 291 = 203.7 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 203.7 \cdot 0.9 = 183.33 \text{ A} > 171.83 \text{ A por lo que la sección es válida.}$$

Quedando la sección de los conductores:

$$S = 3 \times (3 \times 185 + 95 \text{ mm}^2)$$

- Tomas caja 1:

Instalación tipo E con 7 cables en 1 misma bandeja

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 34 \text{ A}$$

Para una bandeja con 7 cables en horizontal, el factor  $k = 0.73$  según el método de instalación de la tabla 52-E1  $\rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{34}{0.73} = 46.58 \text{ A}$

En la tabla A.52-1 se busca la intensidad igual o superior para tipo E de material XLPE, obteniendo la intensidad de 54 A y una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.73 \cdot 54 = 39.42 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 39.42 \cdot 0.9 = 35.48 \text{ A} > 34 \text{ A}$ , por lo que la sección de 6 mm<sup>2</sup> es válida.

$$S = 3 \times 6 + 6 \text{ mm}^2$$

- Bomba PCI:

Instalación tipo E, ya que es multipolar, con 5 cables en 1 misma bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{23000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 41.55 \text{ A}$$

A esta intensidad se da un margen para que el conductor pueda aguantar una intensidad elevada en el arranque:

$$I_B = 1.25 \cdot I = 51.93 \text{ A}$$

Para una bandeja con 5 cables el factor  $k = 0.75$  según el método de instalación de la tabla 52-E1  $\rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{51.93}{0.75} = 69.24 \text{ A}$

En la tabla A.52-1 se busca la intensidad igual o superior para tipo E de material XLPE, obteniendo la intensidad de 75 A y una sección de 10 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.75 \cdot 75 = 56.25 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 56.25 \cdot 0.9 = 50.625 \text{ A} < 51.93 \text{ A}$ , por lo que 10 mm<sup>2</sup> no es una sección válida.

La sección superior es la de 16 mm<sup>2</sup> para una intensidad de tablas de 100 A

$$I_z = k \cdot I_T = 0.75 \cdot 100 = 75 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 75 \cdot 0.9 = 67.5 \text{ A} > 51.93 \text{ A}$ , confirmándose como válida la sección de 16 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 16 + 16 \text{ mm}^2$$

- Puerta 1 = Puerta 2 = Puerta 6

Instalación tipo E, con 5 cables en 1 misma bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 1.8 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 2.25 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k \text{ obtenido de tabla 52-E1} = 0.75 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{2.25}{0.75} = 3 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 3 es de 23 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.75 \cdot 23 = 17.25 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 17.25 \cdot 0.9 = 15.53 \text{ A} > 2.25 \text{ A}$ , por lo que se confirma que 1.5 mm<sup>2</sup> es una sección válida.

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- Puerta 3 = Puerta 4 = Puerta 5

Instalación tipo E, con 6 cables en 1 bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 1.8 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 2.25 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.73 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{2.25}{0.73} = 3.08 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 2.96 es de 23 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.73 \cdot 23 = 16.79 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 16.79 \cdot 0.9 = 15.11 \text{ A} > 2.25 \text{ A}$ , por lo que se confirma que 1.5 mm<sup>2</sup> es una sección válida.

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- C.S. Motores:

Instalación tipo E, ya que es multipolar, con 5 cables multiconductores. Al tratarse de la línea que alimenta el cuadro secundario de motores la intensidad se calcula del siguiente modo para evitar corrientes elevadas en el arranque de los motores:

$$I_B = 1.25 \cdot I_{M\_mayor} + \sum I_M$$

$$I_B = 1.25 \cdot I_{Triturador} + I_{Compresor} + I_{Volteador} + I_{Prensa} + I_{Filtro\_aspiración} + I_{Toma\_cajas2}$$

$$I_B = 1.25 \cdot 99.35 + 9.94 + 1 + 63.22 + 16.26 + 34 = 248.61 \text{ A}$$

Para una bandeja con 5 cables sobre bandeja única horizontal, el factor  $k = 0.75$  según el

método de instalación de la tabla 52-E1  $\rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{248.61}{0.75} = 331.48 \text{ A}$

En la tabla A.52-1 se busca la intensidad igual o superior para tipo E de material XLPE, obteniendo la intensidad de 346 A y una sección de 120 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.75 \cdot 346 = 259.5 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 259.5 \cdot 0.9 = 233.55 \text{ A} < 248.61 \text{ A, por lo que la sección de } 120 \text{ mm}^2 \text{ no es válida.}$$

La sección inmediatamente superior es de 150 mm<sup>2</sup> para  $I_T = 395 \text{ A}$

$$I_z = k \cdot I_T = 0.75 \cdot 395 = 296.25 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 296.25 \cdot 0.9 = 266.63 \text{ A} > 248.61 \text{ A, siendo la sección de } 150 \text{ mm}^2 \text{ válida}$$

$$S = 3 \times 150 + 75 \text{ mm}^2$$

- Compresor

Instalación tipo E, con 4 cables en 1 bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{5500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 9.94 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 12.43 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.77 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{12.43}{0.77} = 16.14 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 16.14 A es de 23 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.79 \cdot 23 = 18.17 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 18.17 \cdot 0.9 = 16.35 \text{ A} > 12.43 \text{ A, por lo que se confirma que } 1.5 \text{ mm}^2 \text{ es una sección válida.}$$

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- Prensa

Instalación tipo E, con 3 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 63.22 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 79 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.82 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{79}{0.82} = 96.34 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 96.34 A es de 100 A para una sección de 16 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.82 \cdot 100 = 82 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 82 \cdot 0.9 = 73.8 \text{ A} < 79 \text{ A}$ , así que hay que aumentar la sección a la superior de 16 mm<sup>2</sup> que es de 25 mm<sup>2</sup>. Por lo que su intensidad de las tablas es de  $I_T = 127 \text{ A}$

$$I_z = k \cdot I_T = 0.82 \cdot 127 = 104.14 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 104.14 \cdot 0.9 = 93.72 \text{ A} > 79 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 25 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 25 + 16 \text{ mm}^2$$

- Triturador

Instalación tipo E, con 4 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{55000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 99.35 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 124.19 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.77 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{124.19}{0.77} = 161.26 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 161.26 A es de 192 A para una sección de 50 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.79 \cdot 192 = 151.68 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 151.68 \cdot 0.9 = 136.51 \text{ A} > 124.19 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 50 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 50 + 25 \text{ mm}^2$$

- Volteador

Instalación tipo E, con 3 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{550}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 1 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 1.25 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.82 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{1.25}{0.82} = 1.52 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 1.52 A es de 23 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.82 \cdot 23 = 18.86 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 18.86 \cdot 0.9 = 16.97 \text{ A} > 1.25 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- Toma de cajas 2

Instalación tipo E, con 4 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 34 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.77 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{34}{0.77} = 44.16 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 44.16 A es de 54 A para una sección de 6 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.79 \cdot 54 = 42.66 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 42.66 \cdot 0.9 = 38.39 \text{ A} > 34 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 6 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 6 + 6 \text{ mm}^2$$

- Filtro aspiración

Instalación tipo E, con 4 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad} \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{9000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85 \cdot 0.94} = 16.26 \text{ A}$$

$$I_B = 1.25 \cdot I = 20.32 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.77 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{20.32}{0.77} = 26.39 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior a 26.39 A es de 31 A para una sección de 2.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.79 \cdot 31 = 24.49 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 24.49 \cdot 0.9 = 22 \text{ A} > 20.32 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 2.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 2.5 + 2.5 \text{ mm}^2$$

- C.S. Alumbrado:

Instalación tipo E, ya que es multipolar, con 7 cables multiconductores instalados en una bandeja perforada horizontal. Al tratarse de la línea que alimenta que alimenta únicamente a luminarias, la intensidad de diseño de la línea se obtiene mediante el sumatorio de las luminarias alimentadas:

$$I_B = \sum I_{\text{Luminarias}}$$

$$I_B = 6.66 \text{ A}$$

Para una bandeja con 7 cables sobre bandeja única horizontal, el factor  $k = 0.73$  según el

$$\text{método de instalación de la tabla 52-E1} \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{6.66}{0.73} = 9.123 \text{ A}$$

En la tabla A.52-1 se busca la intensidad igual o superior para tipo E de material XLPE, obteniendo la intensidad de 23 A y una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.73 \cdot 23 = 16.79 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 16.79 \cdot 0.9 = 15.11 \text{ A} > 6.66 \text{ A}$ , por lo que la sección de 1.5 mm<sup>2</sup> es válida.

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- ARO1

Tanto ARO1, ARO2 y ARO3 son Líneas unipolares, por lo que se hace uso del método de instalación F.

Por su parte, la línea ARO1 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha} = \frac{240}{400 \cdot 0.85} = 0.71 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{0.71}{0.98} = 0.72 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 0.72 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 > 0.71 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- ARO2

ARO2 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha} = \frac{360}{400 \cdot 0.85} = 1.06 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{1.06}{0.98} = 1.08 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 1.08 A es de 24 A para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 1.06 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- ARO3

La línea ARO3 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha} = \frac{240}{400 \cdot 0.85} = 0.71 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{0.71}{0.98} = 0.72 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 0.72 A es de 24 A para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 0.71 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$



- ARO4

Instalación tipo E, con 3 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha} = \frac{775}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 1.3 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.82 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{1.3}{0.82} = 1.52 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 1.3 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.82 \cdot 24 = 18.86 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 18.86 \cdot 0.9 = 16.97 \text{ A} > 1.25 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- ARO5

Instalación tipo E, con 3 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha} = \frac{1395}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 2.37 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.82 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{2.37}{0.82} = 2.89 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 2.89 A es de 23 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.82 \cdot 23 = 18.86 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 18.86 \cdot 0.9 = 16.97 \text{ A} > 1.25 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- ARO6

Instalación tipo E, con 4 cables en una bandeja.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\alpha \cdot \eta} = \frac{930}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 1.58 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.79 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{1.58}{0.79} = 2 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 2 A es de 23 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.79 \cdot 23 = 18.17 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 18.17 \cdot 0.9 = 16.35 \text{ A} > 1.58 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- C.S. Oficinas:

Instalación tipo E, ya que es multipolar, con 7 cables multiconductores instalados en una bandeja perforada horizontal. Al tratarse de la línea que alimenta que alimenta únicamente a luminarias, la intensidad de diseño de la línea se obtiene mediante el sumatorio de las luminarias alimentadas:

$$I_B = \sum I_{\text{Luminarias}}$$

$$I_B = 65.44 \text{ A}$$

Para una bandeja con 7 cables sobre bandeja única horizontal, el factor  $k = 0.73$  según el método de instalación de la tabla 52-E1  $\rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{65.44}{0.73} = 89.64 \text{ A}$

En la tabla A.52-1 se busca la intensidad igual o superior para tipo E de material XLPE, obteniendo la intensidad de 100 A y una sección de  $16 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.73 \cdot 100 = 73 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 73 \cdot 0.9 = 65.7 \text{ A} > 65.44 \text{ A}$ , por lo que la sección de  $16 \text{ mm}^2$  es válida.

$$S = 3 \times 16 + 16 \text{ mm}^2$$

- AFO1

Todas las líneas AF y FF son Líneas unipolares, por lo que se hace uso del método de instalación F.

Por su parte, la línea AFO1 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 2.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha} = \frac{451}{400 \cdot 0.85} = 1.32 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{1.32}{0.98} = 1.35 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 1.35 A es de 24 A para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 1.32 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- AFO2

AFO2 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{260}{400 \cdot 0.85} = 0.76 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{0.76}{0.98} = 0.78 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 0.78 A es de 24 A para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 0.78 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- AFO3

AFO3 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{615}{400 \cdot 0.85} = 1.8 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{1.8}{0.98} = 1.84 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 1.84 A es de 24 A para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \text{ A} \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 1.8 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- AFO4

AFO4 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{738}{400 \cdot 0.85} = 2.17 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{2.17}{0.98} = 2.21 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 2.21 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 2.17 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- AFO5

AFO5 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño } \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{200}{400 \cdot 0.85} = 0.59 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{0.59}{0.98} = 0.6 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 0.6 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 0.59 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- FF01 = FF02 = ... = FF10

FF1 está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño } \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{2000}{400 \cdot 0.85} = 5.88 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{5.88}{0.98} = 6 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 6 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 23 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.168 \text{ A} > 5.88 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- C.S. RACK:

Instalación tipo E, ya que es multipolar, con 7 cables multiconductores instalados en una bandeja perforada horizontal. Al tratarse de la línea que alimenta únicamente a 3 receptores, la intensidad de diseño de la línea se obtiene mediante el sumatorio de los receptores alimentados:

$$I_B = \sum I_{\text{Receptores}}$$

$$I_B = 17.64 \text{ A}$$

Para una bandeja con 7 cables sobre bandeja única horizontal, el factor  $k = 0.73$  según el método de instalación de la tabla 52-E1  $\rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{17.64}{0.73} = 24.16 \text{ A}$

En la tabla A.52-1 se busca la intensidad igual o superior para tipo E de material XLPE, obteniendo la intensidad de 31 A y una sección de  $2.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.73 \cdot 31 = 22.63 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 22.63 \cdot 0.9 = 20.36 \text{ A} > 17.64 \text{ A}, \text{ por lo que la sección de } 2.5 \text{ mm}^2 \text{ es válida.}$$

$$S = 3 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- Rack:

El Rack está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos \alpha} = \frac{2000}{400 \cdot 0.85} = 5.88 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{5.88}{0.98} = 6 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 6 A es de 24 A para una sección de  $1.5 \text{ mm}^2$ .

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 24 = 23.52 \text{ A}$$

$$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.17 > 5.88 \text{ A}, \text{ con lo que si cumple los criterios para una sección de } 1.5 \text{ mm}^2$$

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- CCTV1:

El Rack está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{2000}{400 \cdot 0.85} = 5.88 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{5.88}{0.98} = 6 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 6 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 24 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.17 > 5.88 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

- CCTV2:

El Rack está ubicada en una bandeja con un número de circuitos igual a 1.

$$\text{Intensidad de diseño} \rightarrow I_B = \frac{P}{V \cdot \cos\alpha} = \frac{2000}{400 \cdot 0.85} = 5.88 \text{ A}$$

$$\text{El factor } k = 0.98 \rightarrow I_1 = \frac{I_B}{k} = \frac{5.88}{0.98} = 6 \text{ A}$$

Según la tabla, la intensidad superior 6 A es de 24 A para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>.

$$I_z = k \cdot I_T = 0.98 \cdot 24 = 23.52 \text{ A}$$

$I_z \cdot 0.9 = 23.52 \cdot 0.9 = 21.17 > 5.88 \text{ A}$ , con lo que si cumple los criterios para una sección de 1.5 mm<sup>2</sup>

$$S = 1 \times 1.5 + 1.5 \text{ mm}^2$$

Los resultados quedan resumidos en la siguiente tabla:

| Línea             | Tipo instalación | Factor k | Ib (A)   | Ib/k (A) | sección (mm <sup>2</sup> ) | Iz (A)  |
|-------------------|------------------|----------|----------|----------|----------------------------|---------|
| Línea general     | D                | 0.7      | 3x171.83 | 3x245.47 | 4 x 150 + 75               | 3x203.7 |
| Tomas caja 1      | E                | 0.73     | 34       | 46.58    | 4 x 6 + 6                  | 39.42   |
| Bomba PCI         | E                | 0.75     | 51.93    | 69.24    | 4 x 16 + 16                | 56.25   |
| Puerta 1, 2 y 6   | E                | 0.75     | 2,25     | 3        | 4 x 1.5 + 1.5              | 17.25   |
| Puerta 3, 4 y 5   | E                | 0.73     | 2.25     | 3.08     | 4 x 1.5 + 1.5              | 16.79   |
| C.S.Motores       | E                | 0.75     | 248.61   | 331.48   | 4 x 150 + 75               | 296.25  |
| Compresor         | E                | 0.77     | 12.43    | 16.14    | 4 x 1.5 + 1.5              | 18.17   |
| Presnsa           | E                | 0.82     | 79       | 96.34    | 4 x 25 + 16                | 104.14  |
| Triturador        | E                | 0.77     | 124.19   | 161.26   | 4 x 50 + 25                | 151.68  |
| Volteador         | E                | 0.82     | 1.25     | 1.52     | 4 x1.5 + 1.5               | 18.86   |
| Tomas caja 2      | E                | 0.77     | 34       | 44.16    | 4 x 6 + 6                  | 42.66   |
| Filtro aspiración | E                | 0.77     | 20.32    | 26.39    | 4 x 2.5 + 2.5              | 24.49   |
| C.S.Alumbrado     | E                | 0.73     | 6.66     | 9.12     | 4 x 1.5 + 1.5              | 16.79   |
| ARO1              | F                | 0.98     | 0.71     | 0.72     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO2              | F                | 0.98     | 1.06     | 1.08     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO3              | F                | 0.98     | 0.71     | 0.72     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO4              | F                | 0.98     | 1.3      | 1.52     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| ARO5              | F                | 0.98     | 2.37     |          | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| C.S.Oficinas      | E                | 0.73     | 2.89     | 89.64    | 4 x 16 + 16                | 73      |
| AFO1              | F                | 0.98     | 1.32     | 1.35     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO2              | F                | 0.98     | 0.76     | 0.78     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO3              | F                | 0.98     | 1.8      | 1.84     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO4              | F                | 0.98     | 2.17     | 2.21     | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| AFO5              | F                | 0.98     | 0.59     | 0.6      | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| FF01... FF10      | F                | 0.99     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| C.S. RACK         | E                | 0.73     | 17.64    | 24.16    | 2 x 1.5 + 1.5              | 22,63   |
| RACK              | F                | 0.98     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| CCTV1             | F                | 0.98     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |
| CCTV2             | F                | 0.98     | 5.88     | 6        | 2 x 1.5 + 1.5              | 23.52   |

Tabla 15: Resumen dimensionado por criterio térmico de cada línea

## 2. CÁLCULOS CRITERIO CAÍDA DE TENSIÓN

La línea de la línea general de alimentación se ha calculado como sigue:

- Línea general:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{8.27 \cdot 10^3}{1 \cdot 120} = 1.516 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{8.27}{1} = 0.66 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 324.76 \cdot (0.0015 \cdot 0.85 + 0.00066 \cdot 0.52)}{400} = 0.22 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 400 \cdot 0.22\% = 400 \cdot 0.0022 = 0.88 \text{ V}$$

- Tomas cajas 1:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{42.1 \cdot 10^3}{1 \cdot 6} = 154.36 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{42.1}{1} = 3.36 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (0.154 \cdot 0.85 + 0.0036 \cdot 0.52)}{400} = 1.95 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 1.95 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 1.95 + 0.22 = 2.17 \% = 8.68 \text{ V}$$

Por lo que el  $\Delta V$  en las tomas caja 1 es válido.



- Bomba PCI:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{59.4 \cdot 10^3}{1 \cdot 16} = 81.675 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{59.4}{1} = 4.752 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 51.93 \cdot (0.082 \cdot 0.85 + 0.0048 \cdot 0.52)}{400} = 1.62 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 1.62 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 1.62 + 0.22 = 1.84 \% = 7.36 \text{ V}$$

Siendo un porcentaje de caída de tensión válido.

- Puerta 1:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{32.6 \cdot 10^3}{1 \cdot 15} = 478.13 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{32.6}{1} = 2.61 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.25 \cdot (0.48 \cdot 0.85 + 0.0026 \cdot 0.52)}{400} = 0.4 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.4\% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.4 + 0.22 = 0.62 \% = 2.48 \text{ V}$$

- Puerta 2:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{15.9 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 233.2 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{15.9}{1} = 1.4 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.25 \cdot (0.23 \cdot 0.85 + 0.0014 \cdot 0.52)}{400} = 0.2 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.2 \% + \Delta V_{L.G.A} = 0.2 + 0.22 = 0.42 \% = 1.68 \text{ V}$$

- Puerta 3:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{28.2 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 413.6 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{28.2}{1} = 2.256 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.25 \cdot (0.41 \cdot 0.85 + 0.0026 \cdot 0.52)}{400} = 0.34 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.34 \% + \Delta V_{L.G.A} = 0.34 + 0.22 = 0.56 \% = 2.24 \text{ V}$$

- Puerta 4:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{22 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 322.66 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{22}{1} = 1.76 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.25 \cdot (0.32 \cdot 0.85 + 0.0018 \cdot 0.52)}{400} = 0.27 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.27 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.27 + 0.22 = 0.49 \% = 1.96 \text{ V}$$

- Puerta 5:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{35.6 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 522.13 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{35.6}{1} = 2.848 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.25 \cdot (0.52 \cdot 0.85 + 0.0028 \cdot 0.52)}{400} = 0.43 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.2 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.43 + 0.22 = 0.65 \% = 2.6 \text{ V}$$

- Puerta 6:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{54.9 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 805.2 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{32.654.9}{1} = 4.4 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.25 \cdot (0.81 \cdot 0.85 + 0.0044 \cdot 0.52)}{400} = 0.67 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.67 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.67 + 0.22 = 0.89 \% = 3.56 V$$

- C.S.Motores:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{34 \cdot 10^3}{1 \cdot 150} = 4.98 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{34}{1} = 2.72 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 248.6 \cdot (0.0049 \cdot 0.85 + 0.0027 \cdot 0.52)}{400} = 0.6 \%$$

$$\Delta V (V) = 0.6 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.6 + 0.22 = 0.82 \% = 3.28 V$$

- Compresor:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{5 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 73.33 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{5}{1} = 0.4 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 12.43 \cdot (0.073 \cdot 0.85 + 0.0004 \cdot 0.52)}{400} = 3.34 \%$$

$$\Delta V (V) = 3.34 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Motores} = 3.34 + 0.22 + 0.6 = 4.16 \% = 16.64 V$$

- Prensa:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{0.3 \cdot 10^3}{1.25} = 0.264 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{0.3}{1} = 0.024 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 79 \cdot (0.00026 \cdot 0.85)}{400} = 0.0076 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.0076 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Motores} = 0.0076 + 0.22 + 0.6 = 0.83 \% = 3.32 \text{ V}$$

- Triturador:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{17 \cdot 10^3}{1.50} = 7.48 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{17}{1} = 1.36 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 124.19 \cdot (0.0075 \cdot 0.85 + 0.0014 \cdot 0.52)}{400} = 3.82 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 3.82 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Motores} = 3.82 + 0.22 + 0.6 = 4.64 \% = 18.56 \text{ V}$$

- Volteador:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{3 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 44 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{3}{1} = 0.24 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1.25 \cdot (0.044 \cdot 0.85 + 0.00024 \cdot 0.52)}{400} = 0.02 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.02 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Motores} = 0.02 + 0.22 + 0.6 = 0.84\% = 3.36 \text{ V}$$

- Toma cajas 2:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{38.3 \cdot 10^3}{1 \cdot 6} = 140.43 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{38.3}{1} = 3.064 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 34 \cdot (0.145 \cdot 0.85 + 0.0031 \cdot 0.52)}{400} = 1.84 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 1.84\% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Motores} = 1.84 + 0.22 + 0.6 = 2.66 \% = 10.64 \text{ V}$$

- Filtro aspiración:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{8 \cdot 10^3}{1 \cdot 2.5} = 70.4 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{8}{1} = 0.64 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 20.32 \cdot (0.07 \cdot 0.85 + 0.00064 \cdot 0.52)}{400} = 0.53 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.53 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Motores} = 0.53 + 0.22 + 0.6 = 1.35 \% = 5.4 \text{ V}$$

- C.S.Alumbrado:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{0.5 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 7.33 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{0.5}{1} = 0.04 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 6.66 \cdot (0.0073 \cdot 0.85 + 0.00004 \cdot 0.52)}{400} = 0.018 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.018 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.018 + 0.22 = 0.24 \% = 0.96 \text{ V}$$

- ARO1:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{29 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 425.33 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{29}{1} = 2.32 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.71 \cdot (0.43 \cdot 0.85 + 0.0023 \cdot 0.52)}{400} = 1.13 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 1.13 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Alumbrado} = 1.13 + 0.22 + 0.018 = 1.37 \% = 5.48 V$$

- ARO2:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{35.3 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 517.73 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{35.3}{1} = 2.824 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1.06 \cdot (0.52 \cdot 0.85 + 0.0028 \cdot 0.52)}{400} = 2.035\%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 2.035 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Alumbrado} = 2.035 + 0.22 + 0.018 = 2.27 \% = 9.2 V$$

- ARO3:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{44.8 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 657.066 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{44.8}{1} = 3.584 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.71 \cdot (0.66 \cdot 0.85 + 0.0036 \cdot 0.52)}{400} = 0.17\%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.17 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Alumbrado} = 0.17 + 0.22 + 0.018 = 0.408 \% = 1.63 V$$



- ARO4:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{29.5 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 432.67 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{29.5}{1} = 2.36 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1.3 \cdot (0.43 \cdot 0.85 + 0.0024 \cdot 0.52)}{400} = 0.2 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.2 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Alumbrado} = 0.2 + 0.22 + 0.018 = 0.44 \% = 1.76 V$$

- ARO5:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{52.4 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 768.53 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{52.4}{1} = 4.2 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.37 \cdot (0.77 \cdot 0.85 + 0.0042 \cdot 0.52)}{400} = 0.67 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.67 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Alumbrado} = 0.67 + 0.22 + 0.018 = 0.908 \% = 3.63 V$$

- ARO6:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{54.6 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 800.8 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{54.6}{1} = 4.37 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1.58 \cdot (0.8 \cdot 0.85 + 0.0044 \cdot 0.52)}{400} = 0.47 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.47 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Alumbrado} = 0.47 + 0.22 + 0.018 = 0.708 \% = 2.83 \text{ V}$$

- C.S.Oficinas:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{8.76 \cdot 10^3}{1 \cdot 16} = 12.045 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{8.76}{1} = 0.7 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 65.44 \cdot (0.012 \cdot 0.85 + 0.0007 \cdot 0.52)}{400} = 0.29 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.29 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 0.29 + 0.22 = 0.51 \% = 2.04 \text{ V}$$

- AFO1:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{45.7 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 670.27 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{45.7}{1} = 3.66 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1.32 \cdot (0.67 \cdot 0.85 + 0.0037 \cdot 0.52)}{400} = 0.326 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.326 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.326 + 0.22 + 0.29 = 0.836 \% = 3.334 V$$

- AFO2:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{29.9 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 438.53 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{29.9}{1} = 2.39 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.76 \cdot (0.44 \cdot 0.85 + 0.0024 \cdot 0.52)}{400} = 0.12 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.12 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.12 + 0.22 + 0.29 = 0.63 \% = 2.52 V$$

- AFO3:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{38.6 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 566.13 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{38.6}{1} = 3.088 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 1.8 \cdot (0.56 \cdot 0.85 + 0.00309 \cdot 0.52)}{400} = 0.37 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.37 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.37 + 0.22 + 0.29 = 0.88 \% = 3.52 V$$

- AFO4:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{45.2 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 662.93 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{45.2}{1} = 3.62 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 2.17 \cdot (0.66 \cdot 0.85 + 0.0036 \cdot 0.52)}{400} = 0.53 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.53 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.53 + 0.22 + 0.29 = 1.04 \% = 4.16 V$$

- AFO5:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{15 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 220 m\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{15}{1} = 1.2 m\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.59 \cdot (0.22 \cdot 0.85 + 0.0012 \cdot 0.52)}{400} = 0.26 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.26 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.26 + 0.22 + 0.29 = 0.77 \% = 3.08 V$$

- FF01:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{20.2 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 296.27 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{20.2}{1} = 1.616 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.3 \cdot 0.85 + 0.0016 \cdot 0.52)}{400} = 0.65 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.65 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.65 + 0.22 + 0.29 = 1.16 \% = 4.64 \text{ V}$$

- FF02:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{5.2 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 76.27 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{5.2}{1} = 0.416 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.0076 \cdot 0.85 + 0.00042 \cdot 0.52)}{400} = 0.17 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.17 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.17 + 0.22 + 0.29 = 0.68 \% = 2.72 \text{ V}$$

- FF03:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{1.8 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 26.4 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{1.8}{1} = 0.144 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.026 \cdot 0.85 + 0.00014 \cdot 0.52)}{400} = 0.056 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.056 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.056 + 0.22 + 0.29 = 0.57 \% = 2.28 \text{ V}$$

- FF04:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{6.6 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 96.8 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{6.6}{1} = 0.528 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.097 \cdot 0.85 + 0.00053 \cdot 0.52)}{400} = 0.21\%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.21 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.21 + 0.22 + 0.29 = 0.72 \% = 2.88 \text{ V}$$

- FF05:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{14.2 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 208.277 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{14.2}{1} = 1.136 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.21 \cdot 0.85 + 0.00112 \cdot 0.52)}{400} = 0.46 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.46 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.46 + 0.22 + 0.29 = 0.97 \% = 3.88 \text{ V}$$

- FF06:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{8.1 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 118.8 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{8.1}{1} = 0.648 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.12 \cdot 0.85 + 0.00065 \cdot 0.52)}{400} = 0.26 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.26 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.26 + 0.22 + 0.29 = 0.77 \% = 3.08 \text{ V}$$

- FF07:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{28.3 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 415.06 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{28.3}{1} = 2.264 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.42 \cdot 0.85 + 0.0023 \cdot 0.52)}{400} = 0.91 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V \text{ (V)} = 0.91 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.91 + 0.22 + 0.29 = 1.42 \% = 5.68 \text{ V}$$

- FF08:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{28.7 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 420.93 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{28.7}{1} = 2.29 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.42 \cdot 0.85 + 0.0023 \cdot 0.52)}{400} = 0.91 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V \text{ (V)} = 0.916 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.Oficinas} = 0.91 + 0.22 + 0.29 = 1.42 \% = 5.68 \text{ V}$$



- FF09:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{40.5 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 594 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{40.5}{1} = 3.24 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.59 \cdot 0.85 + 0.0032 \cdot 0.52)}{400} = 1.29 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V \text{ (V)} = 1.29 \% + \Delta V_{\text{L.G.A.}} + \Delta V_{\text{C.S.Oficinas}} = 1.29 + 0.22 + 0.29 = 1.8 \% = 7.2 \text{ V}$$

- FF10:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{11.1 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 162.8 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{11.1}{1} = 0.888 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.16 \cdot 0.85 + 0.00089 \cdot 0.52)}{400} = 0.35 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V \text{ (V)} = 0.35 \% + \Delta V_{\text{L.G.A.}} + \Delta V_{\text{C.S.Oficinas}} = 0.35 + 0.22 + 0.29 = 0.86 \% = 3.44 \text{ V}$$

- C.S.RACK:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{17.41 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 255.35 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{17.41}{1} = 1.4 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 17.64 \cdot (0.26 \cdot 0.85 + 0.0014 \cdot 0.52)}{400} = 1.7 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 1.7 \% + \Delta V_{L.G.A.} = 1.7 + 0.22 = 1.92 \% = 7.68 \text{ V}$$

- Rack:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{2.065 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 30.29 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{2.065}{1} = 0.17 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.0303 \cdot 0.85 + 0.00017 \cdot 0.52)}{400} = 0.065 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.065 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.RACK} = 0.065 + 0.22 + 1.7 = 1.98 \% = 7.92 \text{ V}$$

- CCTV1:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{3.611 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 52.96 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{3.611}{1} = 0.29 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.053 \cdot 0.85 + 0.00029 \cdot 0.52)}{400} = 0.12 \%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.12 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.RACK} = 0.12 + 0.22 + 1.7 = 2.04 \% = 8.16 \text{ V}$$

- CCTV2:

La resistencia obtenida es:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{n \cdot S} = 0.022 \cdot \frac{4.78 \cdot 10^3}{1 \cdot 1.5} = 70.106 \text{ m}\Omega$$

Por otro lado, se obtiene una reactancia de:

$$X = X' \cdot \frac{L}{n} = 0.08 \cdot \frac{4.78}{1} = 0.38 \text{ m}\Omega$$

Con estos datos se puede calcular el porcentaje de caída de tensión:

$$\Delta V(\%) = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos(\alpha) + X \cdot \sin(\alpha))}{400} = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 5.88 \cdot (0.0701 \cdot 0.85 + 0.00038 \cdot 0.52)}{400} = 0.15\%$$

Por lo que la caída de tensión en voltios es:

$$\Delta V (V) = 0.15 \% + \Delta V_{L.G.A.} + \Delta V_{C.S.RACK} = 0.15 + 0.22 + 1.7 = 2.07 \% = 8.28 \text{ V}$$

Los resultados obtenidos son:

| Línea         | R (mΩ) | X (mΩ) | CDT % | CDT (V) | CDT total % | CDT total (V) |
|---------------|--------|--------|-------|---------|-------------|---------------|
| Línea general | 1.516  | 0.66   | 0.22  | 0.88    | 0.22        | 0.88          |
| Tomas caja 1  | 154.36 | 3.36   | 1.95  | 7.8     | 2.17        | 8.68          |
| Bomba PCI     | 81.675 | 4.752  | 1.62  | 6.48    | 1.84        | 7.36          |
| Puerta 1      | 478.13 | 2.61   | 0.4   | 1.6     | 0.62        | 2.48          |
| Puerta 2      | 233.2  | 1.4    | 0.2   | 0.8     | 0.42        | 1.68          |
| Puerta 3      | 413.6  | 2.256  | 0.34  | 1.36    | 0.56        | 2.24          |
| Puerta 4      | 322.66 | 1.76   | 0.27  | 1.08    | 0.49        | 1.96          |
| Puerta 5      | 522.13 | 2.848  | 0.43  | 1.72    | 0.65        | 2.6           |
| Puerta 6      | 805.2  | 4.4    | 0.67  | 2.68    | 0.89        | 3.56          |

|              |         |       |        |       |       |       |
|--------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|
| C.S.Motores  | 4.98    | 2.72  | 0.6    | 2.4   | 0.82  | 3.28  |
| Compresor    | 73.33   | 0.4   | 3.34   | 13.36 | 4.16  | 16.64 |
| Prensa       | 0.264   | 0.024 | 0.0076 | 0.03  | 0.83  | 3.32  |
| Triturador   | 7.48    | 1.36  | 3.82   | 15.28 | 4.64  | 18.56 |
| Volteador    | 44      | 0.24  | 0.02   | 0.08  | 0.84  | 3.36  |
| Tomas caja 2 | 140.43  | 3.064 | 1.84   | 7.36  | 2.66  | 10.64 |
| Filtro asp.  | 70.4    | 0.64  | 0.53   | 2.12  | 1.35  | 5.4   |
| C.S.Alumbr.  | 7.33    | 0.04  | 0.018  | 0.072 | 0.24  | 0.96  |
| ARO1         | 425.33  | 2.32  | 1.13   | 4.52  | 1.37  | 5.48  |
| ARO2         | 517.73  | 2.824 | 2.035  | 8.14  | 2.27  | 9.2   |
| ARO3         | 657.066 | 3.584 | 0.17   | 0.68  | 0.408 | 1.63  |
| ARO4         | 432.67  | 2.36  | 0.2    | 0.8   | 0.44  | 1.76  |
| ARO5         | 768.53  | 4.2   | 0.67   | 2.68  | 0.908 | 3.63  |
| ARO6         | 800.8   | 4.37  | 0.47   | 1.88  | 0.708 | 2.83  |
| C.S.Oficinas | 12.045  | 0.7   | 0.29   | 1.16  | 0.51  | 2.04  |
| AFO1         | 670.27  | 3.66  | 0.326  | 1.304 | 0.836 | 3.334 |
| AFO2         | 438.53  | 2.39  | 0.12   | 0.48  | 0.63  | 2.52  |
| AFO3         | 566.13  | 3.088 | 0.37   | 1.48  | 0.88  | 3.52  |
| AFO4         | 622.93  | 3.62  | 0.53   | 2.12  | 1.04  | 4.16  |
| AFO5         | 220     | 1.2   | 0.26   | 1.04  | 0.77  | 3.08  |
| FF01         | 296.27  | 1.616 | 0.65   | 2.6   | 1.16  | 4.64  |
| FF02         | 76.27   | 0.416 | 0.17   | 0.68  | 0.68  | 2.72  |
| FF03         | 26.4    | 0.144 | 0.056  | 0.224 | 0.57  | 2.28  |
| FF04         | 96.8    | 0.528 | 0.21   | 0.84  | 0.72  | 2.88  |
| FF05         | 208.28  | 1.136 | 0.46   | 1.84  | 0.97  | 3.88  |
| FF06         | 118.8   | 0.648 | 0.26   | 1.04  | 0.77  | 3.08  |
| FF07         | 415.06  | 2.264 | 0.91   | 3.64  | 1.42  | 5.68  |
| FF08         | 420.93  | 2.29  | 0.91   | 3.64  | 1.42  | 5.68  |
| FF09         | 594     | 3.24  | 1.29   | 5.16  | 1.8   | 7.2   |
| FF10         | 162.8   | 0.89  | 0.35   | 1.4   | 0.86  | 3.44  |
| C.S.RACK     | 255.35  | 1.4   | 1.7    | 6.8   | 1.92  | 7.68  |
| RACK         | 30.29   | 0.17  | 0.065  | 0.26  | 1.98  | 7.92  |
| CCTV1        | 52.96   | 0.29  | 0.12   | 0.48  | 2.04  | 8.16  |
| CCTV2        | 70.106  | 0.38  | 0.15   | 0.6   | 2.07  | 8.28  |

Tabla 72: Resultados criterio caída de tensión

### 3. CÁLCULOS CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

- Línea general:

$$R_{Acom} = 1.516 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{Acom} + R_T = 1.516 + 6.95 = 8.466 \text{ m}\Omega$$

$$X_{Acom} = 0.66 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{Acom} + X_T = 0.66 + 27.58 = 28.24 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{8.466^2 + 28.24^2} = 29.48 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 29.48} = 7.83 \text{ kA}$$

- Tomas cajas 1:

$$R_{Tomas1} = 154.36 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{Tomas1} + R_T = 154.36 + 6.95 = 161.31 \text{ m}\Omega$$

$$X_{Tomas1} = 3.36 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{Tomas1} + X_T = 3.36 + 27.58 = 30.94 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{161.31^2 + 30.94^2} = 164.25 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 164.25} = 1.406 \text{ Ka}$$

- Bomba PCI:

$$R_{PCI} = 81.675 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{PCI} + R_{Acom} + R_T = 81.675 + 1.516 + 6.95 = 90.14 \text{ m}\Omega$$

$$X_{PCI} = 4.752 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{PCI} + X_{Acom} + X_T = 4.752 + 0.66 + 27.58 = 32.99 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{90.14^2 + 32.99^2} = 95.98 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 95.98} = 2.41 \text{ kA}$$

- Puerta 1:

$$R_{P1} = 478.13 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{P1} + R_{Acom} + R_T = 478.13 + 1.516 + 6.95 = 486.6 \text{ m}\Omega$$

$$X_{P1} = 2.61 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{P1} + X_{Acom} + X_T = 2.61 + 0.66 + 27.58 = 30.85 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{486.6^2 + 30.85^2} = 487.58 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 487.58} = 0.47 \text{ kA}$$

- Puerta2:

$$R_{P2} = 233.2 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{P1} + R_{Acom} + R_T = 233.2 + 1.516 + 6.95 = 241.67 \text{ m}\Omega$$

$$X_{P2} = 1.4 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{P1} + X_{Acom} + X_T = 1.4 + 0.66 + 27.58 = 29.64 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{241.67^2 + 29.64^2} = 243.48 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 243.48} = 0.95 \text{ kA}$$

- Puerta3:

$$R_{P3} = 413.6 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{P3} + R_{Acom} + R_T = 413.6 + 1.516 + 6.95 = 422.1 \text{ m}\Omega$$

$$X_{P3} = 2.26 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{P3} + X_{Acom} + X_T = 2.26 + 0.66 + 27.58 = 30.5 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{422.1^2 + 30.5^2} = 423.2 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 423.2} = 0.55 \text{ kA}$$

- Puerta4:

$$R_{Puerta4} = 322.66 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{Puerta4} + R_{acom} + R_T = 322.66 + 1.516 + 6.95 = 331.13 \text{ m}\Omega$$

$$X_{Puerta4} = 1.76 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{Puerta4} + X_{Acom} + X_T = 1.76 + 0.66 + 27.58 = 30 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{331.13^2 + 30^2} = 332.49 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 332.49} = 0.69 \text{ kA}$$

- Puerta5:

$$R_{Puerta5} = 522.13 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{Puerta5} + R_{acom} + R_T = 522.13 + 1.516 + 6.95 = 530.6 \text{ m}\Omega$$

$$X_{Puerta5} = 2.85 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Puerta5}} + X_{\text{Acom}} X_T = 2.85 + 0.66 + 27.58 = 31.09 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{530.6^2 + 31.09^2} = 531.51 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 531.51} = 0.43 \text{ kA}$$

- Puerta6:

$$R_{\text{Puerta6}} = 805.2 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Puerta6}} + R_{\text{Acom}} R_T = 805.2 + 1.516 + 6.95 = 813.67 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Puerta6}} = 4.4 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Puerta6}} + X_{\text{Acom}} X_T = 4.4 + 0.66 + 27.58 = 32.64 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{813.67^2 + 32.64^2} = 814.32 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 814.32} = 0.28 \text{ kA}$$

- C.S.Motores:

$$R_{\text{Motores}} = 4.98 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Motores}} + R_{\text{Acom}} + R_T = 4.98 + 1.516 + 6.95 = 13.45 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Motores}} = 2.72 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Motores}} + X_{\text{Acom}} X_T = 2.72 + 0.66 + 27.58 = 30.96 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{13.45^2 + 30.96^2} = 33.76 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 33.76} = 6.84 \text{ kA}$$

- Compresor:

$$R_{\text{Compresor}} = 73.33 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Compresor}} + R_{\text{Motores}} + R_{\text{acom}} + R_T = 73.33 + 4.98 + 1.516 + 6.95 = 86.78 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Compresor}} = 0.4 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Compresor}} + X_{\text{Motores}} + X_{\text{Acom}} + X_T = 0.4 + 2.72 + 0.66 + 27.58 = 31.36 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{86.78^2 + 31.36^2} = 92.27 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 92.27} = 2.5 \text{ kA}$$

- Prensa:

$$R_{\text{Prensa}} = 0.264 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Prensa}} + R_{\text{Motores}} + R_{\text{acom}} + R_T = 0.264 + 4.98 + 1.516 + 6.95 = 13.71 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Prensa}} = 0.024 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Prensa}} + X_{\text{Motores}} + X_{\text{acom}} + X_T = 0.024 + 2.72 + 0.66 + 27.58 = 30.98 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{13.71^2 + 30.98^2} = 33.88 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 33.88} = 6.81 \text{ kA}$$

- Triturador:

$$R_{\text{Triturador}} = 7.48 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Triturador}} + R_{\text{Motores}} + R_{\text{acom}} + R_T = 7.48 + 4.98 + 1.516 + 6.95 = 20.93 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Triturador}} = 1.36 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Triturador}} + X_{\text{Motores}} + X_{\text{acom}} + X_T = 1.36 + 2.72 + 0.66 + 27.58 = 32.32 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{20.93^2 + 32.32^2} = 38.505 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 38.05} = 6 \text{ kA}$$

- Volteador:

$$R_{\text{Volteador}} = 44 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Volteador}} + R_{\text{Motores}} + R_{\text{acom}} + R_T = 44 + 4.98 + 1.516 + 6.95 = 57.45 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Volteador}} = 0.24 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Volteador}} + X_{\text{Motores}} + X_{\text{acom}} + X_T = 0.24 + 2.72 + 0.66 + 27.58 = 31.2 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{57.45^2 + 31.2^2} = 65.38 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 65.38} = 3.53 \text{ kA}$$

- Tomas cajas 2:

$$R_{\text{Tomas2}} = 140.43 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Tomas2}} + R_{\text{Motores}} + R_{\text{acom}} + R_T = 140.43 + 4.98 + 1.516 + 6.95 = 153.75 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Tomas2}} = 3.064 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Tomas2}} + X_{\text{Motores}} + X_{\text{acom}} + X_T = 3.064 + 2.72 + 0.66 + 27.58 = 34.024 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{153.75^2 + 34.024^2} = 157.47 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 157.47} = 1.47 \text{ kA}$$



- Filtro aspiración:

$$R_{\text{Filtro}} = 7.04 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Filtro}} + R_{\text{Motores}} + R_{\text{Acom}} + R_T = 7.04 + 4.98 + 1.516 + 6.95 = 20.49 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Filtro}} = 0.64 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Filtro}} + X_{\text{Motores}} + X_{\text{Acom}} + X_T = 0.64 + 2.72 + 0.66 + 27.58 = 31.6 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{20.49^2 + 31.6^2} = 37.66 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 37.66} = 6.13 \text{ kA}$$

- C.S.Alumbrado:

$$R_{\text{Alumbrado}} = 7.33 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{Alumbrado}} + R_{\text{Acom}} + R_T = 7.33 + 1.516 + 6.95 = 15.79 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{Alumbrado}} = 0.04 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{Alumbrado}} + X_{\text{Acom}} + X_T = 0.04 + 0.66 + 27.58 = 28.28 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{15.79^2 + 28.28^2} = 32.39 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 32.39} = 7.13 \text{ kA}$$

- ARO1:

$$R_{\text{ARO1}} = 425.33 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{ARO1}} + R_{\text{Alumbrado}} + R_{\text{Acom}} + R_T = 425.33 + 7.33 + 1.516 + 6.95 = 441.126 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{ARO1}} = 2.32 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{ARO1}} + X_{\text{Alumbrado}} + X_{\text{Acom}} + X_T = 2.32 + 0.04 + 0.66 + 27.58 = 30.6 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{441.126^2 + 30.6^2} = 442.19 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 442.19} = 0.52 \text{ kA}$$

- ARO2:

$$R_{\text{ARO2}} = 517.73 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{\text{ARO2}} + R_{\text{Alumbrado}} + R_{\text{Acom}} + R_T = 517.73 + 7.33 + 1.516 + 6.95 = 533.53 \text{ m}\Omega$$

$$X_{\text{ARO2}} = 2.82 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{\text{ARO2}} + X_{\text{Alumbrado}} + X_{\text{Acom}} + X_T = 2.82 + 0.04 + 0.66 + 27.58 = 31.1 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{533.53^2 + 31.1^2} = 534.44 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 534.44} = 0.43 \text{ kA}$$

- ARO3:

$$R_{ARO3} = 657.066 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{ARO3} + R_{Alumbrado} + R_{acom} + R_T = 657.066 + 7.33 + 1.516 + 6.95 = 672.86 \text{ m}\Omega$$

$$X_{ARO3} = 3.58 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{ARO3} + X_{Alumbrado} + X_{Acom} + X_T = 3.58 + 0.04 + 0.66 + 27.58 = 31.86 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{672.86^2 + 31.86^2} = 673.61 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 673.61} = 0.34 \text{ kA}$$

- ARO4:

$$R_{ARO4} = 432.67 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{ARO4} + R_{Alumbrado} + R_{acom} + R_T = 432.67 + 7.33 + 1.516 + 6.95 = 448.47 \text{ m}\Omega$$

$$X_{ARO4} = 2.36 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{ARO4} + X_{Alumbrado} + X_{Acom} + X_T = 2.36 + 0.04 + 0.66 + 27.58 = 30.64 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{448.47^2 + 30.64^2} = 449.52 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 449.52} = 0.51 \text{ kA}$$

- ARO5:

$$R_{ARO5} = 768.53 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{ARO5} + R_{Alumbrado} + R_{acom} + R_T = 768.53 + 7.33 + 1.516 + 6.95 = 784.33 \text{ m}\Omega$$

$$X_{ARO5} = 4.2 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{ARO5} + X_{Alumbrado} + X_{Acom} + X_T = 4.2 + 0.04 + 0.66 + 27.58 = 32.48 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{784.33^2 + 32.48^2} = 785 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 785} = 0.3 \text{ kA}$$

- ARO6:

$$R_{ARO6} = 800.8 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{ARO6} + R_{Alumbrado} + R_{acom} + R_T = 800.8 + 7.33 + 1.516 + 6.95 = 816.6 \text{ m}\Omega$$

$$X_{ARO6} = 4.37 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{AR06} + X_{Alumbrado} + X_{Acom} + X_T = 4.37 + 0.04 + 0.66 + 27.58 = 32.65 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{816.6^2 + 32.65^2} = 817.25 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 817.25} = 0.28 \text{ kA}$$

- C.S.Oficinas:

$$R_{Oficinas} = 12.045 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 12.045 + 1.516 + 6.95 = 20.511 \text{ m}\Omega$$

$$X_{Oficinas} = 0.7 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.7 + 0.66 + 27.58 = 28.94 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{20.511^2 + 28.94^2} = 35.47 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 35.47} = 6.51 \text{ kA}$$

- AFO1:

$$R_{AFO1} = 670.27 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{AFO1} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 670.27 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 690.78 \text{ m}\Omega$$

$$X_{AFO1} = 3.66 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{AFO1} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 3.66 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 32.6 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{690.78^2 + 32.6^2} = 691.55 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 691.55} = 0.33 \text{ kA}$$

- AFO2:

$$R_{AFO2} = 438.53 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{AFO2} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 438.53 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 459.041 \text{ m}\Omega$$

$$X_{AFO2} = 2.39 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{AFO2} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 2.39 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 31.33 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{459.041^2 + 31.33^2} = 460.1 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 460.1} = 0.5 \text{ kA}$$

- AF03:

$$R_{AF03} = 566.13 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{AF03} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 566.13 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 586.64 \text{ m}\Omega$$

$$X_{AF03} = 3.088 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{AF03} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 3.088 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 32.028 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{586.64^2 + 32.028^2} = 587.51 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 587.51} = 0.39 \text{ kA}$$

- AF04:

$$R_{AF04} = 662.93 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{AF04} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 662.93 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 683.44 \text{ m}\Omega$$

$$X_{AF04} = 3.62 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{AF04} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 3.62 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 32.56 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{683.44^2 + 32.56^2} = 684.22 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 684.22} = 0.34 \text{ kA}$$

- AF05:

$$R_{AF05} = 220 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{AF05} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 220 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 240.51 \text{ m}\Omega$$

$$X_{AF05} = 1.2 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{AF05} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 1.2 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 30.14 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{240.51^2 + 30.14^2} = 242.39 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 242.39} = 0.95 \text{ Ka}$$

- FF01:

$$R_{FF01} = 296.27 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF01} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 296.27 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 316.78 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF01} = 1.616 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF01} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 1.616 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 30.56 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{316.78^2 + 30.56^2} = 318.25 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 318.25} = 0.73 \text{ Ka}$$

- FFO2:

$$R_{FF02} = 76.27 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF02} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 76.27 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 96.78 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF02} = 0.42 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF02} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.42 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 29.36 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{96.78^2 + 29.36^2} = 101.14 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 101.14} = 2.28 \text{ kA}$$

- FFO3:

$$R_{FF03} = 26.4 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF03} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 26.4 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 46.55 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF03} = 0.144 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF03} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.144 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 29.084 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{46.55^2 + 29.084^2} = 54.043 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 54.043} = 4.27 \text{ kA}$$

- FFO4:

$$R_{FF04} = 96.8 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF04} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 96.8 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 117.31 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF04} = 0.528 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF04} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.528 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 29.47 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{117.31^2 + 29.47^2} = 120.96 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 120.96} = 1.91 \text{ kA}$$

- FFO5:

$$R_{FF05} = 208.77 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF05} + R_{Oficinas} + R_{Acom} + R_T = 208.77 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 229.28 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF05} = 1.136 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF05} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 1.136 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 30.076 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{229.28^2 + 30.076^2} = 231.24 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 231.24} = 0.99 \text{ kA}$$

- FF06:

$$R_{FF06} = 118.8 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF06} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 118.8 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 139.3 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF06} = 0.648 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF06} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.648 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 29.59 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{139.3^2 + 29.59^2} = 195.6 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 195.6} = 1.18 \text{ kA}$$

- FF07:

$$R_{FF04} = 415.06 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF07} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 415.06 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 117.31 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF04} = 0.528 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF04} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.528 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 29.47 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{117.31^2 + 29.47^2} = 435.57 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 435.57} = 0.53 \text{ kA}$$

- FF08:

$$R_{FF08} = 420.93 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF08} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 420.93 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 441.44 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF08} = 2.29 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF08} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 2.29 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 31.23 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{441.44^2 + 31.23^2} = 442.54 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 442.54} = 0.52 \text{ kA}$$

- FF09:

$$R_{FF04} = 594 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF09} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 594 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 614.51 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF09} = 3.24 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF09} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 3.24 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 32.18 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{614.51^2 + 32.18^2} = 615.35 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 615.35} = 0.38 \text{ kA}$$

- FF10:

$$R_{FF10} = 162.8 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{FF10} + R_{Oficinas} + R_{acom} + R_T = 162.8 + 12.045 + 1.516 + 6.95 = 183.3 \text{ m}\Omega$$

$$X_{FF10} = 0.89 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{FF10} + X_{Oficinas} + X_{Acom} + X_T = 0.89 + 0.7 + 0.66 + 27.58 = 29.83 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{183.3^2 + 29.83^2} = 185.71 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 185.71} = 1.24 \text{ kA}$$

- C.S.RACK:

$$R_{C.S.RACK} = 255.35 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{C.S.RACK} + R_{acom} + R_T = 255.35 + 1.516 + 6.95 = 263.82 \text{ m}\Omega$$

$$X_{C.S.RACK} = 1.4 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{C.S.RACK} + X_{Acom} + X_T = 1.4 + 0.66 + 27.58 = 29.64 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{263.82^2 + 29.64^2} = 265.48 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 265.48} = 0.87 \text{ kA}$$

- RACK:

$$R_{RACK} = 30.29 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{RACK} + R_{C.S.RACK} + R_{acom} + R_T = 30.29 + 255.35 + 1.516 + 6.95 = 294.1 \text{ m}\Omega$$

$$X_{C.S.RACK} = 0.17 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{RACK} + X_{C.S.RACK} + X_{Acom} + X_T = 0.17 + 1.4 + 0.66 + 27.58 = 29.81 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{294.1^2 + 29.81^2} = 295.61 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 295.61} = 0.78 \text{ kA}$$

- CCTV1:

$$R_{CCTV1} = 52.96 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{CCTV1} + R_{C.S.RACK} + R_{acom} + R_T = 52.96 + 255.35 + 1.516 + 6.95 = 316.75 \text{ m}\Omega$$

$$X_{CCTV1} = 0.29 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{CCTV1} + X_{C.S.RACK} + X_{acom} + X_T = 0.29 + 1.4 + 0.66 + 27.58 = 30.54 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{316.75^2 + 30.54^2} = 318.22 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 318.221} = 0.73 \text{ kA}$$

- CCTV2:

$$R_{CCTV2} = 70.106 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma R = R_{CCTV2} + R_{C.S.RACK} + R_{acom} + R_T = 70.106 + 255.35 + 1.516 + 6.95 = 333.92 \text{ m}\Omega$$

$$X_{CCTV2} = 0.38 \text{ m}\Omega$$

$$\Sigma X = X_{CCTV2} + X_{C.S.RACK} + X_{acom} + X_T = 0.38 + 1.4 + 0.66 + 27.58 = 30.02 \text{ m}\Omega$$

$$Z = \sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2} = \sqrt{333.92^2 + 30.02^2} = 335.27 \text{ m}\Omega$$

$$I_K = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 335.27} = 0.69 \text{ kA}$$

Resumen:

| Línea         | R (mΩ) | X (mΩ) | ΣR (mΩ) | ΣX (mΩ) | Z (mΩ) | Ik (kA) |
|---------------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|
| Trafo         | 6.95   | 27.58  | 6.95    | 27.58   | 28.44  | 8.12    |
| Línea general | 1.516  | 0.66   | 8.466   | 28.24   | 29.48  | 7.83    |
| Tomas caja 1  | 154.36 | 3.36   | 161.31  | 30.94   | 164.25 | 1.406   |
| Bomba PCI     | 81.675 | 4.752  | 90.14   | 32.99   | 95.98  | 2.41    |
| Puerta 1      | 478.13 | 2.61   | 486.6   | 30.85   | 487.58 | 0.47    |
| Puerta 2      | 233.2  | 1.4    | 241.67  | 29.64   | 243.48 | 0.95    |
| Puerta 3      | 413.6  | 2.26   | 422.1   | 30.5    | 423.2  | 0.55    |
| Puerta 4      | 322.66 | 1.76   | 331.13  | 30      | 322.49 | 0.69    |
| Puerta 5      | 522.13 | 2.85   | 530.6   | 31.09   | 531.51 | 0.43    |
| Puerta 6      | 805.2  | 4.4    | 813.67  | 32.64   | 814.32 | 0.28    |
| C.S.Motroes   | 4.98   | 2.72   | 13.45   | 30.96   | 33.76  | 6.84    |
| Compresor     | 73.33  | 0.4    | 86.78   | 31.36   | 92.27  | 2.5     |
| Prensa        | 0.264  | 0.024  | 13.71   | 30.98   | 33.88  | 6.81    |
| Triturador    | 7.48   | 1.36   | 20.93   | 32.32   | 38.505 | 6       |
| Volteador     | 44     | 0.24   | 57.45   | 31.2    | 65.38  | 3.53    |
| Tomas caja 2  | 140.43 | 3.064  | 153.75  | 34.024  | 157.47 | 1.47    |
| Filtro asp.   | 7.04   | 0.64   | 20.49   | 31.6    | 37.66  | 6.13    |
| C.S.Alumbr.   | 7.33   | 0.04   | 15.79   | 28.28   | 32.39  | 7.13    |
| ARO1          | 425.33 | 2.32   | 441.126 | 30.6    | 442.19 | 0.52    |



|              |         |       |         |        |        |      |
|--------------|---------|-------|---------|--------|--------|------|
| ARO2         | 517.73  | 2.82  | 533.53  | 31.1   | 534.44 | 0.43 |
| ARO3         | 657.066 | 3.58  | 672.86  | 31.86  | 673.61 | 0.34 |
| ARO4         | 432.67  | 2.36  | 448.47  | 30.64  | 449.52 | 0.51 |
| ARO5         | 768.53  | 4.2   | 784.33  | 32.48  | 785    | 0.3  |
| ARO6         | 800.8   | 4.37  | 816.6   | 32.65  | 817.25 | 0.28 |
| C.S.Oficinas | 12.045  | 0.7   | 20.511  | 28.94  | 35.47  | 6.51 |
| AF01         | 670.27  | 3.66  | 690.78  | 32.6   | 691.55 | 0.33 |
| AF02         | 38.53   | 2.39  | 459.041 | 31.33  | 460.1  | 0.5  |
| AF03         | 566.13  | 3.088 | 586.64  | 32.028 | 587.51 | 0.39 |
| AF04         | 662.93  | 3.62  | 683.44  | 32.56  | 684.22 | 0.34 |
| AF05         | 220     | 1.2   | 240.51  | 30.14  | 242.39 | 0.95 |
| FF01         | 296.27  | 1.616 | 316.78  | 30.56  | 318.25 | 0.73 |
| FF02         | 76.27   | 0.42  | 96.78   | 29.36  | 101.14 | 2.28 |
| FF03         | 26.4    | 0.144 | 46.55   | 29.084 | 54.043 | 4.27 |
| FF04         | 96.8    | 0.528 | 117.31  | 29.47  | 120.96 | 1.91 |
| FF05         | 208.77  | 1.136 | 229.28  | 30.076 | 231.24 | 0.99 |
| FF06         | 118.8   | 0.648 | 139.3   | 29.59  | 195.6  | 1.18 |
| FF07         | 415.06  | 0.528 | 117.31  | 29.47  | 435.57 | 0.53 |
| FF08         | 420.93  | 2.29  | 441.44  | 31.23  | 442.54 | 0.52 |
| FF09         | 594     | 3.24  | 614.51  | 32.18  | 615.35 | 0.38 |
| FF10         | 162.8   | 0.89  | 183.3   | 29.83  | 185.71 | 1.24 |
| C.S.RACK     | 255.35  | 1.4   | 263.82  | 29.64  | 265.48 | 0.87 |
| RACK         | 30.29   | 0.17  | 294.1   | 29.81  | 295.61 | 0.78 |
| CCTV1        | 52.96   | 0.29  | 316.75  | 30.54  | 318.22 | 0.73 |
| CCTV2        | 70.106  | 0.38  | 333.92  | 30.02  | 335.27 | 0.69 |

Tabla 73: Resumen de las corrientes de cortocircuito

#### 4. CÁLCULOS FRENTE CORRIENTES DE SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITOS

- Línea general:

$$I_B = 324.76 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 8.120 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.333 = 7.83 \cdot 0.333 = 2.61 \text{ kA}$$

Se debe proteger contra sobrecargas, por lo que se tiene que cumplir que:

La intensidad del interruptor automático debe ser superior a la intensidad  $I_B$  del receptor, por lo que se ha elegido el interruptor automático Compact NSX400:

$$I_N = 400 \text{ A}$$

$$\text{Poder de corte} = 50 \text{ kA}$$

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 8.120 < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 50 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 2.61 \text{ kA} > 5 \cdot 400 = 2 \text{ kA}$$

- Tomas caja 1:

$$I_B = 34 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.5 = 1.406 \cdot 0.5 = 0.703 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático magnetotérmico Compact NSXm 40A 4P con:

$$I_N = 40 \text{ A}$$

$$\text{Poder de corte} = 16 \text{ kA}$$

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.703 \text{ kA} > 5 \cdot 63 = 0.315 \text{ kA}$$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [480...720] A

- Bomba PCI:

$$I_B = 51.93 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.866 = 2.41 \cdot 0.866 = 2.08 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSXm 63A 3P:

$$I_N = 63 \text{ A}$$

$$\text{Poder de corte} = 16 \text{ kA}$$

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva D)} \rightarrow 2.08 \text{ kA} > \text{INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [640...960] A}$$

- Puerta 1 = Puerta 2 = Puerta 3 = Puerta 4 = Puerta 5 = Puerta 6:

$$I_B = 2.25 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN}, \text{ se ha elegida la de Puerta 2 al ser la mayor} = I_k \cdot 0.866 = 0.95 \cdot 0.866 = 0.82 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSXm 16A 3P con:

$$I_N = 16 \text{ A}$$

Poder de corte = 16 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.82 \text{ kA} > \text{INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [400...600] A}$$

- C.S.Motores:

$$I_B = 248.61 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.333 = 6.84 \cdot 0.333 = 2.28 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSX250H - TMD - 250 A - 4 polos 3R con:

$$I_N = 250 \text{ A}$$

Poder de corte = 70 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 70 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 2.28 \text{ kA} > 5 \cdot 250 = 1.25 \text{ kA}$$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [5 · I<sub>N</sub>] A

- Compresor:

$$I_B = 12.43 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.866 = 2.5 \cdot 0.866 = 2.16 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Compact NSXm 16A 3P con:

$$I_N = 16 \text{ A}$$

Poder de corte = 16 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva D)} \rightarrow 2.16 \text{ kA} > \text{INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [400...600] A}$$

- Prensa:

$$I_B = 79 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.866 = 6.81 \cdot 0.866 = 5.89 \text{ kA}$$

Se ha elegido el NSX100F TM100D 3P2R con:

$$I_N = 100 \text{ A}$$

$$\text{Poder de corte} = 36 \text{ kA}$$

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 36 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva D)} \rightarrow 5.89 \text{ kA} > 10 \cdot 100 = 1 \text{ kA}$$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [400...600] A

- Triturador:

$$I_B = 124.19 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.866 = 6 \cdot 0.866 = 5.19 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSX160F - MA - 150 A - 3 polos 3R con:

$$I_N = 150 \text{ A}$$

$$\text{Poder de corte} = 36 \text{ kA}$$

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 36 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva D)} \rightarrow 5.19 \text{ kA} > 10 \cdot 150 = 1.5 \text{ kA}$$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [400...600] A

- Volteador:

$$I_B = 1.25 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.866 = 3.53 \cdot 0.866 = 3.057 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor el Compact NSXm 16A 3P con:

$$I_N = 16 \text{ A}$$

$$\text{Poder de corte} = 16 \text{ kA}$$

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva D)} \rightarrow 3.057 \text{ kA} > 10 \cdot 16 = 1.6 \text{ kA}$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [400...600] A

- Tomas caja 2:

$I_B = 34 \text{ A}$

$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.5 = 1.47 \cdot 0.5 = 0.74 \text{ kA}$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSXm 40A 4P con:

$I_N = 40 \text{ A}$

Poder de corte = 16 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.74 \text{ kA} > 5 \cdot 40 = 0.2 \text{ kA}$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [480...720] A

- Filtro aspiración:

$I_B = 20.32 \text{ A}$

$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.866 = 6.13 \cdot 0.866 = 5.31 \text{ kA}$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSXm 25A 3P con:

$I_N = 25 \text{ A}$

Poder de corte = 16 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva D)} \rightarrow 5.31 \text{ kA} > 10 \cdot 25 = 0.25 \text{ kA}$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [480...720] A

- C.S.Alumbrado:

$I_B = 6.66 \text{ A}$

$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.5 = 7.13 \cdot 0.5 = 3.57 \text{ kA}$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSXm 10A 4P con:

$$I_N = 10 \text{ A}$$

Poder de corte = 16 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 3.57 \text{ kA} > \text{INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [800...1200] A}$$

- ARO1 = ARO2 = ARO3

Se elige el mismo tipo de magnetotérmico para cada uno de los 3, ya que son bipolares y los rangos de intensidades son muy parecidos y sirve el mismo modelo de magnetotérmico:

$$I_B \text{ mayor es la de ARO2} = 1.06 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 7.13 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} \text{ se toma la de ARO1} = I_k \cdot 0.5 = 0.52 \cdot 0.5 = 0.26 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático magnetotérmico iC60N - 2P - 10A - curva C con:

$$I_N = 10 \text{ A}$$

Poder de corte = 25 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.13 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 25 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.26 \text{ kA} > 5 \cdot 10 = 0.05 \text{ kA}$$

- ARO4 = ARO5 = ARO6

Se elige el mismo tipo de magnetotérmico para cada uno de los 3, ya que son tetrapolares y los rangos de intensidades son muy parecidos y sirve el mismo modelo de magnetotérmico:

$$I_B \text{ mayor es la de ARO5} = 2.37 \text{ A}$$

$$I_{CCMAX} = 7.13 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} \text{ se toma la de ARO4} = I_k \cdot 0.5 = 0.58 \cdot 0.5 = 0.29 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático magnetotérmico iC60N - 4P - 10A con:

$$I_N = 10 \text{ A}$$

Poder de corte = 25 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$I_{CCMAX} = 7.13 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 25 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.29 \text{ kA} > 5 \cdot 4 = 0.02 \text{ kA}$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [Curva C] A

- C.S.Oficinas:

$I_B = 65.44 \text{ A}$

$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.5 = 6.51 \cdot 0.5 = 3.26 \text{ kA}$

Se ha elegido el Interruptor automático Compact NSXm 80A 4P con:

$I_N = 80 \text{ A}$

Poder de corte = 16 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 16 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 3.26 \text{ kA} > 5 \cdot 80 = 0.4 \text{ kA}$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [800...1200] A

- AFO1... AFO5 y FF01... FF10:

Se elige el mismo modelo de magnetotérmico para cada línea ya que son todas las líneas bipolares y sus rangos de intensidades son muy parecidos, con lo que todos funcionan correctamente con el mismo tipo de magnetotérmico:

$I_B$ , se ha tomado la mayor que son las de FF = 5.88 A

$I_{CCMAX} = 6.51 \text{ kA}$

$I_{CCMIN}$ , siendo la más elevada la de FF03 =  $I_k \cdot 0.5 = 4.27 \cdot 0.5 = 2.135 \text{ kA}$

Se ha elegido el Interruptor automático magnetotérmico iC60N - 2P – 10A con:

$I_N = 10 \text{ A}$

Poder de corte = 10kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$I_{CCMAX} = 6.51 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 10 \text{ kA}$

$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 2.135 \text{ kA} > 5 \cdot 6 = 0.03 \text{ kA}$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [Curva C] A

- C.S.RACK:

$I_B = 17.64 \text{ A}$

$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA}$

$$I_{CCMIN} = I_k \cdot 0.5 = 0.87 \cdot 0.5 = 0.435 \text{ kA}$$

Interruptor automático magnetotérmico iC60N - 4P - 40A con:

$$I_N = 40 \text{ A}$$

Poder de corte = 10 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 7.83 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 10 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.435 \text{ kA} > 5 \cdot 40 = 0.2 \text{ kA}$$

INTENSIDAD MAGNETICA DE DISPARO [Curva C] A

- RACK = CCTV1 = CCTV2:

$I_B = 5.88 \text{ A}$ , siendo igual la intensidad para los 3 receptores

$$I_{CCMAX} = 0.87 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN}, \text{ siendo la de RACK la mayor} = I_k \cdot 0.5 = 0.78 \cdot 0.5 = 0.39 \text{ kA}$$

Se ha elegido el Interruptor automático magnetotérmico iC60N - 2P - 10A con:

$$I_N = 10 \text{ A}$$

Poder de corte = 10 kA

Se debe cumplir la protección contra cortocircuitos:

$$I_{CCMAX} = 6.84 \text{ kA} < \text{Poder de corte del interruptor automático} = 10 \text{ kA}$$

$$I_{CCMIN} > I_a \text{ (curva C)} \rightarrow 0.39 \text{ kA} > 5 \cdot 10 = 0.05 \text{ kA}$$

| Línea         | Icc max | Icc min | Interruptor              |
|---------------|---------|---------|--------------------------|
| Línea general | 8.120   | 2.61    | Compact NSX400           |
| Tomas caja 1  | 7.83    | 0.703   | Compact NSXm 40 A 4P     |
| Bomba PCI     | 7.83    | 2.08    | Compact NSXm 63 A 3P     |
| Puerta 1      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 2      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 3      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 4      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 5      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Puerta 6      | 7.83    | 0.82    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| C.S.Motroes   | 7.83    | 2.28    | Compact NSX250H 250 A 4P |
| Compresor     | 6.84    | 2.16    | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Prensa        | 6.84    | 5.89    | NSX100F TM100D 3P        |
| Triturador    | 6.84    | 5.19    | NSX160F MA 150 A 3P      |
| Volteador     | 6.84    | 3.057   | Compact NSXm 16 A 3P     |
| Tomas caja 2  | 6.84    | 0.74    | Compact NSXm 40 A 4P     |
| Filtro asp.   | 6.84    | 5.31    | Compact NSXm 25 A 3P     |



|              |      |       |                      |
|--------------|------|-------|----------------------|
| C.S.Alumbr.  | 7.83 | 3.57  | Compact NSXm 10 A 4P |
| ARO1         | 7.13 | 0.26  | iC60N 2P 10 A        |
| ARO2         | 7.13 | 0.26  | iC60N 2P 10 A        |
| ARO3         | 7.13 | 0.26  | iC60N 2P 10 A        |
| ARO4         | 7.13 | 0.29  | iC60N 4P 10 A        |
| ARO5         | 7.13 | 0.29  | iC60N 4P 10 A        |
| ARO6         | 7.13 | 0.29  | iC60N 4P 10 A        |
| C.S.Oficinas | 7.83 | 3.26  | Compact NSXm 80 A 4P |
| AF01         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| AF02         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| AF03         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| AF04         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| AF05         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF01         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF02         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF03         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF04         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF05         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF06         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF07         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF08         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF09         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| FF10         | 6.51 | 2.135 | iC60N 2P 10 A        |
| C.S.RACK     | 7.83 | 0.435 | iC60N 4P 40 A        |
| RACK         | 0.87 | 0,39  | iC60N 2P 10 A        |
| CCTV1        | 0.87 | 0,40  | iC60N 2P 10 A        |
| CCTV2        | 0.87 | 0,41  | iC60N 2P 10 A        |

Tabla 74: Resumen de los interruptores magnetotérmicos utilizados

## 5. CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA

### 5.1. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DEL CT, RT

El electrodo del centro de transformación es un anillo enterrado a 0.5 m de longitud al cual se le conectan las 8 picas para mejorar el resultado de la resistencia de puesta a tierra, tal y como se describe en el apartado 6.4.

Los valores de la resistencia de puesta a tierra se obtienen multiplicando  $K_r$ , coeficiente de puesta a tierra, por la resistencia del emplazamiento  $p$  de la nave.

Teniendo en cuenta las dimensiones del anillo enterrado ( 3x4 m) y que posee 8 picas de 2 m de longitud cada una, se obtiene  $K_r$  a partir del anexo 1 de la MT 2.11.33 (13-09), obteniendo un  $K_r$  de  $0.088 \frac{\Omega}{\Omega m}$

Con estos datos la  $R_T$  del transformador queda:

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0.088 \cdot 150 = 13.2 \Omega$$

El valor obtenido es inferior a 50  $\Omega$ , siendo este el máximo establecido para la resistencia a tierra sin considerar apantallamientos de los cables, tabla 4 de la MT 2.11.33 (13-09).

Para obtener el valor de la reactancia equivalente de Thevenin  $X_{LTH}$ , necesaria para el posterior cálculo de la intensidad de defecto a tierra, se tiene en cuenta la tabla 5 que marca 25.4  $\Omega$  para una tensión de red de 20 Kv.

Con este último dato se puede realizar el cálculo de la Intensidad de defecto o de falta  $I_F$ , en caso de no considerar conexiones de pantalla:

$$I_F = \frac{1.1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_{LTH}^2}} = \frac{1.1 \cdot 20000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{13.2^2 + 25.4^2}} = 443.72 \text{ A}$$

La tensión de contacto en las masas que se genera es de:

$$V_{FT} = R_T \cdot I_F = 13.2 \cdot 443.72 = 5857.104 \text{ V}$$

Para averiguar el tiempo de actuación de las protecciones se consulta la Tabla 6 “Característica de actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra”

| Característica de actuación de las protecciones | $U_n$ (kV)           |
|---|----------------------|
| $I'_{\gamma F} \cdot t = 400$                   | $\leq 20 \text{ kV}$ |
| $I'_{\gamma Fp} \cdot t = 400$                  |                      |
| $I'_{\gamma F} \cdot t = 2200$                  | 30 kV                |
| $I'_{\gamma Fp} \cdot t = 2200$                 |                      |

Tabla 75: Actuación de protecciones en un defecto a tierra

Sabiendo que  $I_F = 443.72$  y que  $I_F \cdot t = 400$  se puede averiguar  $t$  mediante una ecuación:

$$443.72 \cdot t = 400$$

$$t = \frac{400}{443.72} = 0.9 \text{ s}$$

Y en la tabla se puede obtener la tensión admisible a partir del tiempo de actuación:

| Duración de la corriente de falta, $t_f$ (s) | Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{ca}$ (V) |
|--|--|
| 0.05   | 735  |
| 0.10   | 633  |
| 0.20   | 528  |
| 0.30   | 420  |
| 0.40   | 310  |
| 0.50   | 204  |
| 0.60   | 185  |
| 0.70   | 165  |
| 0.80   | 146  |
| 0.9  | 126  |
| 1.00   | 107  |
| 2.00   | 90   |
| 5.00   | 81   |
| 10.00  | 80   |
| > 10.00                                      | 50   |

Tabla 76: Relación tensiones admisibles y tiempo de actuación

Siendo para  $t = 0.9$  una  $V_{ca}$  de 126 V.

En el MIE-RAT 13 se establecen del siguiente modo las máximas tensiones de contacto,  $U_c$  y de paso,  $U_p$ :

$$U_c = U_{CA} \cdot \left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B}\right) = 126 \cdot \left(1 + \frac{2000 + 3 \cdot 150}{2 \cdot 1000}\right) = 280.35 \text{ V}$$

$$U_p = U_{PA} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B}\right) = 1260 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 2 \cdot 3 \cdot 150}{1000}\right) = 7434 \text{ V}$$

Donde:

- $R_{a1}$  = resistencia de suela de zapato aislante, considerada como 2000  $\Omega$ .
- $R_{a2}$  = resistencia a tierra del punto de apoyo al pie = 3  $\cdot$   $\rho$
- $Z_B$  = resistencia del cuerpo humano, considerando un valor de 1000  $\Omega$ .
- $U_{PA} = 10 \cdot U_{CA}$

## 5.2. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS DE BAJA TENSIÓN, RA

La resistencia de tierra de las masas de baja tensión se ha calculado a partir de las especificaciones estipuladas en la ITC-BT-18, siendo para un conductor enterrado horizontalmente:

$$R_a = \frac{2\rho}{L}$$

Siendo  $\rho$  y  $L$  la resistividad del terreno y el perímetro de la zanja metálica de la nave. Para obtener la resistividad del terreno se ha recurrido también a la tabla de valores orientativos incluida en la misma instrucción técnica, siendo la siguiente:

Terreno de arcillas compactas  $\rightarrow$  Resistividad = 150  $\Omega \cdot m$

Con ello se obtiene que:

$$R_a = \frac{2 \cdot 150}{173} = 1.73 \Omega$$

Con lo que la resistencia del anillo cerrado enterrado en la nave es de 1.73  $\Omega$ .

### 5.3. PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DE LA INSTALACIÓN, RB

Para obtener la resistencia del neutro del transformador se ha hecho uso de una pica vertical con una longitud de 6 metros. El objetivo es obtener una puesta a tierra del neutro que sea fácil de instalar y de mantener.

$$R_B = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{6} = 25 \Omega$$

Cabe destacar que la longitud de la pica se ha elegido entre las existentes normalizadas.

### 5.4. DISTANCIA ENTRE MASAS DEL CT Y DE LA INSTALACIÓN

Siguiendo lo establecido en la ITC-BT-18, para terrenos con resistividad superior a 100  $\Omega\text{m}$  se tiene la siguiente expresión con la que se calcula la distancia mínima entre  $R_T$  y  $R_A$ :

$$D = \frac{\rho I_F}{2\pi U} = \frac{150 \cdot 443.72}{2\pi \cdot 1200} = 8.82 \text{ m}$$

Siendo:

- D= Distancia entre electrodos.
- $\rho$ = Resistividad del terreno.
- $I_f$ = Intensidad de defecto a tierra
- U= 1200 V en sistemas TT.

## DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

Mediante el pliego de condiciones se establecerán las condiciones y garantías que debe cumplir la instalación eléctrica en baja tensión.

A continuación, se describirán la calidad de los materiales, normas, pruebas y condiciones de uso que se exigen para este proyecto.

### 1. Calidad de materiales

#### 1.1. CONDUCTORES

Los conductores utilizados en la instalación son de cobre con cable tipo RZ1 -K(AS) libre de alógenos, con baja emisión de humos y no propagador del incendio, todo conforme las indicaciones UNE 21.123. Presentan 0.6/1 kV de tensión nominal de aislamiento. La sección mínima es de 1.5 mm<sup>2</sup> y corresponde mayoritariamente a los conductores de luminarias.

En cuanto a los conductores de protección, estos también serán de 0.6/1 kV y su material conductor es el cobre en todos. Siendo su sección mínima la fijada en la ITC-BT-18.

La conexión y enlaces entre distintos tramos del conductor se realizará en todo caso mediante elementos que garanticen un contacto efectivo y que protejan frente a la corrosión, siendo las fichas de empalme un ejemplo.

La sección mínima está estipulada por la ITC-BT-19, donde quedan reguladas las secciones para los conductores.

Para la identificación de dichos conductores se seguirá la norma UNE 21.089, siendo:

- Fácil identificación de los conductores, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Dicha identificación se realizará mediante código de colores.
- Color verde-amarillo para el conductor de protección.
- Color azul claro para el conductor neutro.
- Color marrón, negro y gris para las 3 fases: R, S y T.

Los conductores estarán ubicados en tubos protectores o canales que irán enterrados, fijados en las paredes, en huecos, en el interior de bandeja.

Por lo que hace a los tubos protectores, la línea general de alimentación se instalará enterrada en tubo aislante con grado de resistencia al choque no inferior a 7, según la Norma UNE 20324. El resto de líneas estarán ubicadas en el interior de bandeja metálica perforada dispuesta por las paredes de los distintos locales, donde el trazado de las canalizaciones se realiza en todo momento mediante líneas paralelas a las verticales y horizontales, en las paredes de cada local dónde se efectúa la instalación.

Previamente elementos como forjados y tabiquería deben estar colocados como estructura que soporta la red de distribución.

Los distintos tubos protectores pueden ser: tubo y accesorios metálicos, tubo y accesorios no metálicos, tubo y accesorios compuestos (elementos metálicos y no metálicos).

Además, según la norma UNE, se pueden clasificar en:

- 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.

En el interior de los tubos en ningún caso se pueden presentar desperfectos que supongan un potencial peligro para el normal funcionamiento del conductor.

Para el caso del tubo enterrado, las dimensiones son las estipuladas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Siendo el diámetro interior mínimo dado por el fabricante.

La resistencia ante el fuego del tubo y canales se sigue lo marcado por la Directiva de Productos de la Construcción (89/106CE), responsable de lo relativo a las propiedades que deben presentar frente a incendios.

## **1.2. CAJAS DE EMPALME Y DERIVACIÓN**

La instalación se debe hacer teniendo en cuenta que deben estar diseñadas para tensiones mínimas de 380 V.

En su interior se realizarán las conexiones entre conductores, debido a que disponen de material aislante.

Tendrán unas dimensiones suficientes para que en su interior quepan todos los conductores que sea necesario que contengan. La profundidad de estas cajas debe ser mayor o igual a 1,5 veces el diámetro del tubo mayor, siendo 40 mm la profundidad mínima y 80 mm para el diámetro interior. Para una correcta estanqueidad de las entradas de los tubos se emplearán prensaestopas. Para unión de conductores se emplearán bornes de conexión.

Para fijar los conductos a las cajas de salida, de empalme y de paso, se hará uso de casquillos y contratuerca. Los conductos y cajas se sujetarán con pernos de flador en ladrillo hueco y con clavos Split sobre el metal. En instalaciones permanentes se usarán pernos de flador, de tipo tuerca en caso de desmontar la instalación y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Deberán resistir tracciones mayores o iguales a 20 kg. Por último, en ningún caso se utilizarán clavos como sujeción de cajas o conductos.

### **1.3. APARATOS DE MANDO Y MANIOBRA**

La incorporación a la instalación de aparatos de mando y maniobra cumplirán la no formación de arcos permanentes cuando corten la intensidad máxima del circuito, siendo para ello de tipo cerrado y material aislante.

Su vida útil será de 10.000 maniobras a tensión e intensidad nominal, además las piezas de contacto tendrán las dimensiones adecuadas para que la temperatura no ascienda sobre los 65 °C en ellas.

Por último, todos los aparatos de mando y maniobra deberán tener marcados en un lugar visible todas sus características nominales, siendo estas las descritas en el proyecto.

### **1.4. APARATOS DE PROTECCIÓN**

En cuanto a los interruptores diferenciales, estos protegerán contra los contactos indirectos en caso de defectos, evitando así que las intensidades de defecto puedan pasar por la persona afectada hasta a tierra y ocasionen daños graves en su organismo. Los diferenciales tendrán una intensidad nominal y sensibilidad descritas y calculadas en el proyecto.

Los interruptores automáticos se encargan de proteger frente sobrecargas y cortocircuitos. Estos comprenderán de protección térmica y protección magnética y habrá uno en cada línea de la instalación, de modo que todos los receptores queden protegidos. Sus características están detalladas en la memoria y los cálculos del proyecto.

## **2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

### **2.1. Aparatos de protección**

Estos aparatos estarán ubicados en los distintos cuadros eléctricos del proyecto y se dispondrá de regletas de conexión para el conexionado de estos aparatos y de los conductores activos.

### **2.2. Aparatos de mando y maniobra**

En estos aparatos hay que tener precaución y revisar que no se expongan partes activas por algún defecto pudiendo estar al alcance del personal no especializado.

Además, hecho el montaje de los dispositivos, se colocarán los rótulos precisos para que quede claro cómo debe realizarse el accionamiento de estos aparatos.

### **2.3. Conexionado de interruptores**

La conexión de interruptores de un único polo se ejecutará sobre conductores de fase, no pudiéndose usar el mismo conductor neutro para más de un circuito.

Estos conductores deben poder ser seccionados en cualquier parte de la instalación en que se derive.

#### **2.4. Tomas de corriente**

A una misma fase deben quedar conectadas todas aquellas tomas de corriente del mismo local.

Las tomas de corriente tendrán secciones superiores o igual a 2,5 mm<sup>2</sup>.

#### **2.5. Canalizaciones**

Toda canalización se dispondrá a ser posible siguiendo las paredes del recinto en línea paralela a las mismas. El trazado horizontal tendrá que quedar a 50 cm como máximo de la superficie y del techo o falso techo en su caso. En cuanto al trazado vertical, debe quedar a una distancia inferior de 20 cm de cualquier esquina de la construcción.

Las canalizaciones serán de fácil instalación y mantenimiento, evitando cualquier complejidad.

El número total de curvas entre dos cajas de registro no debe exceder de tres.

Instaladas las canalizaciones, se colocarán en su interior los conductores. En ningún caso se colocarán los conductores anteriormente a la completa instalación.

#### **2.6. Cajas de empalme y derivación**

En caso de ser necesario, las cajas de registro pueden ser usadas como cajas de derivación de cualquier tubo y caja de empalme.

Nunca se realizarán empalmes mediante torsión de hilos o encintados. Dichos empalmes siempre se situarán en las cajas de derivación.

Finalizadas las instalaciones, se debe poder desmontar la tapa de cualquier caja de registro, además deben ser accesibles.

### **3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

Se deben realizar las comprobaciones necesarias. Éstas incluyen mediciones que se enumeran a continuación:

- Comprobación del correcto disparo de los interruptores diferenciales.
- Comprobación del calibrado de los interruptores automáticos y su correcto disparo.
- Comprobación de la integridad del conductor de protección en cualquier toma.
- Comprobación del cumplimiento de la iluminancia en alumbrado de señalización y emergencia, así como del correcto funcionamiento del mismo.
- Comprobación del aislamiento de la instalación entre tierras y conductores. No serán aceptables valores medidos de menos de 380.000  $\Omega$  en cuanto a la resistencia de



aislamientos. Además, las intensidades de defecto producidas por fallos de aislamiento deberán ser correctamente manejadas por los diferenciales mediante su sensibilidad.

- Medición de la resistencia de puesta a tierra, obteniendo una resistencia de 1,73 para esta instalación.

#### **4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

- Las instalaciones contarán con una ventilación adecuada en todos los locales
- Los servicios contarán con grifo no manual, jabón, secador, y papel higiénico.
- El local se mantendrá en un estado de limpieza óptimo, teniendo especial atención en los restos de papel que puedan haber quedado tras la destrucción de documentación. Además, la limpieza se realizará de tal forma que no se levante polvo. Todos los días se realizará limpieza en la instalación y se desinfectarán los puestos de oficinas y maquinarias.
- Las mesas de los empleados de oficinas tendrán bordes redondeados para evitar daños graves tras posibles golpes y también dispondrán de superficie de mesa que no refleje la luz para evitar deslumbramientos.
- Para la entrada en almacén se dispondrá de chalecos reflectantes de alta visibilidad para todo el personal, siendo obligado su uso en este local. Además, también será necesario el uso de calzado de seguridad para poder acceder.
- En el área de compactado, donde se realiza la destrucción de la documentación, será obligatorio el uso de calzado de seguridad para evitar riesgos tales como resbalones, daños en el pie por caída de objetos. Además, gracias a las suelas se consigue un mayor nivel de aislamiento eléctrico.
- El uso de guantes anticorte es obligatorio para manipular herramientas tales como cutters y otras para la realización de cortes.
- En cualquier área de la nave queda prohibido fumar o mascar chicle o cualquier otra práctica no higiénica. En caso de permanecer el patio exterior de la nave, estos hábitos están permitidos.
- Los locales deberán ser apropiados para el objeto de su uso, área suficiente y de fácil acceso.
- Los suelos deberán presentar materiales no absorbentes y resistentes a cualquier corrosión que se pueda producir por algún determinado evento.
- Las paredes serán lisas, de colores claros y de fácil lavado.
- Los techos y falsos techos estarán dispuestos de forma que el polvo no se pueda acumular y su limpieza sea sencilla. Las uniones con las paredes serán redondeadas.
- Las aberturas, ventanas o cualquier otro orificio tendrán los elementos necesarios para impedir la entrada a la nave de insectos.
- Se dispondrá de sanitarios de acuerdo con la legislación en los servicios de la nave.
- Se dispondrá de un lugar de almacenamiento de residuos y otro de recipientes higiénicos fácil limpieza.

En caso de nuevas instalaciones o modificaciones de las mismas, se cumplirán todas las especificaciones mencionados en anteriores apartados. Además, se realizarán las comprobaciones oportunas para evaluar el estado de la instalación y, en caso del incorrecto funcionamiento de los elementos en cuestión, serán reemplazados por otros que cumplan con el propósito por el que fueron colocados los anteriores.

## **5. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR. AUTORIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

Este certificado, CIBT por sus iniciales, es el documento que certifica que la instalación está en buen estado, por lo que está preparada para recibir el suministro de luz.

Se trata de un documento donde viene reflejadas las características eléctricas del inmueble. El certificado de instalación indicada el tipo de instalación eléctrica, la potencia instalada y la máxima admisible, un esquema unifilar de la instalación y un plano de la instalación eléctrica. También, en caso de modificaciones estas serán constatadas en este documento. Está regulado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas por la que se realiza la Orden 9 de septiembre de 2002 de la Consejería de Ciencia, Tecnología Industria y comercio en el a que se normalizan los tramites.

## **6. LIBRO DE ORDENES**

En este libro quedará constancia de las modificaciones en la instalación, el propietario del cual es el titular de la instalación. Para ello se registrarán todas las mediciones y resultados que se lleven a cabo.

Como se ha comentado, el titular de la instalación es el máximo responsable y en caso necesario se dispondrá a las autoridades competentes que lo exijan por inspección u otros casos.

Dicho titular también será el encargado de constatar que se lleven a cabo operaciones de mantenimiento según la reglamentación y también de mantener los valores y características de la instalación.

A continuación, se enlistarán los datos mínimos que deben quedar registrados en el libro de mantenimiento:

- Titular de la instalación y empresa mantenedora.
- Datos de la instalación y del responsable del proyecto, así como dirección técnica y empresa instaladora.
- Resultados de las OCAs.
- Visitas con motivo de inspección.
- Observaciones.

## DOCUMENTO 4: PRESUPUESTOS

- 1: Centro de transformación

Suministro y colocación de CT de dimensiones 3280x2380x3045 mm prefabricado, monobloque, de hormigón armado, destinada a alojar un transformador y la aparamenta necesaria. Montaje según memoria. Totalmente instalada y en correcto estado de funcionamiento, según NT-IEEV/89 y REBT 2002.

|                   |                                 |           |          |
|-------------------|---------------------------------|-----------|----------|
| 10 h              | oficial 1ª                      | 16,58     | 165,58   |
| 2 h               | Peón construcción               | 13,11     | 26,22    |
| 1 h               | Centro de transformación        | 5.862,75  | 5.862,75 |
| 2%                | Costes Directos Complementarios | 50.387,68 | 1.007,75 |
|                   |                                 |           | 7.062,30 |
| Total por u ..... |                                 |           | 7.062,30 |

- 2: Transformador

Equipo de potencia constituido por un transformador de 25 kVA.

|                   |                                 |           |          |
|-------------------|---------------------------------|-----------|----------|
| 0,20 h            | oficial 1ª                      | 14,10     | 2,82     |
| 1,00 Ud           | Transformador                   | 3.306,07  | 3.306,07 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 41.612,68 | 832,25   |
|                   |                                 |           | 4.141,14 |
| Total por u ..... |                                 |           | 4.141,14 |

- 3: Puesta a tierra masas CT

Instalación red de puesta a tierra del CT cumpliendo REBT formado por cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección de cobre desnudo. más parte proporcional de 8 piquetas de 2m de longitud y 14mm de diámetro.

|                   |                                     |       |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------|--------|
| 0,28 h            | oficial 1ª                          | 18,24 | 5,1072 |
| 1,05 m            | Cable Cu desnudo 35 mm <sup>2</sup> | 1,21  | 1,2705 |
| 8 Ud              | Piquetas 2 m y 14 mm de D           | 19,39 | 155,12 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios     | 47,26 | 0,95   |
|                   |                                     |       | 162,44 |
| Total por u ..... |                                     |       | 162,44 |

- 5: Puesta a tierra neutro CT

Puesta a tierra del neutro mediante pica de 6 m de longitud, junto con todas las conexiones siguiendo el REBT.

|        |                                 |                   |        |
|--------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,28 h | oficial 1ª                      | 19,28             | 5,3984 |
| 3,5 m  | Cable Cu desnudo                | 1,21              | 4,235  |
| 2 %    | Costes Directos Complementarios | 169,62            | 3,39   |
|        |                                 |                   | <hr/>  |
|        |                                 | Total por u ..... | 13,03  |

- 6: Anillo tierra de masas CT

Instalación anillo en bucle perimetral a 1 m alrededor de la envolvente mediante cable desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> del CT cumpliendo REBT.

|       |                                     |                   |       |
|-------|-------------------------------------|-------------------|-------|
| 0,4 h | oficial 1ª                          | 19,3              | 7,72  |
| 1 m   | Cable Cu desnudo 50 mm <sup>2</sup> | 5,8               | 5,8   |
| 1 Ud  | Piquetas 2 m y 14 mm de D           | 18,54             | 18,54 |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios     | 57,76             | 1,16  |
|       |                                     |                   | <hr/> |
|       |                                     | Total por u ..... | 33,22 |

- 7: Tierra masas de la nave

Instalación anillo cerrado mediante cinta de acero enterrado bajo el perímetro de la nave.

|       |                                     |                   |       |
|-------|-------------------------------------|-------------------|-------|
| 0,4 h | oficial 1ª                          | 19,7              | 7,88  |
| 1 m   | Cable Cu desnudo 50 mm <sup>2</sup> | 5,8               | 5,8   |
| 1 Ud  | Cable de acero 30 x 35 mm           | 16,20             | 16,20 |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios     | 42,07             | 0,84  |
|       |                                     |                   | <hr/> |
|       |                                     | Total por u ..... | 30,72 |

- 8: Derivación individual trifásica

Instalación de Derivación Individual Trifásica, instalada con cable tipo RZ1-K(AS), 0,6/1Kv, cumpliendo REBT y Normativa Europea con marcado CPR y CE, formada por 5 conductores de 4x150+TTx75 mm<sup>2</sup> de sección nominal, incluido tubo de 110 mm de diámetro y terminales de cobre para conexiones de los conductores en el Cuadro General Electrico. Medida la longitud desde el CT.

|                   |   |       |          |
|-------------------|---|-------|----------|
| 0,06 h            | oficial 1ª  | 16,58 | 0,9948   |
| 11,27 m           | Cable Cu/XLPE rígido 0,6/1 KV 150 mm <sup>2</sup> | 14,55 | 163,9785 |
| 5,8 m             | Cable Cu/XLPE rígido 0,6/1 KV 70mm <sup>2</sup>   | 8,85  | 51,33    |
| 11 m              | Tubo PVC 10 mm de diametro                        | 36,40 | 400,40   |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios                   | 78,41 | 1,57     |
|                   |   |       | 1,57     |
| Total por u ..... |   |       | 618,27   |

- 9: CGBT

Suministro e instalación de Cuadro General de B.T. Aparenta necesaria según esquema eléctrico unifilar, los puentes en los elementos de protección y mando se realizarán con cable de cobre RZ1 K(AS) marca o CPR y CE, etiquetas de riesgo eléctrico en cumplimiento de la legislación laboral, etiqueta empresa instaladora y manual de instrucciones de usuario, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |         |          |
|-------------------|---------------------------------|---------|----------|
| 10 h              | oficial 1ª                      | 18,84   | 188,4    |
| 1 Ud              | CGBT                            | 9786,42 | 9786,42  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 147,35  | 2,95     |
|                   |                                 |         | 2,95     |
| Total por u ..... |                                 |         | 9.977,77 |

Debido a que las siguientes líneas están instaladas sobre la misma bandeja, se realizará su cálculo en conjunto

- 10: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Compresor)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 11: Línea eléctrica de 4x2,5+TTx2,5 mm2 (Filtro aspiración)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x2,5+TTx2,5 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 12: Línea eléctrica de 3x50+TTx25 mm2 (Triturador)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x50+TTx25 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                      |       |        |
|-------------------|--------------------------------------|-------|--------|
| 0,36 h            | oficial 1ª                           | 14,1  | 5,076  |
| 5 m               | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm2          | 1,1   | 5,5    |
| 8 m               | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X2,5mm2          | 1,59  | 12,72  |
| 17 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X50mm2           | 25,56 | 434,52 |
| 17 m              | Bandeja metálica perforada 100 x 200 | 16,25 | 276,25 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios      | 91,60 | 1,83   |
|                   |                                      |       | 1,83   |
| Total por u ..... |                                      |       | 735,90 |

- 13: Línea eléctrica de 3x25+TTx16 mm2 (Prensa)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x25+TTx1,5 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 14: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Volteador)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |   |          |          |
|-------------------|---|----------|----------|
| 0,24 h            | oficial 1ª                              | 14,10    | 3,38     |
| 0,3 m             | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X25mm <sup>2</sup>  | 13,36    | 4,01     |
| 3 m               | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 5.862,75 | 5.862,75 |
| 3 m               | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25    | 48,75    |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 41,70    | 0,83     |
| Total por u ..... |   |          | 5.919,73 |

- 15: Línea eléctrica de 4x6+TTx6 mm<sup>2</sup> (Tomas cajas 1)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x6+TTx6 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                       |       |         |
|-------------------|---------------------------------------|-------|---------|
| 0,12 h            | oficial 1ª                            | 14,1  | 1,692   |
| 42,1 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X6mm <sup>2</sup> | 3,32  | 139,772 |
| 42 m              | Bandeja metálica perforada 100 x 200  | 16,25 | 682,5   |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios       | 35,47 | 0,709   |
| Total por u ..... |                                       |       | 824.673 |

- 16: Línea eléctrica de 4x6+TTx6 mm<sup>2</sup> (Tomas cajas 2)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x6+TTx6 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                       |       |         |
|-------------------|---------------------------------------|-------|---------|
| 0,12 h            | oficial 1ª                            | 14,1  | 1,692   |
| 38,3 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X6mm <sup>2</sup> | 3,32  | 127,156 |
| 38,3 m            | Bandeja metálica perforada 100 x 200  | 16,25 | 622,375 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios       | 35,40 | 0,71    |
| Total por u ..... |                                       |       | 751,93  |

Debido a que las siguientes líneas están instaladas sobre la misma bandeja, se realizará su cálculo en conjunto.

- 17: Línea eléctrica de 3x16+TTx16 mm<sup>2</sup> (Bomba PCI)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x16+TTx16 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 18: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Puerta 1)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 19: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Puerta 2)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 23: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Puerta 6)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |   |   |        |          |
|-------------------|---|---|--------|----------|
| 0,48              | h | oficial 1ª                              | 14,1   | 6,768    |
| 54,9              | m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1    | 60,39    |
| 15,9              | m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,10   | 17,49    |
| 33                | m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,10   | 35,86    |
| 59                | m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X16mm <sup>2</sup>  | 8,22   | 484,98   |
| 59                | m | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25  | 958,75   |
| 2                 | % | Costes Directos Complementarios         | 112,60 | 2,25     |
|                   |   |   |        |          |
| Total por u ..... |   |   |        | 1.566,49 |



- 20: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Puerta 3)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 21: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Puerta 4)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

- 22: Línea eléctrica de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Puerta 5)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 3x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |   |       |        |
|-------------------|---|-------|--------|
| 0,36 h            | oficial 1ª                              | 14,1  | 5,076  |
| 28,2 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1   | 31,02  |
| 22 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1   | 24,20  |
| 36 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1   | 39,60  |
| 36 m              | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25 | 585,00 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 91,23 | 1,82   |
|                   |   |       |        |
| Total por u ..... |   |       | 686,72 |

- 24: Cuadro secundario Motores

Suministro e instalación de Cuadro secundario motores. Aparenta necesaria según esquema eléctrico unifilar, los puentes en los elementos de protección y mando se realizarán con cable de cobre RZ1 K(AS) marca o CPR y CE, etiquetas de riesgo eléctrico en cumplimiento de la legislación laboral, etiqueta empresa instaladora y manual de instrucciones de usuario, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |         |             |
|-------------------|---------------------------------|---------|-------------|
| 5 h               | oficial 1ª                      | 18,84   | 94,2        |
| 1 Ud              | Cuadro secundario motores       | 11427,5 | 11427,5     |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 147,50  | <u>2,95</u> |
| Total por u ..... |                                 |         | 11.524,65   |

- 25: Línea eléctrica de 4x1,5+TTx1,5 mm2 (C.S. Alumbrado)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 4x1,5+TTx1,5 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                      |       |             |
|-------------------|--------------------------------------|-------|-------------|
| 0,12 h            | oficial 1ª                           | 14,1  | 1,692       |
| 0,51 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm2          | 1,1   | 0,561       |
| 0,51 m            | Bandeja metálica perforada 100 x 200 | 16,25 | 8,2875      |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios      | 15,00 | <u>0,30</u> |
| Total por u ..... |                                      |       | 10,84       |

- 26: Línea eléctrica de 4x16+TTx16 mm2 (C.S. Oficinas)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 4x16+TTx16 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                      |       |             |
|-------------------|--------------------------------------|-------|-------------|
| 0,12 h            | oficial 1ª                           | 14,1  | 1,692       |
| 12 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm2          | 1,1   | 13,2        |
| 12 m              | Bandeja metálica perforada 100 x 200 | 16,25 | 195         |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios      | 15,00 | <u>0,30</u> |
| Total por u ..... |                                      |       | 210,19      |

- 27: Línea eléctrica de 2x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (C.S. Rack)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 2x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |   |       |        |
|-------------------|---|-------|--------|
| 0,12 h            | oficial 1ª                              | 14,1  | 1,692  |
| 10,6 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 8,22  | 87,132 |
| 10,6 m            | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25 | 172,25 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 17,05 | 0,34   |
| Total por u ..... |   |       | 261,42 |

- 28: Cuadro secundario oficinas

Suministro e instalación de Cuadro secundario oficinas. Aparata necesaria según esquema eléctrico unifilar, los puentes en los elementos de protección y mando se realizarán con cable de cobre RZ1 K(AS) marca o CPR y CE, etiquetas de riesgo eléctrico en cumplimiento de la legislación laboral, etiqueta empresa instaladora y manual de instrucciones de usuario, totalmente instalado y probado.

|                   |   |        |          |
|-------------------|---|--------|----------|
| 5 h               | oficial 1ª                              | 18,84  | 94,2     |
| 1 Ud              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 5928   | 5928     |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 147,50 | 2,95     |
| Total por u ..... |   |        | 6.025,15 |

- 29: Línea eléctrica de 2x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Alumbrado oficinas)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 2x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|        |   |        |        |
|--------|---|--------|--------|
| 0,6 h  | oficial 1ª                              | 14,1   | 8,46   |
| 45,7 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1    | 50,27  |
| 29,9 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1    | 32,89  |
| 38,6 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1    | 42,46  |
| 45,2 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1    | 49,72  |
| 15 m   | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1    | 16,50  |
| 45 m   | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25  | 731,25 |
| 2 %    | Costes Directos Complementarios         | 158,47 | 3,17   |

---

Total por u..... 934,72

- 30: Línea eléctrica de 2x6+TTx6 mm2 (Tomas de corriente oficinas)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 2x6+TTx6 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio.

Totalmente instalado y probado.

|        |                                      |       |        |
|--------|--------------------------------------|-------|--------|
| 0,72 h | oficial 1ª                           | 14,1  | 10,152 |
| 20,2 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 22,22  |
| 5,2 m  | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 5,72   |
| 1,8 m  | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 1,98   |
| 6,6 m  | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 7,26   |
| 14,2 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 15,62  |
| 8,1 m  | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 8,91   |
| 28,3 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 31,13  |
| 28,7 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 31,57  |
| 40,5 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 44,55  |
| 11,1 m | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm2          | 1,1   | 12,21  |
| 40 m   | Bandeja metálica perforada 100 x 200 | 16,25 | 650,00 |
| 2 %    | Costes Directos Complementarios      | 112   | 2.24   |

Total por u ..... 841,34

- 31: Cuadro secundaria alumbrado

Suministro e instalación de Cuadro secundario alumbrado nave. Aparata necesaria según esquema eléctrico unifilar, los puentes en los elementos de protección y mando se realizarán con cable de cobre RZ1 K(AS) marca o CPR y CE, etiquetas de riesgo eléctrico en cumplimiento de la legislación laboral, etiqueta empresa instaladora y manual de instrucciones de usuario, totalmente instalado y probado.

|      |                                 |         |         |
|------|---------------------------------|---------|---------|
| 5 h  | oficial 1ª                      | 18,84   | 94,2    |
| 1 Ud | Cuadro secundario alumbrado     | 4113,66 | 4113,66 |
| 2 %  | Costes Directos Complementarios | 147,50  | 2,95    |

Total por u ..... 4.210,81

- 32: Línea eléctrica de 2x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Alumbrado nave)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 2x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |   |       |        |
|-------------------|---|-------|--------|
| 0,36 h            | oficial 1ª                              | 14,1  | 5,076  |
| 29 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1   | 31,9   |
| 22 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1   | 24,20  |
| 35,3 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>2</sup> | 1,1   | 38,83  |
| 44,8 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 1X1,5mm <sup>3</sup> | 1,1   | 49,28  |
| 44,8 m            | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25 | 728,00 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 91,23 | 1,82   |
|                   |   |       |        |
| Total por u ..... |   |       | 879,11 |

- 33: Línea eléctrica de 4x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> (Alumbrado nave)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 4x1,5+TTx1,5 mm<sup>2</sup> de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|                   |   |       |        |
|-------------------|---|-------|--------|
| 0,36 h            | oficial 1ª                              | 14,1  | 5,076  |
| 29 m              | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,31  | 37,99  |
| 35,3 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,31  | 46,24  |
| 44,8 m            | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm <sup>2</sup> | 1,31  | 58,69  |
| 44,5 m            | Bandeja metálica perforada 100 x 200    | 16,25 | 723,13 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 91,23 | 1,82   |
|                   |   |       |        |
| Total por u ..... |   |       | 872,95 |

- 34: Cuadro secundario rack

Suministro e instalación de Cuadro secundario Rack Aparenta necesaria según esquema eléctrico unifilar, los puentes en los elementos de protección y mando se realizarán con cable de cobre RZ1 K(AS) marca o CPR y CE, etiquetas de riesgo eléctrico en cumplimiento de la legislación laboral, etiqueta empresa instaladora y manual de instrucciones de usuario, totalmente instalado y probado.

|      |                                 |                   |        |
|------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 5 h  | oficial 1ª                      | 18,84             | 94,2   |
| 1 Ud | Cuadro secundario rack          | 843,66            | 843,66 |
| 2 %  | Costes Directos Complementarios | 147,50            | 2,95   |
|      |                                 |                   | <hr/>  |
|      |                                 | Total por u ..... | 940,81 |

- 35: Línea eléctrica de 2x1,5+TTx1,5 mm2 (Líneas Rack)

Metros línea eléctrica instalada con cable tipo RZ1-K(AS) cumpliendo marcado CPR y CE, de 2x2,5+TTx2,5 mm2 de sección nominal, con bandeja perforada de medidas 100x200 mm con parte proporcional de materiales auxiliares, cajas, regletas. Instalado según REBT. Medida la longitud desde el cuadro general de protección hasta el receptor. Puesta en servicio. Totalmente instalado y probado.

|        |                                      |                   |       |
|--------|--------------------------------------|-------------------|-------|
| 0,36 h | oficial 1ª                           | 14,1              | 5,076 |
| 2 m    | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm2          | 1,1               | 2,2   |
| 3,3 m  | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm2          | 1,1               | 3,63  |
| 4,5 m  | Cbl Cu RZ1 0,6/1kV 3X1,5mm2          | 1,1               | 4,95  |
| 4 m    | Bandeja metálica perforada 100 x 200 | 16,25             | 65,00 |
| 2 %    | Costes Directos Complementarios      | 72,00             | 1,44  |
|        |                                      |                   | <hr/> |
|        |                                      | Total por u ..... | 82,30 |

- 36: Luminaria emergencia señalización salida

Ud de instalación luminaria de emergencia 22021 CG-S mit klaren schein, de 10 W, conectado y probado.

|       |                                     |                   |          |
|-------|-------------------------------------|-------------------|----------|
| 0,3 h | oficial 1ª                          | 18,84             | 5,652    |
| 9 Ud  | Lum. Emergencia señalización salida | 224               | 2016     |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios     | 422,00            | 8,44     |
|       |                                     |                   | <hr/>    |
|       |                                     | Total por u ..... | 2.030,09 |

- 37: Luminaria emergencia de pared

Ud de instalación luminaria de emergencia de pared led Cicrada LV LLG (LineaLight), de 15 W, conectado y probado.

|                   |                                 |        |          |
|-------------------|---------------------------------|--------|----------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                      | 18,84  | 9,42     |
| 22 Ud             | Lum. Emergencia pared           | 148    | 3256     |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 786,63 | 15,73    |
|                   |                                 |        | <hr/>    |
| Total por u ..... |                                 |        | 3.281,15 |

- 38: Luminaria Downlight led 22 W

Suministro e instalación de luminaria empotrar, tipo Downlight led 22 W, redondo blanco en 5000k, totalmente empotrada en falso techo, replanteo, pequeño material y conexionado. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |        |          |
|-------------------|---------------------------------|--------|----------|
| 1 h               | oficial 1ª                      | 18,84  | 18,84    |
| 26 Ud             | Luminaria led downlight         | 53,31  | 1386,06  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 944,39 | 18,89    |
|                   |                                 |        | <hr/>    |
| Total por u ..... |                                 |        | 1.423,79 |

- 39: Luminaria Panel 60x60 led 36 W

Suministro e instalación de luminaria empotrar, tipo Panel 60x60 led 36 W, cuadrado blanco en 5000k, totalmente empotrada en falso techo, replanteo, pequeño material y conexionado. Totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |          |          |
|-------------------|---------------------------------|----------|----------|
| 2,4 h             | oficial 1ª                      | 18,84    | 45,216   |
| 66 Ud             | Luminaria led de panel          | 37,87    | 2499,42  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 1.241,00 | 24,82    |
|                   |                                 |          | <hr/>    |
| Total por u ..... |                                 |          | 2.569,46 |

- 40: Luminaria Estanca de 20 W

Suministro e instalación de luminaria Estanca de 202 W, redondo blanco en 5000k, totalmente

|                   |                                 |        |          |
|-------------------|---------------------------------|--------|----------|
| 0,3 h             | oficial 1ª                      | 18,84  | 5,652    |
| 3 Ud              | Luminaria led estanca           | 341,75 | 1025,25  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 561,83 | 11,24    |
|                   |                                 |        | <hr/>    |
| Total por u ..... |                                 |        | 1.042,14 |

- 41: Luminaria de campana de 155 W

Suministro e instalación de luminaria de campana de 155 W, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |        |          |
|-------------------|---------------------------------|--------|----------|
| 0,6 h             | oficial 1ª                      | 18,84  | 11,304   |
| 20 Ud             | Luminaria led de campana        | 483,6  | 9672     |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 417,20 | 8,34     |
|                   |                                 |        | 8,34     |
| Total por u ..... |                                 |        | 9.691,65 |

- 42: Interruptor diferencial 63 A, 300 Ma, 4P

Instalación de interruptor diferencial tetrapolar de 63 A de In y 300 mA d intensidad de defecto, con disparo instantáneo y rearme manual para gama terciario/industrial. Totalmente instalado y en correcto funcionamiento cumpliendo con REBT 2002.

|                   |                                     |        |        |
|-------------------|-------------------------------------|--------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                          | 18,84  | 9,42   |
| 1 Ud              | Diferencial acti9, 63 A, 300 Ma, 4P | 139,38 | 139,38 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios     | 254,60 | 5,09   |
|                   |                                     |        | 5,09   |
| Total por u ..... |                                     |        | 153,89 |

- 43: Interruptor diferencial 25 A, 300 Ma, 4P

Instalación de interruptor diferencial tetrapolar de 25A de In y 300 mA d intensidad de defecto, con disparo instantáneo y rearme manual para gama terciario/industrial. Totalmente instalado y en correcto funcionamiento cumpliendo con REBT 2002.

|                   |  |        |        |
|-------------------|--|--------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                               | 18,84  | 9,42   |
| 1 Ud              | Interruptor diferencial 25 A, 300 Ma, 4P | 87,81  | 87,81  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios          | 148,35 | 2,97   |
|                   |  |        | 2,97   |
| Total por u ..... |  |        | 100,20 |

- 44: Interruptor diferencial 40 A, 30 mA, 4P

Instalación de interruptor diferencial tetrapolar de 40 A de In y 30 mA d intensidad de defecto, con disparo instantáneo y rearme manual para gama terciario/industrial. Totalmente instalado y en correcto funcionamiento cumpliendo con REBT 2002.

|                   |   |        |        |
|-------------------|---|--------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                              | 18,84  | 9,42   |
| 1 Ud              | Interruptor diferencial 40 A, 30 mA, 4P | 106,93 | 106,93 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios         | 141,00 | 2,82   |
|                   |   |        | 2,82   |
| Total por u ..... |   |        | 119,17 |



- 45: Interruptor diferencial 40 A, 30 mA, 2P

Instalación de interruptor diferencial bipolar de 40 A de In y 30 mA d intensidad de defecto, con disparo instantáneo y rearme manual para gama terciario/industrial. Totalmente instalado y en correcto funcionamiento cumpliendo con REBT 2002.

|       |   |                   |       |
|-------|---|-------------------|-------|
| 0,5 h | oficial 1ª                              | 18,84             | 9,42  |
| 1 Ud  | Interruptor diferencial 40 A, 30 mA, 2P | 57,4              | 57,4  |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios         | 135,64            | 2,71  |
|       |   |                   | <hr/> |
|       |   | Total por u ..... | 69,53 |

- 46: Interruptor diferencial 63 A, 30 mA, 2P

Instalación de interruptor diferencial bipolar de 63 A de In y 30 mA d intensidad de defecto, con disparo instantáneo y rearme manual para gama terciario/industrial. Totalmente instalado y en correcto funcionamiento cumpliendo con REBT 2002.

|       |   |                   |        |
|-------|---|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                              | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | Interruptor diferencial 63 A, 30 mA, 2P | 142,1             | 142,1  |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios         | 139,29            | 2,79   |
|       |   |                   | <hr/>  |
|       |   | Total por u ..... | 154,31 |

- 47: Toroide In 400 A

Instalación de sensor toroidal para protección diferencial de 400 A de In. Totalmente instalado y en correcto funcionamiento.

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 2 Ud  | Sensor toroidal 400 A           | 423               | 846    |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 258,42            | 5,17   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 860,59 |

- 48: Interruptor automático general 400 A, 4P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico general, de intensidad nominal 400 A tetrapolar con curva de disparo D y poder de corte de 50 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | Compact NSX400                  | 950               | 950    |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 178,00            | 3,56   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 962,98 |

- 49: Interruptor magnetotérmico 40 A, 4P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 40 A tetrapolar con curva de disparo C y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | Compact NSXm 40A 4P             | 92,93             | 92,93  |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 156,91            | 3,14   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 105,49 |

- 50: Interruptor magnetotérmico 63 A, 3P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 63 A tripolar con curva de disparo D y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | Compact NSXm 63A 3P             | 135,33            | 135,33 |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 142,50            | 2,85   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 147,60 |

- 51: Interruptor magnetotérmico 16 A, 3P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 16 A tripolar con curva de disparo D y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado

|       |                                 |                   |       |
|-------|---------------------------------|-------------------|-------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42  |
| 1 Ud  | Compact NSXm 16A 3P             | 84,53             | 84,53 |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 146,87            | 2,94  |
|       |                                 |                   | <hr/> |
|       |                                 | Total por u ..... | 96,89 |

- 52: Interruptor automático 250 A, 4P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 250 A tetrapolar con curva de disparo D y poder de corte de 25 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | Compact NSX250H 250 A - 4 polos | 931               | 931    |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 178,52            | 3,57   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 943,99 |

- 53: interruptor magnetotérmico 100 A, 3P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 100 A tripolar con curva de disparo D y poder de corte de 25 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | NSX100F TM100D 3P               | 200,36            | 200,36 |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 126,30            | 2,53   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 212,31 |

- 54: Interruptor magnetotérmico 160 A, 3P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 160 A tripolar con curva de disparo D y poder de corte de 25 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|       |                                 |                   |        |
|-------|---------------------------------|-------------------|--------|
| 0,5 h | oficial 1ª                      | 18,84             | 9,42   |
| 1 Ud  | NSX160F - MA - 160 A - 3 polos  | 420               | 420    |
| 2 %   | Costes Directos Complementarios | 152,11            | 3,04   |
|       |                                 |                   | <hr/>  |
|       |                                 | Total por u ..... | 432,46 |

- 55 Interruptor magnetotérmico 25 A, 3P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 25 A tripolar con curva de disparo D y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |       |        |
|-------------------|---------------------------------|-------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                      | 18,84 | 9,42   |
| 1 Ud              | Compact NSXm 25A 3P             | 88,69 | 88,69  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 98,54 | 1,97   |
|                   |                                 |       | <hr/>  |
| Total por u ..... |                                 |       | 100,08 |

- 56: Interruptor magnetotérmico 10 A, 2P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 2A bipolar con curva de disparo C y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |       |        |
|-------------------|---------------------------------|-------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                      | 18,84 | 9,42   |
| 3 Ud              | iC60N - 2P - 2A                 | 70,64 | 211,92 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 78,80 | 1,58   |
|                   |                                 |       | <hr/>  |
| Total por u ..... |                                 |       | 222,92 |

- 57: Interruptor magnetotérmico 10 A, 4P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 4A tetrapolar con curva de disparo C y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |       |        |
|-------------------|---------------------------------|-------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                      | 18,84 | 9,42   |
| 3 Ud              | iC60N - 4P - 4A                 | 139,4 | 418,2  |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 85,00 | 1,70   |
|                   |                                 |       | <hr/>  |
| Total por u ..... |                                 |       | 429,32 |

- 58: Interruptor magnetotérmico 80 A, 4P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 80A tetrapolar con curva de disparo C y poder de corte de 25 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |        |        |
|-------------------|---------------------------------|--------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                      | 18,84  | 9,42   |
| 2 Ud              | Compact NSXm 80A 4P             | 243,66 | 487,32 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 127,86 | 2,56   |
| Total por u ..... |                                 |        | 499,30 |

- 59: Interruptor magnetotérmico 63 A, 4P

Suministro e instalación de interruptor magnetotérmico, de intensidad nominal 63 A tetrapolar con curva de disparo D y poder de corte de 10 kA según UNE-EN 60947-2, totalmente instalado y probado.

|                   |                                 |        |        |
|-------------------|---------------------------------|--------|--------|
| 0,5 h             | oficial 1ª                      | 18,84  | 9,42   |
| 1 Ud              | Compact NSXm 63A 3P             | 168,28 | 168,28 |
| 2 %               | Costes Directos Complementarios | 147,36 | 2,95   |
| Total por u ..... |                                 |        | 180,65 |

Como es habitual en la realización de cada proyecto, hay que añadir al presupuesto final una serie de gastos. Los gastos son los siguientes:

- Gastos generales: estos son mano de obra directa, materiales directos y gastos de terceros. Corresponden un 14 %
- Beneficio industrial: este es el porcentaje establecido para obtener el beneficio de la instalación 6 %
- IVA: total de impuestos del 21 %

Con lo que el presupuesto queda del siguiente modo:

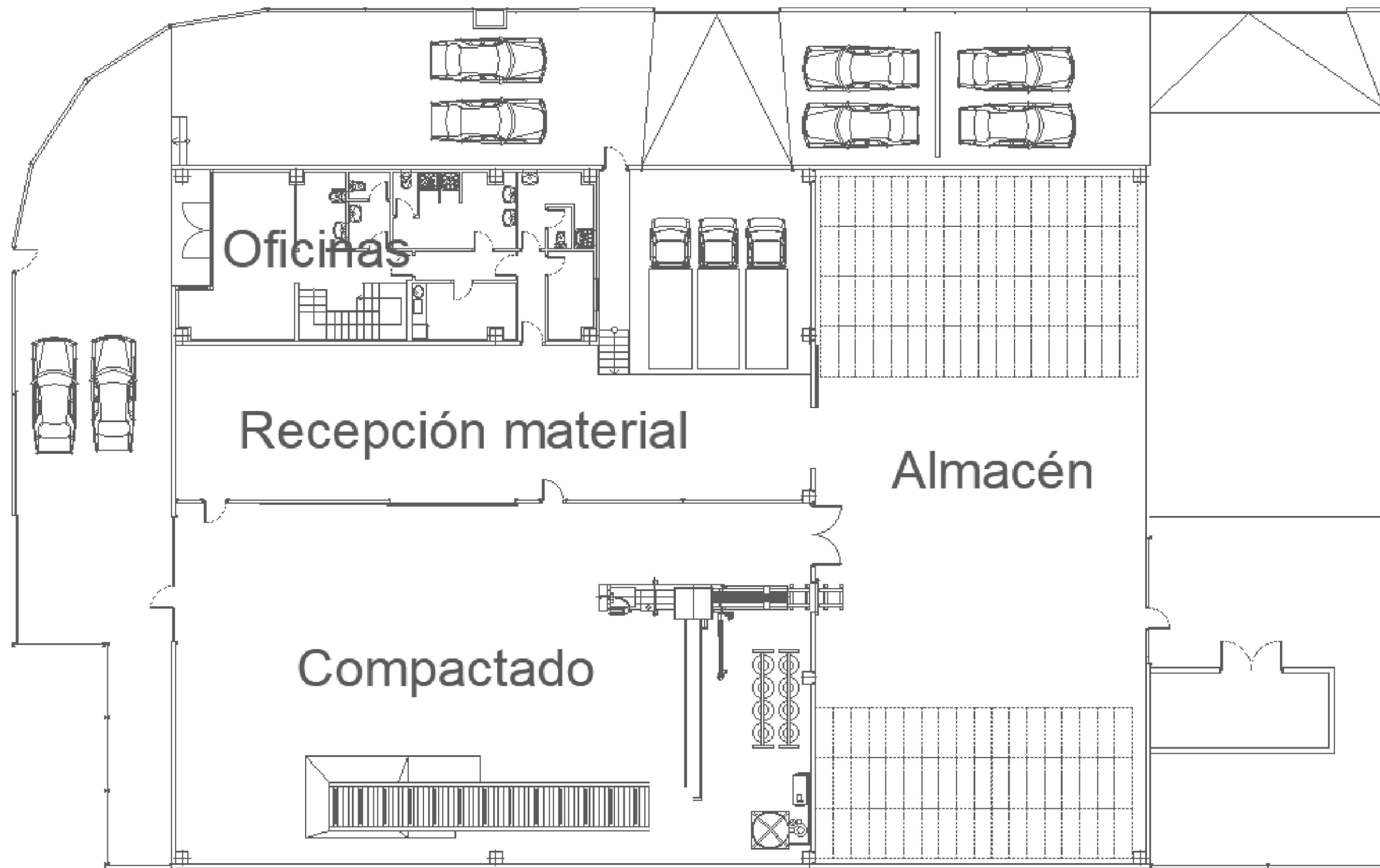
- Ejecución de la instalación → 85.053,56 €
- Gastos generales → 11.907,498 €
- Beneficio industrial → 5.103,213 €
- Total bruto → 102.064,271 €
- IVA → 21.433,5 €
- **Presupuesto total → Total bruto + IVA = 123.497,78 €**

## DOCUMENTO 5: PLANOS

- Plano 1: Emplazamiento de las instalaciones.
- Plano 2: Vista general. Planta baja.
- Plano 3: Vista general. Primera planta.
- Plano 4: Líneas luminarias. Planta baja.
- Plano 5: Líneas luminarias. Primera planta.
- Plano 6: Líneas de fuerza. Planta baja.
- Plano 7: Esquema unifilar cuadro CGBT.
- Plano 8: Esquema unifilar cuadro C.S. Motores.
- Plano 9: Esquema unifilar cuadro C.S. Alumbrado.
- Plano 10: Esquema unifilar cuadro C.S. Oficinas.
- Plano 11: Esquema unifilar cuadro C.S. Rack.

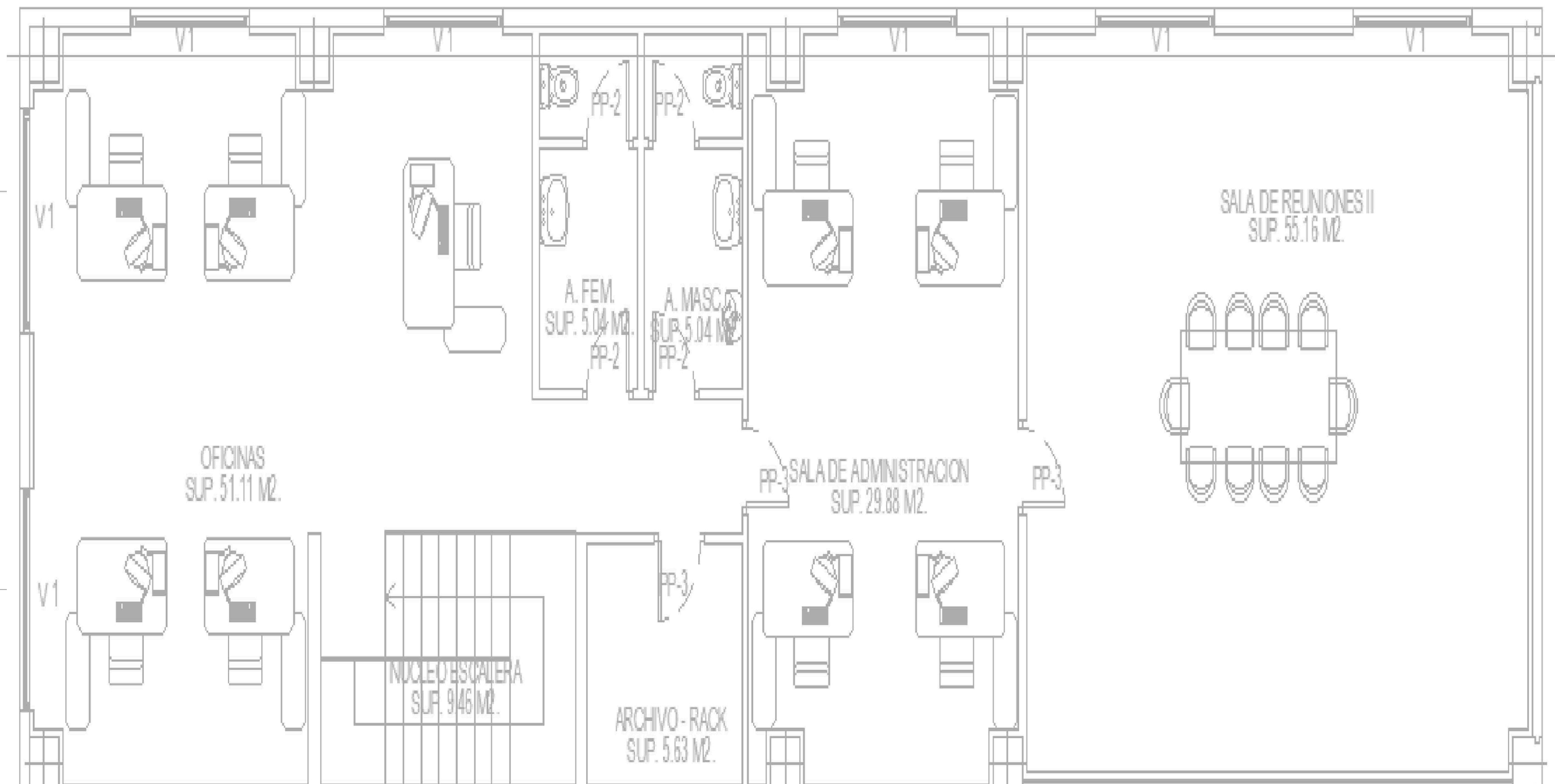


|  |                                    |                      |
|--|------------------------------------|----------------------|
| <b>Proyecto:</b>   |                                    | Fecha:<br>10/09/2019 |
| Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación |                                    | Escala:<br>1:6000    |
| <b>Autor:</b>  | <b>Plano:</b>                      | Plano N°:            |
| Fernández Sanchis, Vicent  | Emplazamiento de las instalaciones | 01                   |

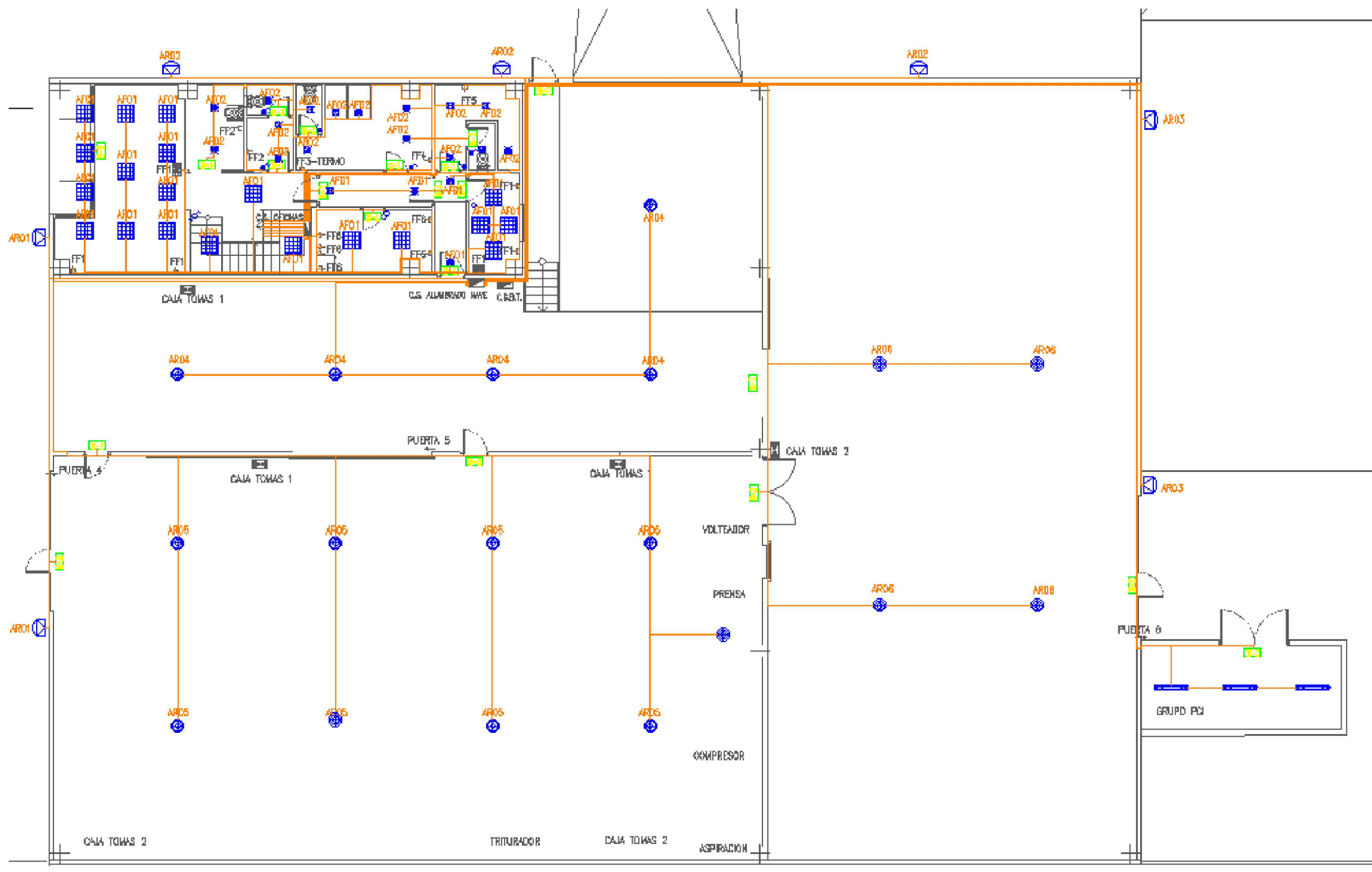


|  |   |                        |
|--|---|------------------------|
| <b>Proyecto:</b><br>Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación |   | Fecha:<br>10/09/2019   |
|  |   | Escala:<br>1:100       |
| <b>Autor:</b><br>Fernández Sanchis, Vicent   | <b>Plano:</b><br>Planta baja. Vista general | Plano N°:<br><b>02</b> |

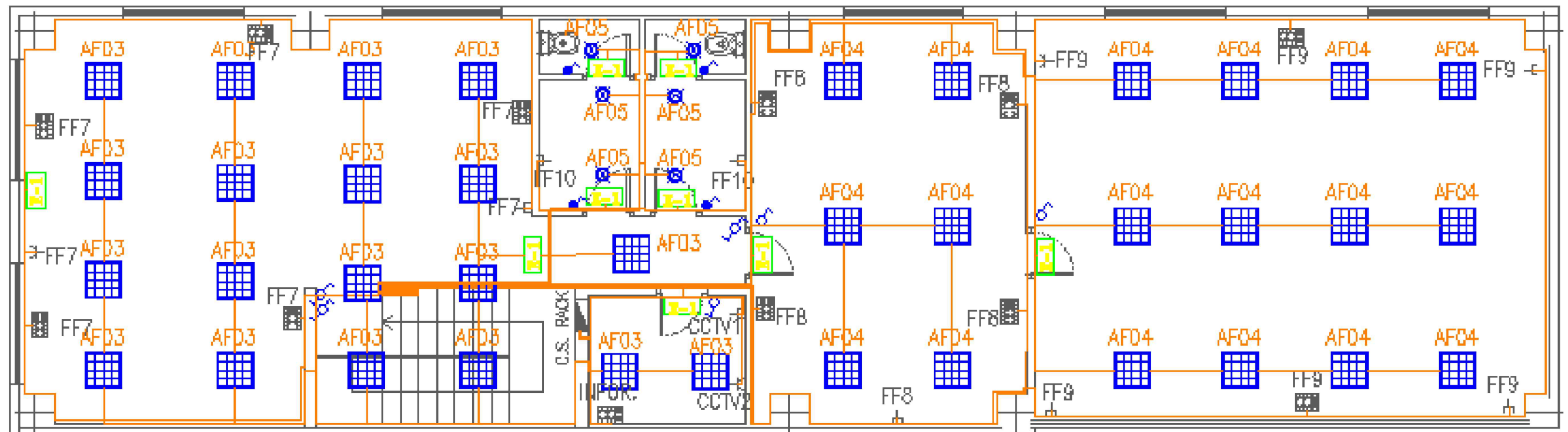




|  |  |                        |
|--|--|------------------------|
| <b>Proyecto:</b><br>Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación |  | Fecha:<br>10/09/2019   |
|  |  | Escala:<br>1:100       |
| <b>Autor:</b><br>Fernández Sanchis, Vicent   | <b>Plano:</b><br>Primera planta. Vista general | Plano N°:<br><b>03</b> |



|  |   |                        |
|--|---|------------------------|
| <b>Proyecto:</b><br>Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación |   | Fecha:<br>10/09/2019   |
|  |   | Escala:<br>1:100       |
| <b>Autor:</b><br>Fernández Sanchis, Vicent   | <b>Plano:</b><br>Planta baja. Líneas luminarias | Plano N°:<br><b>04</b> |

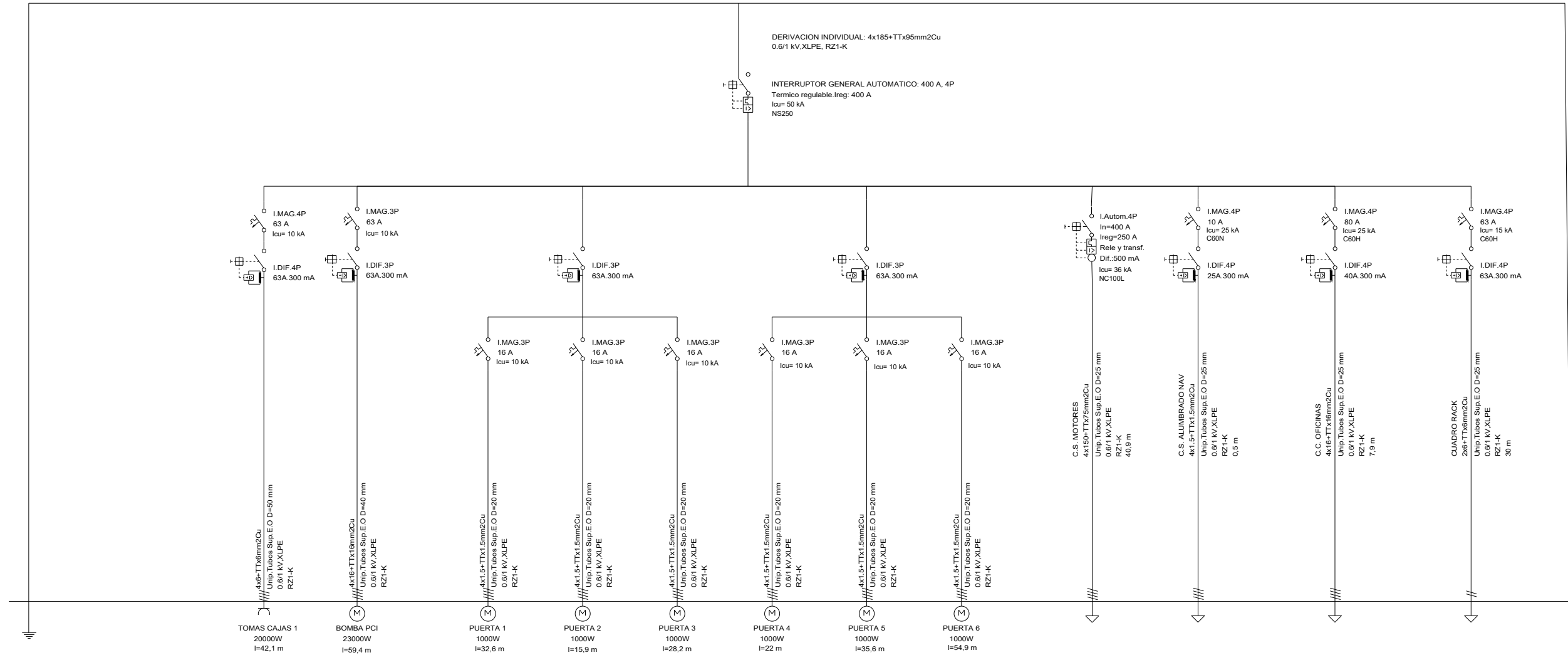


|  |  |                        |
|--|--|------------------------|
| <b>Proyecto:</b><br>Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación |  | Fecha:<br>10/09/2019   |
|  |  | Escala:<br>1:100       |
| <b>Autor:</b><br>Fernández Sanchis, Vicent   | <b>Plano:</b><br>Primera planta. Líneas luminarias | Plano N°:<br><b>05</b> |



|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
| <b>Proyecto:</b><br>Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación |  | Fecha:<br>10/09/2019       |
|  |  | Escala:<br>1:100           |
| <b>Autor:</b><br>Fernández Sanchis, Vicent   | <b>Plano:</b><br>Planta baja. Líneas de fuerza | Plano N°:<br><br><b>06</b> |

C.G.B.T.



## Proyecto:

Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación

## Autor:

Fernández Sanchis, Vicent

## Plano:

Esquema unifilar cuadro CGBT

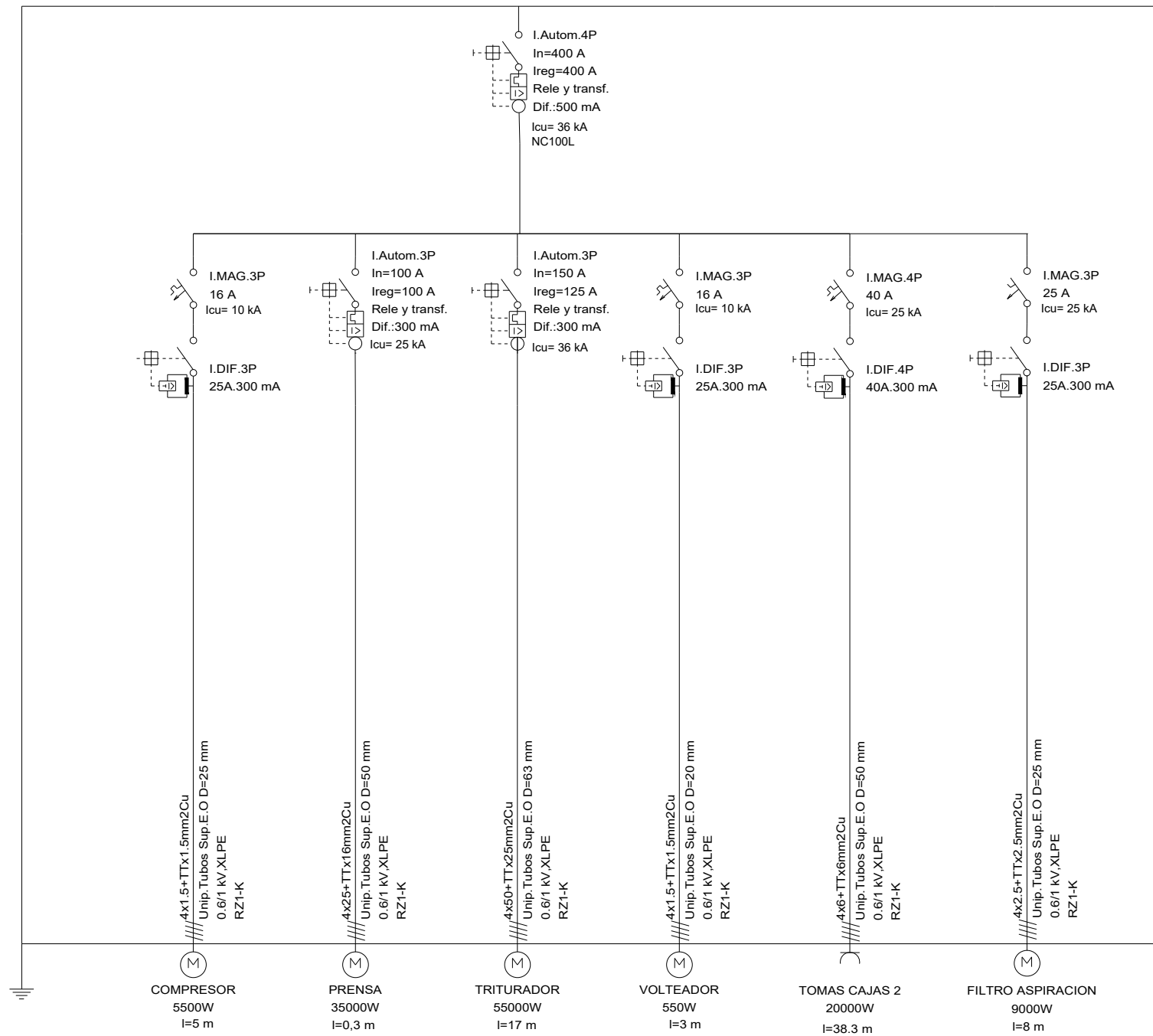
Fecha:  
10/09/2019

Escala:  
Sin escala

Plano N°:

07

C.S. MOTORES



Proyecto:

Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación

Fecha:  
10/09/2019

Escala:  
Sin escala

Autor:

Fernández Sanchis, Vicent

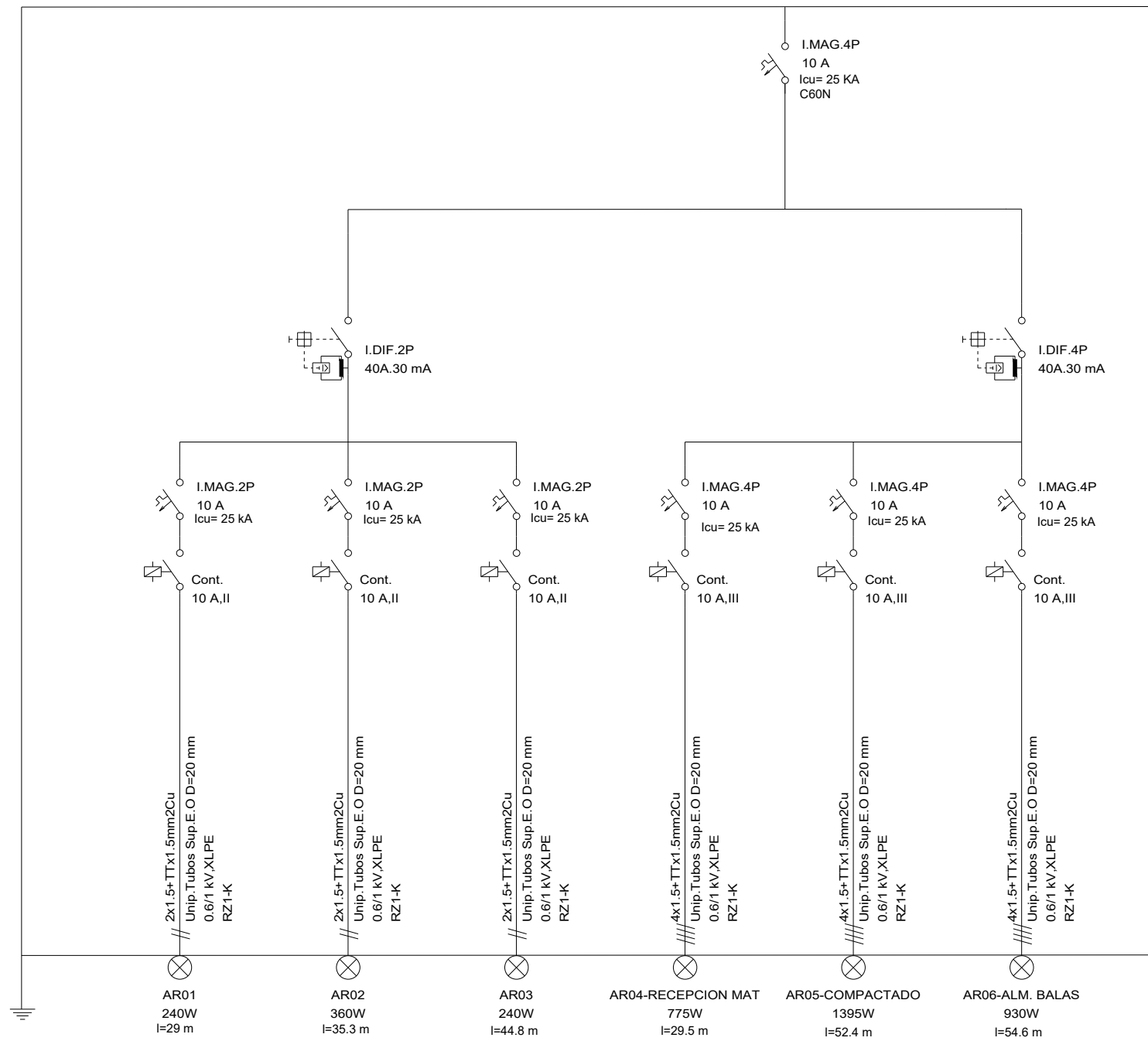
Plano:

Esquema unifilar cuadro C.S.Motores

Plano N°:

08

C.S. ALUMBRADO NAV



Proyecto:

Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación

Fecha:  
10/09/2019

Escala:  
Sin escala

Autor:

Fernández Sanchis, Vicent

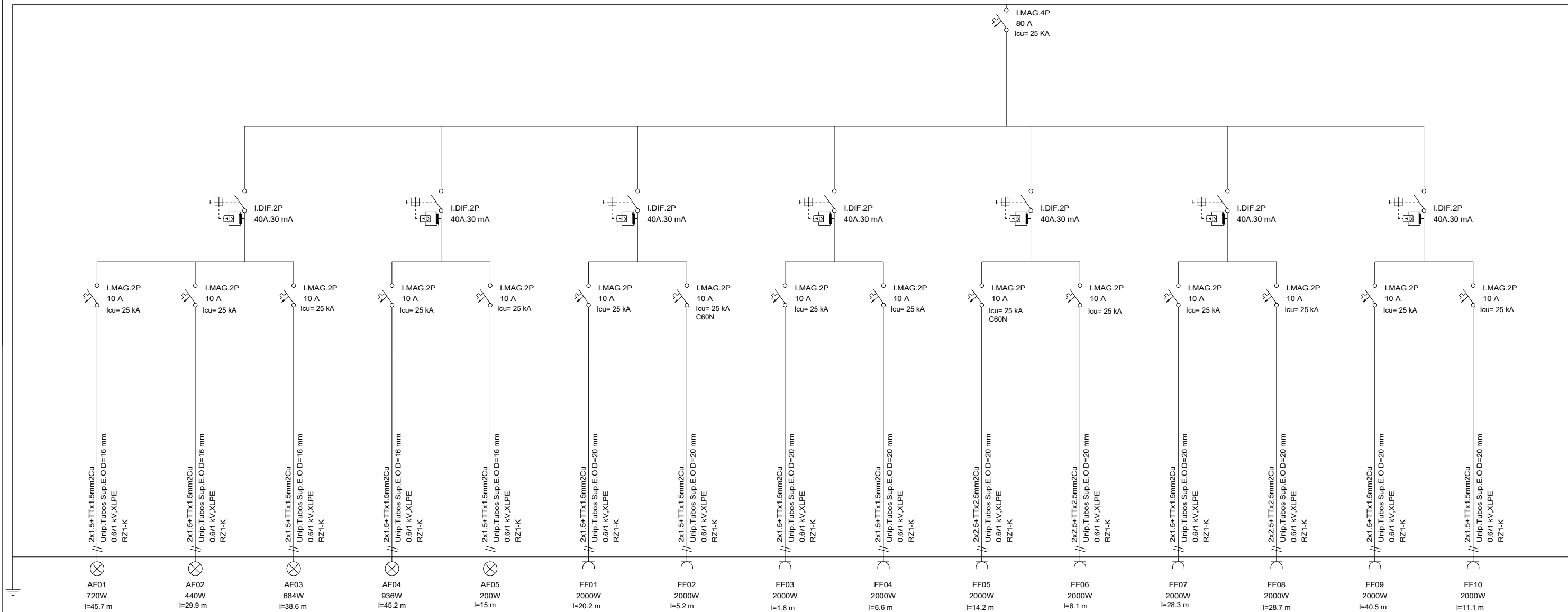
Plano:

Esquema unifilar cuadro C.S.Alumbrado

Plano N°:

09

C.S. OFICINAS



Proyecto:

Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación

Fecha:  
10/09/2019

Escala:  
Sin escala

Autor:

Fernández Sanchis, Vicent

Plano:

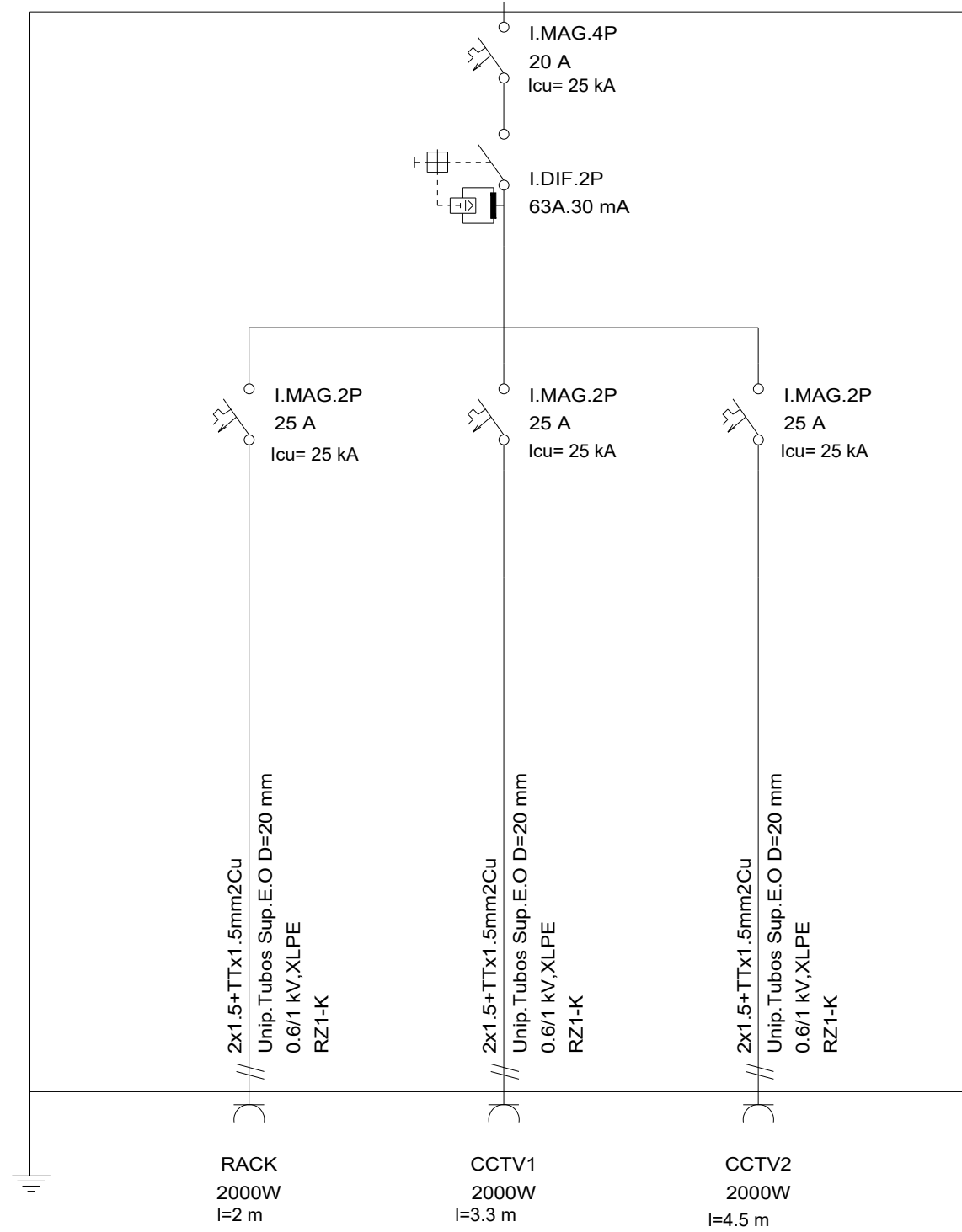
Esquema unifilar cuadro C.S.Oficinas

Plano N°:

10



CUADRO RACK



Proyecto:

Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas en baja tensión y de iluminación de una nave industrial de destrucción de documentación

Fecha:  
10/09/2019

Escala:  
Sin escala

Autor:

Fernández Sanchis, Vicent

Plano:

Esquema unifilar cuadro C.S.Rack

Plano N°:

11