



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 kW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA**

AUTOR: FEDERICO PASTOR GRAU

TUTOR: CARLOS ROLDÁN PORTA

**Curso Académico: 2019-20**

# RESUMEN

La empresa MUMA se dedica a la fabricación de muebles de madera. Después de varios años trabajando en el norte de España, han decidido expandirse y construir una nueva fábrica en Cartagena, llegando así al sur de la península.

Este proyecto trata de diseñar toda la instalación eléctrica necesaria para el correcto desempeño del proceso industrial. Pasando por puntos como la elección de las canalizaciones, dimensionado de los cables, elección de las protecciones y diseño de la iluminación.

Para esto, se parte del listado de máquinas utilizadas en el proceso de producción de los muebles y del plano de planta de la nave, en el que se situará toda la maquinaria. Se concluye con la concreción total de la instalación eléctrica.

**Palabras clave:** Instalación, electricidad, industria, potencia, seguridad, madera.

## ABSTRACT

MUMA is a company engaged in manufacturing wooden furniture. After several years working in the north of Spain, they have decided to expand and build a new factory in Cartagena, reaching this way the south of the peninsula.

This project is about the design of all the electrical installation needed for the correct performance of the industrial process. Going through points such cables sizing, protections choice and lighting design. All this according to company requirements and current regulations.

For this, it starts from the list of machines used in the furniture production process and the floor plan of the warehouse, where all the machinery will be located. It concludes with the complete specifications of the electrical installation.

**Keywords: installation, electricity, industry, power, security, wood.**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

MEMORIA .....	1
1 OBJETO DEL PROYECTO .....	2
2 ANTECEDENTES .....	2
3 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	2
4 PROCESO INDUSTRIAL .....	4
5 REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS .....	5
6 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES .....	5
6.1 Sistema de alimentación .....	5
6.2 Cuadro general de protección y cuadros secundarios .....	5
6.3 Métodos de instalación .....	6
6.4 Tipos de conductores e identificación de los mismos .....	9
6.5 Tomas de corriente .....	9
6.6 Equipo de compensación de la potencia reactiva .....	9
7 ALUMBRADO .....	10
7.1 Iluminación de emergencia .....	11
7.2 Luminarias utilizadas .....	11
7.2.1 Oficina almacén .....	13
7.2.2 Oficina 1 .....	14
7.2.3 Oficina 2 .....	14
7.2.4 Recepción .....	14
7.2.5 Comedor .....	14
7.2.6 Pasillos .....	14
7.2.7 Baño 1 .....	15
7.2.8 Baño 2 .....	15
7.2.9 Baño 3 .....	15
7.2.10 Baño 4 .....	15
7.2.11 Baño 5 .....	15
7.2.12 Almacén material .....	15

7.2.13	Almacén producto .....	16
7.2.14	Almacén tinte .....	16
7.2.15	Tintado.....	16
7.2.16	Corte y ensamble.....	16
7.2.17	Mecanizado .....	17
7.2.18	Exposición.....	18
7.2.19	Sala aire comprimido.....	18
7.2.20	Aspiración .....	18
7.2.21	Aparcamiento.....	18
7.3	Resumen resultados iluminación .....	19
8	POTENCIA DEMANDADA .....	21
9	DIMENSIONADO .....	22
9.1	Intensidad nominal y de cálculo.....	22
9.2	Dimensionado por criterio térmico.....	23
9.3	Dimensionado por criterio de caída de tensión .....	23
9.4	Resumen de resultados del dimensionado de los conductores.....	26
10	PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	28
10.1	Protección frente a sobreintensidades .....	28
10.1.1	Sobrecargas .....	28
10.1.2	Cortocircuitos .....	29
10.2	Dispositivos de protección frente a sobreintensidades .....	32
10.3	Puesta a tierra .....	35
10.3.1	Dimensionamiento de los conductores de protección .....	35
10.3.2	Conductor de tierra .....	36
10.3.3	Electrodo de tierra.....	36
10.3.4	Protección contra contactos directos e indirectos.....	36
10.4	Resumen protección diferencial.....	37
11	CONCLUSIÓN .....	38
12	BIBLIOGRAFÍA .....	39
	<b>ANEXO DE CÁLCULOS .....</b>	<b>40</b>
1	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	41

2	CÁLCULO DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA .....	42
3	DISEÑO DE LOS CONDUCTORES .....	42
3.1	Diseño por criterio térmico .....	42
3.2	Diseño por caída de tensión .....	50
4	PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES .....	55
4.1	Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.....	55
5	CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA .....	62
5.1	Cálculo del electrodo de tierra.....	62
6	PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS .....	65
	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>68</b>
1	IMPORTE DE LAS UNIDADES DE OBRA .....	69
2	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	82
	<b>PLANOS.....</b>	<b>83</b>
1	PLANO 1: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	84
2	PLANO 2: VISTA EN PLANTA .....	84
3	PLANO 3: LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS A CUADROS.....	84
4	PLANO 4: LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS DE LUMINARIAS.....	84
5	PLANO 5: LOCALIZACIÓN DE TOMAS DE CORRIENTE Y PUNTOS DE CONSUMO .....	84
6	PLANO 6: ESQUEMA UNIFILAR 1 .....	84
7	PLANO 7: ESQUEMA UNIFILAR 2 .....	84
8	PLANO 8: INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Situación de la zona de actuación. ( <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a> , 2020). .....	3
Figura 2 – Emplazamiento zona de actuación. ( <a href="https://www.google.es/maps">https://www.google.es/maps</a> , 2020). (Sede electrónica del catastro, 2020).....	3
Figura 3 – Factores de reflexión según color y material. (Roger & otros, 2010).....	11
Figura 4 – Curvas isolux de oficina almacén. (Dialux, 2020). .....	13
Figura 5 – Curvas isolux zona de mecanizado. (Dialux, 2020). .....	17
Figura 6 – Curvas de disparo. ( <a href="https://www.se.com/es/es/">https://www.se.com/es/es/</a> , 2020).....	32
Figura 7 – Curva de limitación térmica. ( <a href="https://www.se.com/es/es/">https://www.se.com/es/es/</a> , 2020) .....	57
Figura 8 – Mapa geológico de Cartagena. (Instituto geológico y minero de España).....	63
Figura 9 – Leyenda del mapa geológico. (Instituto geológico y minero de España). .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Máquinas según etapa productiva. (Elaboración propia).....	4
Tabla 2 – Características de los cuadros. (Elaboración propia).....	6
Tabla 3 – Ejemplos de métodos de instalación. Método B1. (UNE 60364-5-52). ....	6
Tabla 4 – Ejemplos de métodos de instalación. Método C. (UNE 60364-5-52). ....	6
Tabla 5 – Canalizaciones. (Elaboración propia). ....	8
Tabla 6 – Listado de luminarias y características. (www.phillips.es, 2020) .....	12
Tabla 7 – Resumen de resultados de iluminación de oficina almacén. (Dialux, 2020). ....	14
Tabla 8 – Resumen de resultados de iluminación zona mecanizado. (Dialux, 2020).....	17
Tabla 9 – Resumen de resultados de iluminación y comparación con normativa. (Elaboración propia). .....	19
Tabla 10 – Resumen resultados de potencia de la iluminación. (Elaboración propia). ....	20
Tabla 11 – Potencia total demandada. (Elaboración propia).....	21
Tabla 12 – Resumen de resultados de los conductores. (Elaboración propia). ....	27
Tabla 13 – Resumen de protección de las líneas frente a sobreintensidades. (Elaboración propia).....	35
Tabla 14 – Sección de los conductores de protección. (Reglamento electrotécnico de baja tensión). 36	
Tabla 15 – características de los diferenciales. (Elaboración propia). ....	37
Tabla 16 – potencia total detallada de la instalación. (Elaboración propia). ....	41
Tabla 17 – Cargas del cuadro secundario 003.....	42
Tabla 18 – Tabla B.52.14 de la norma UNE-HD 60364-5-52. Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire. (UNE 60364-5-52).....	43
Tabla 19 – Tabla B.52.17 de la norma UNE-HD 60364-5-52. Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar. (UNE 60364-5-52).....	44
Tabla 20 – Tabla B.52.5 de la norma UNE-HD 60364-5-52. Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de la tabla B.52.1 Cables aislados con XLPE/EPR, tres conductores cargados, cobre o aluminio. Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire. (UNE 60364-5-52). ....	45
Tabla 21 – Resultados obtenidos por el criterio térmico. (Elaboración propia). ....	49
Tabla 22 – Datos línea CS001-MAQ10. (Elaboración propia). ....	50
Tabla 23 – Resultados obtenidos por el criterio de caída de tensión. (Elaboración propia).....	54
Tabla 24 – Cálculo de las secciones definitivas y protecciones frente sobrecorrientes. (Elaboración propia).....	61

Tabla 25 – Resistencia de electrodos. (Reglamento electrotécnico de baja tensión).....	62
Tabla 26 – Resistividades según el terreno. (Reglamento electrotécnico de baja tensión). .....	64
Tabla 27 – Cálculo de equipos de protección diferencial. (Elabración propia).....	67

# MEMORIA

## **1 OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto de este trabajo final de grado es diseñar la instalación completa de baja tensión de una nave industrial destinada a la fabricación de muebles de madera. El diseño se hará de acuerdo con la legislación y la normativa técnica vigente. Para ello, son necesarios gran cantidad de cálculos y el tratamiento de información como es la planta industrial o la maquinaria que se va a usar en el proceso.

Con este documento, se debe tener la información suficiente como para poder llevar a cabo en la práctica la instalación descrita, así como tienen que quedar explicados los cálculos, decisiones tomadas y resultados obtenidos de forma que se pueda asegurar que se ha cumplido la normativa actual.

Al ser un trabajo final de grado, también es objeto de este proyecto el aprendizaje de diversos temas.

Se aprenden distintos términos y conceptos relacionados con las instalaciones eléctricas, se profundiza, se asienta y se pone en práctica lo impartido en la asignatura de Tecnología Eléctrica y demás asignaturas de la misma rama de conocimiento. Por supuesto, Se realiza un acercamiento a los proyectos de ingeniería industrial.

Se aprende a manejar gran cantidad de información, a usar distintos programas informáticos de gran utilidad como *Microsoft Excel* o *Dialux Evo*.

## **2 ANTECEDENTES**

La demanda de muebles de madera disminuyó notablemente durante la crisis económica (2008 - 2014) en España. Esta crisis afectó duramente a la industria del mueble ya que está muy ligada al sector inmobiliario, que fue el más perjudicado.

Numerosas empresas se vieron obligadas a cerrar. MUMA pudo aguantar la crisis gracias a que la demanda de muebles premium a medida no disminuyó tanto. En el mercado de los muebles premium, no se tiene la gran competencia de grandes productores de mueble barato como China.

La industria del mueble ya se ha recuperado casi por completo y actualmente crece a un ritmo de entre el 3 y el 5 por ciento. Esto ha llevado a pensar en una expansión de la empresa. Los principales destinos de la exportación española son países del mediterráneo como Francia e Italia por lo que Cartagena es un buen lugar para emplazarse, cubriendo el sur de España y con buen acceso a las exportaciones en el mediterráneo.

Es por esto que MUMA ha comprado una parcela en la que pretende construir una nueva fábrica. Para ello, se necesitará proyectar la instalación eléctrica.

## **3 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**

La nave se sitúa en el polígono industrial Los Camachos (Código postal: 30369), en la esquina de la Avenida del carbono con la Calle Cesio. En el municipio de Cartagena, dentro de la Provincia de Murcia.

La nave es de nueva construcción y de una sola planta, consta de 2399 m<sup>2</sup> construidos sobre una parcela de 3640 m<sup>2</sup> y colinda con dos calles y dos parcelas, que actualmente se encuentran sin edificar. La construcción, aparte de albergar todo el proceso productivo, también cuenta con espacio de oficinas

para realizar las tareas administrativas y de ingeniería que se requieren, así como de aparcamiento para empleados y zona de carga y descarga de camiones.

Se destaca de este polígono sus cercanas distancias a ciudades importantes como Cartagena, Murcia y Alicante.



Figura 1 – Situación de la zona de actuación. (<https://www.google.es/maps>, 2020).



Figura 2 – Emplazamiento zona de actuación. (<https://www.google.es/maps>, 2020). (Sede electrónica del catastro, 2020).

## 4 PROCESO INDUSTRIAL

La empresa se dedica a la fabricación de muebles de madera, produce continuamente muebles que envía a diversas tiendas para su venta, así como otros a medida encargados por clientes particulares. Su producción se caracteriza por su calidad y por lo especial de sus muebles a medida, pudiendo conseguir todo tipos de diseño pedidos por los clientes.

La madera llega a la nave en camiones que la descargan en el almacén de material mediante un muelle de descarga. Cuando la madera es requerida, se traslada a la zona de corte, aquí, la pieza es cortada en dimensiones más pequeñas y manejables que facilitan el trabajo posterior. Después, pasa al área de mecanizado, donde se le acaba de dar forma a las piezas, se le practican los taladros necesarios y se lijan hasta que el acabado es el deseado. Posteriormente, pasa a la zona de tintado para dar color a las piezas y, por último, se termina de ensamblar si es necesario y se lleva el mueble terminado al almacén de producto desde donde partirá a través del muelle de carga para camiones.

La planta industrial está diseñada consecuentemente con este proceso, tratando de minimizar los tiempos de transporte entre distintas áreas y haciendo un recorrido casi circular desde el material bruto hasta el producto. A continuación, se muestra una tabla de la maquinaria usada en el proceso:

<b>MÁQUINA</b>	
<b>CORTE</b>	Sierra de cinta
	Sierra circular grande
	Sierra circular pequeña
	Sierra Markawa
	Ingletadora TLP-250
	Ingletadora TRZ-A
	Tronzadora
	Guillotina
<b>MECANIZADO</b>	Tupí
	Taladro múltiple
	Lijadora de manopla
	Lijadora de platos
	Cepillo
	Chapadora
	Prensador aire caliente
<b>TINTADO</b>	Cortina de tinter
	Muro de agua
<b>ENSAMBLE</b>	Máquinas manuales de poca potencia como taladros

Tabla 1 – Máquinas según etapa productiva. (Elaboración propia).

## **5 REGLAMENTACIÓN Y NORMAS TÉCNICAS CONSIDERADAS**

La redacción de este documento ha seguido en todo momento lo escrito en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto, en adelante REBT. Y las normas UNE a las que este hace referencia como son la UNE 12464 y la UNE 60364.

## **6 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES**

### **6.1 Sistema de alimentación**

Se trata de un proceso que demanda gran cantidad de potencia, 368 kVA, como se verá en el apartado "*Potencia demandada*".

Cuando el consumo es mayor de 100 kW, se exige la instalación de un transformador propio.

Por ello, se va a instalar un transformador trifásico de 400 kVA que baje la tensión desde 20 kV hasta 400 V. Dicho transformador estará ubicado en una caseta fuera de la nave, pero dentro del recinto de la empresa de forma que la compañía suministradora tenga acceso a él. Su ubicación puede verse en el plano de planta.

La medida del consumo se realizará en el lado de alta tensión dentro de la caseta dispuesta para albergar el transformador.

### **6.2 Cuadro general de protección y cuadros secundarios**

El cuadro general de protección (CGP), tiene como fin proteger al cliente de cualquier anomalía que se produzca en la instalación. Aloja dispositivos de seguridad, de protección y de distribución de la instalación interior. A él llega la conexión desde el transformador que circulará enterrada y parten las líneas hacia los cuadros secundarios. Este cuadro tendrá capacidad para 72 módulos, será de metal, ya que estará en la zona de producción, y de grado IP mayor que 40 para protegerlo del posible polvo que se genere en el proceso.

Se va a ubicar en un lugar cercano al transformador, para no tener excesivos metros de esta línea que requiere una gran sección. También se ubica cerca de las máquinas de mayor potencia que están en la zona de corte, mecanizado y aspiración para minimizar las pérdidas y los metros de cables de gran sección. Se ha cuidado, además, que esté situado cerca de alguna puerta al exterior para que en caso de emergencia se pueda acceder a él con facilidad. Esto se puede apreciar en el plano correspondiente.

En cuanto a los cuadros secundarios, se van a instalar un total de 11 cuadros secundarios, con el fin de independizar y sectorizar en la medida de lo posible los consumos. Estos cuadros albergarán la protección necesaria para los circuitos que partan de ellos. La altura de instalación será de 1,5 metros y se situarán cerca de las cargas que deben alimentar. La aparamenta que se dispondrá en cada cuadro queda representada en los diagramas unifilares y la ubicación de los mismos queda expuesta en los planos.

Para elegir los cuadros, se ha usado metal si iba a instalarse en la zona de producción y plástico si se iba a situar en zona de oficina, comedor o almacén. Además, se han calculado los módulos necesarios según la aparamenta que iban a albergar, previendo espacio de sobra frente a posibles ampliaciones. Las características principales de los cuadros secundarios y del cuadro general de protección quedan recogidas en la siguiente tabla:

NOMBRE	MATERIAL	MÓDULOS	GRADO IP MÍNIMO
CGP	Metal	72	40
CS001	Metal	72	40
CS002	Metal	48	40
CS003	Metal	48	40
CS004	Plástico	36	40
CS005	Metal	72	40
CS006	Metal	48	40
CS007	Plástico	18	40
CS008	Plástico	12	40
CS009	Plástico	18	40
CS010	Plástico	12	40
CS011	Plástico	12	40

Tabla 2 – Características de los cuadros. (Elabración propia).

### 6.3 Métodos de instalación

Teniendo en cuenta que la actividad de la nave es la fabricación de muebles de madera, se va a optar por métodos de instalación que protejan al cableado del posible serrín y polvo generado en el proceso productivo. Es por ello por lo que se ha decidido usar conducciones bajo tubo y conducciones bajo canal cerrada. Además, la línea que va desde el transformador hasta el cuadro general de protección discurrirá enterrada.

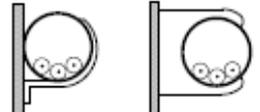
	<p>Conductores aislados o cables unipolares en tubo sobre pared de madera o de mampostería, o separado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo <sup>c</sup></p>	<p>B1</p>
---	---	-----------

Tabla 3 – Ejemplos de métodos de instalación. Método B1. (UNE 60364-5-52).

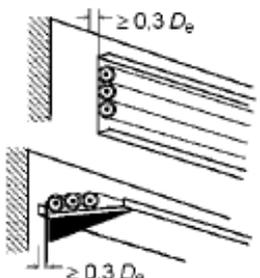
	<p>Cables unipolares o multipolares: Sobre bandejas no perforadas en recorrido horizontal o vertical <sup>c, b</sup></p>	<p>C, con elemento 2 de la tabla B.52.17</p>
---	--	--

Tabla 4 – Ejemplos de métodos de instalación. Método C. (UNE 60364-5-52).

Se muestran a continuación las canalizaciones usadas y sus dimensiones:

<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>MÉTODO DE INSTALACIÓN</b>	<b>CANALIZACIÓN</b>	<b>IDENTIFICADOR MISMA CANALIZACIÓN</b>
CS001 - MAQ9	B1	TUBO PVC DN 20 mm	1
CS001 - MAQ10	B1	TUBO PVC DN 25 mm	3
CS001 - MAQ11	B1	TUBO PVC DN 16 mm	4
CS001 - MAQ12	B1	TUBO PVC DN 32 mm	2
CS001 - MAQ13	B1	TUBO PVC DN 32 mm	2
CS001 - MAQ14	B1	TUBO PVC DN 50 mm	5
CS001 - MAQ15	B1	TUBO PVC DN 20 mm	6
CS001 - TOMAS MONO	B1	TUBO PVC DN 32 mm	7
CS001 - TOMAS TRI	B1	TUBO PVC DN 32 mm	7
CS001 - ALU MEC 1	B1	TUBO PVC DN 16 mm	8
CS001 - ALU MEC 2	B1	TUBO PVC DN 16 mm	9
CS002 - MAQ18	B1	TUBO PVC DN 32 mm	10
CS002 - MAQ19	B1	TUBO PVC DN 32 mm	11
CS002 - MAQ20	B1	TUBO PVC DN 50 mm	12
CS002 - MAQ21	B1	TUBO PVC DN 16 mm	13
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	B1	TUBO PVC DN 16 mm	14
CS003 - MAQ16	B1	TUBO PVC DN 32 mm	15
CS003 - MAQ17	B1	TUBO PVC DN 32 mm	15
CS003 - ALU TINT	B1	TUBO PVC DN 16 mm	16
CS003 - TOMAS MONO	B1	TUBO PVC DN 16 mm	17
CS004 - ALU	B1	TUBO PVC DN 16 mm	18
CS004 - TOMAS MONO 1	B1	TUBO PVC DN 32 mm	19
CS004 - TOMAS MONO 2	B1	TUBO PVC DN 32 mm	19
CS004 - TOMAS MONO 3	B1	TUBO PVC DN 32 mm	20
CS004 - TOMAS MONO 4	B1	TUBO PVC DN 32 mm	20
CS004 - TOMAS MONO AC	B1	TUBO PVC DN 16 mm	21
CS004 - ALU APARCAMIENTO	B1	TUBO PVC DN 16 mm	22
CS005 - MAQ1	B1	TUBO PVC DN 32 mm	23
CS005 - MAQ2	B1	TUBO PVC DN 32 mm	24
CS005 - MAQ3	B1	TUBO PVC DN 20 mm	25
CS005 - MAQ4	B1	TUBO PVC DN 32 mm	26
CS005 - MAQ5	B1	TUBO PVC DN 32 mm	27
CS005 - MAQ6	B1	TUBO PVC DN 32 mm	27
CS005 - MAQ7	B1	TUBO PVC DN 16 mm	28
CS005 - MAQ8	B1	TUBO PVC DN 32 mm	23
CS005 - TOMAS MONO	B1	TUBO PVC DN 32 mm	29
CS005 - TOMAS TRI	B1	TUBO PVC DN 32 mm	29
CS005 - ALU CORTE 1	B1	TUBO PVC DN 16 mm	30
CS005 - ALU CORTE 2	B1	TUBO PVC DN 16 mm	31
CS006 - ALU	B1	TUBO PVC DN 16 mm	32

<b>NOMBRE LÍNEA</b>	<b>MÉTODO DE INSTALACIÓN</b>	<b>CANALIZACIÓN</b>	<b>IDENTIFICADOR MISMA CANALIZACIÓN</b>
<b>CS006 - TOMAS MONO 1</b>	B1	TUBO PVC DN 32 mm	33
<b>CS006 - TOMAS MONO 2</b>	B1	TUBO PVC DN 32 mm	33
<b>CS006 - TOMAS TRI</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	34
<b>CS006 - TOMAS MONO TERMO</b>	B1	TUBO PVC DN 32 mm	35
<b>CS006 - TOMAS MONO SECAMANOS</b>	B1	TUBO PVC DN 32 mm	35
<b>CS007 - ALU</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	36
<b>CS007 - TOMAS MONO</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	37
<b>CS007 - ALU BAÑOS</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	38
<b>CS008 - ALU</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	39
<b>CS008 - TOMAS MONO</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	40
<b>CS009 - ALU</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	41
<b>CS009 - TOMAS MONO 1</b>	B1	TUBO PVC DN 32 mm	42
<b>CS009 - TOMAS MONO 2</b>	B1	TUBO PVC DN 32 mm	42
<b>CS009 - TOMAS MONO TERMO</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	43
<b>CS009 - TOMAS MONO AC</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	44
<b>CS010 - ALU</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	45
<b>CS010 - TOMAS MONO</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	46
<b>CS011 - ALU</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	47
<b>CS011 - TOMAS MONO</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	48
<b>CGP-CS001</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	49
<b>CGP-CS002</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	49
<b>CGP-CS003</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	49
<b>CGP-CS004</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	49
<b>CGP-CS005</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	50
<b>CGP-CS006</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	50
<b>CGP-CS007</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	49
<b>CGP-CS008</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	50
<b>CGP-CS009</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	50
<b>CGP-CS010-CS011</b>	C	CANAL CERRADA PVC 40x150 mm	50
<b>CGP-CONDENSADORES</b>	B1	TUBO PVC DN 16 mm	51
<b>TRANSFORMADOR-CGP</b>	D1	TUBO PVC DN 250 mm	52

Tabla 5 – Canalizaciones. (Elaboración propia).

#### **6.4 Tipos de conductores e identificación de los mismos**

La instalación se va a realizar completamente con conductor unipolar de cobre aislado con polietileno reticulado (XLPE) libre de halógenos con un aislamiento de 0,6/1 kV.

El polietileno reticulado es ligeramente más caro que el policloruro de vinilo (PVC), pero el primero es capaz de aguantar más temperatura sin deteriorarse ni dejar de cumplir su función. El XLPE puede soportar hasta 90 °C mientras que el PVC soporta 70 °C. Esto hace que, para la misma sección, el cable con XLPE sea capaz de conducir más intensidad.

La designación normalizada del cable usado es RZ1-K (AS) 0,6/1 kV. Son de baja emisión de gases corrosivos y de baja emisión de humos. Esto es muy beneficioso ya que aporta mayor seguridad en caso de incendio.

Para identificar los conductores, se sigue lo indicado en el REBT ITC 19 apartado 2.2.4 por ello, para el neutro se usará azul claro, para el conductor de protección verde-amarillo y para las fases marrón o negro. Si hiciera falta diferenciar las fases, se usaría el color gris.

Según la ITC-19, la sección del conductor neutro será igual a la de las fases para tener en cuenta las posibles corrientes armónicas o los desequilibrios en la instalación.

Por tanto, la sección del neutro será igual a la de las fases excepto en la línea que discurre desde el transformador hasta el cuadro general de protección, en la que el neutro tendrá una sección de la mitad de la de las fases. Esto es así porque el porcentaje de potencia que consumen las máquinas trifásicas es mayor del 70 % de la potencia total de la instalación, en concreto, es del 87,4 %, como se aprecia en el apartado POTENCIA DEMANDADA.

La sección de todos los conductores queda especificada en la Tabla 12.

#### **6.5 Tomas de corriente**

En la instalación existen máquinas que no se van a usar siempre en el mismo sitio, es decir, requieren movilidad. Además, existen equipos que necesitan tomas de corriente como son los ordenadores, cargadores de móviles o cualquier electrodoméstico. Por ello, se van a instalar dos tipos de tomas de corriente:

- Monofásicas con toma de tierra e intensidad nominal de 16 A que serán para uso común.
- Trifásicas con toma de tierra e intensidad nominal de 16 A que se ubicaran en las zonas de producción ya que están destinadas para el uso de máquinas trifásicas.

La ubicación de las tomas de corriente queda detallada en los planos.

#### **6.6 Equipo de compensación de la potencia reactiva**

Se va a instalar un equipo de compensación de energía reactiva que podrá dar una potencia total de 83 kVAr para poder llegar a un coseno de  $\phi$  de 0,95 cuando la instalación esté consumiendo el máximo de potencia previsto.

El equipo estará constituido por condensadores y tendrá cuatro escalones de 25% cada uno para adecuarse a las necesidades de generación de potencia reactiva en cada momento.

## 7 ALUMBRADO

Para conseguir un alumbrado adecuado es necesario cumplir unos requisitos básicos de manera que el trabajo y la estancia en cada área de la nave sea agradable y facilite el correcto desempeño de las tareas que se lleven a cabo. Esto se consigue mediante una cantidad de luz adecuada, sin grandes diferencias entre la iluminación de distintas partes de una misma área y evitando en lo posible los reflejos.

Para cuantificar esto se establecen cuatro parámetros básicos:

- Iluminancia media ( $E_m$ ). Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie (en nuestro caso, la superficie que interesa es el área de trabajo, considerada a una altura de 0,8 metros del suelo), se mide en lux (lx) y está ponderada según la sensación luminosa que produce en el ojo humano. Deberemos conseguir un valor de iluminancia media en cada sala de forma que se pueda ver con suficiente claridad.
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR). Es un parámetro que se definió para unificar la medida del deslumbramiento. Este parámetro tiene en cuenta el ángulo con el que la luz incide, los coeficientes de reflexión de las superficies y la iluminancia. No deberemos exceder unos valores de UGR para que los reflejos no sean molestos.
- Uniformidad ( $U_m$ ). Es el cociente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media de un área determinada. Es un valor que se usa para medir la uniformidad de la luz, es decir, que en una sala no haya partes con mucha luz y partes con muy poca.
- Índice de rendimiento en color ( $R_a$ ). Indica la capacidad de la fuente luminosa de reproducir colores. Sus valores van del cero al cien. Con este parámetro podemos saber si los colores que vemos son fieles a la realidad o no.

Para todos estos factores nombrados, la norma UNE 12464 establece unos valores límite para asegurar un buen alumbrado, por tanto, se trata de conseguir esos valores establecidos.

El factor de mantenimiento, que tiene en cuenta la pérdida de iluminación debida a la suciedad y al desgaste, se tomará 0,7 ya que una nave industrial no es un entorno muy limpio. Por otra parte, los colores son claros, siendo el techo blanco, las paredes grises y estimando un color medio para el plano de trabajo. Siendo el material predominante en techo y paredes el hormigón. Con esto, se puede utilizar para techo, paredes y suelo los coeficientes de reflexión 0,7, 0,5 y 0,3 respectivamente. Por otra parte, para el cálculo del UGR, se usará una altura de 1,20 metros que se considera altura normal de los ojos de una persona sentada. Además, para su cálculo, se ha indicado en Dialux un paso de 45º grados, cubriendo por tanto 8 direcciones de visión. A continuación se muestran los factores de reflexión usados:

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Bianco	0,70-0,85	Mortero claro	0,35-0,55
Techo acústico blanco, según orificios	0,50-0,65	Mortero oscuro	0,20-0,30
Gris claro	0,40-0,50	Hormigón claro	0,30-0,50
Gris oscuro	0,10-0,20	Hormigón oscuro	0,15-0,25
Negro	0,03-0,07	Arenisca clara	0,30-0,40
Crema, amarillo claro	0,50-0,75	Arenisca oscura	0,15-0,25
Marrón claro	0,30-0,40	Ladrillo claro	0,30-0,40
Marrón oscuro	0,10-0,20	Ladrillo oscuro	0,15-0,25
Rosa	0,45-0,55	Mármol blanco	0,60-0,70
Rojo claro	0,30-0,50	Granito	0,15-0,25
Rojo oscuro	0,10-0,20	Madera clara	0,30-0,50
Verde claro	0,45-0,65	Madera oscura	0,10-0,25
Verde oscuro	0,10-0,20	Espejo de vidrio plateado	0,80-0,90
Azul claro	0,40-0,55	Aluminio mate	0,55-0,60
Azul oscuro	0,05-0,15	Aluminio anodizado y abrigantado	0,80-0,85
		Acero pulido	0,55-0,65

Figura 3 – Factores de reflexión según color y material. (Roger & otros, 2010).

## 7.1 Iluminación de emergencia

Se dotará a la instalación de luminarias de emergencia alimentadas por baterías individuales de forma que se garanticen recorridos de evacuación de la nave con un nivel de iluminación superior a 1 lux. También se dispondrá de este mismo tipo de lámpara en cada puerta de salida de la nave y en el cuadro general de protección. Las luminarias usadas para dicho propósito serán de 6 W y 200 lúmenes y se conectarán a las líneas de alumbrado antes de los interruptores para que estos no afecten a las luces de emergencia. Además, deberán tener una autonomía mínima de una hora. La ubicación de dichas luminarias se detalla en el plano correspondiente.

## 7.2 Luminarias utilizadas

Para la iluminación general de la nave se ha optado por usar la marca Philips, de reconocido prestigio e iluminación de tipo Led debido principalmente a su mayor rendimiento lumínico. El rendimiento lumínico relaciona los luxes producidos con los vatios consumidos. Este parámetro es fundamental cuando se tratan grandes potencias lumínicas ya que aquí un buen rendimiento puede significar un gran ahorro energético y por tanto económico.

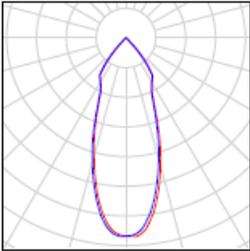
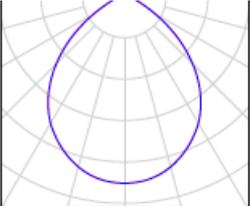
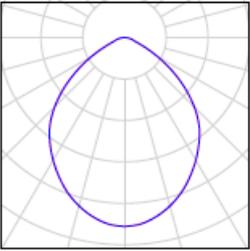
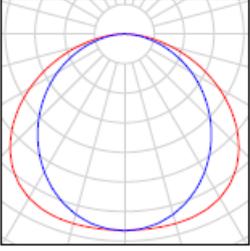
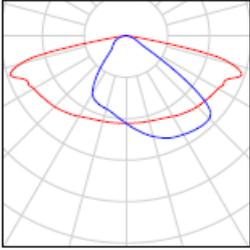
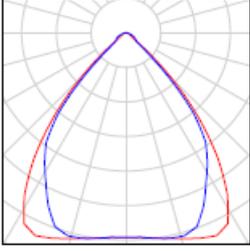
Luminaria (Emisión de luz)			
<p>Philips - RS060B 1xLED5-36-/830 Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED5-36-/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 99.67% Flujo luminoso de lámparas: 480 lm Flujo luminoso de las luminarias: 478 lm Potencia: 6.0 W Rendimiento lumínico: 79.7 lm/W</p>			6
<p>Lámpara: 1xLED10S/840/- Grado de eficacia de funcionamiento: 91.72% Flujo luminoso de lámparas: 1300 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1192 lm Potencia: 11.6 W Rendimiento lumínico: 102.8 lm/W</p>			5
<p>Philips - 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</p>			3
<p>Philips - 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</p>			2
<p>Philips - BVP650 T25 1 xLED100-4S/740 DM10 Emisión de luz 1 Lámpara: 1xLED100-4S/740 Grado de eficacia de funcionamiento: 88.27% Flujo luminoso de lámparas: 10000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 8827 lm Potencia: 58.0 W Rendimiento lumínico: 152.2 lm/W</p>			4
<p>Philips - BY470X 1xGRN130S/840 MB GC Emisión de luz 1 Lámpara: 1xGRN130S/840/- Grado de eficacia de funcionamiento: 99.88% Flujo luminoso de lámparas: 13000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 12984 lm Potencia: 97.0 W Rendimiento lumínico: 133.9 lm/W</p>			1

Tabla 6 – Listado de luminarias y características. (www.phillips.es, 2020)

Se puede decir que se han usado 4 rangos de potencia: un primer rango (97 W) de gran potencia, usadas donde la normativa exige gran cantidad de luz, las áreas son grandes y las alturas también. Otro rango de potencia (36 W) se usa en oficinas, donde se exige mucha cantidad de luz y mucha uniformidad. La luminaria usada tiene una curva de distribución luminosa muy adecuada para este caso. Un grupo de distintas bajas potencias (6 W, 11,6 W y 22 W) que se han usado para lugares pequeños sin gran necesidad de iluminación como baños y pasillos. Por último, un grupo de luminarias de potencia media (58 W) que están pensadas para trabajar a la intemperie, que se han usado para iluminar la zona del aparcamiento exterior.

En total, seis tipos distintos de luminarias para adecuarnos a las necesidades específicas de cada área. A continuación, se describe la iluminación por zonas, se aconseja el visionado del PLANO 4: LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS DE LUMINARIAS para mejor comprensión de la situación.

### 7.2.1 Oficina almacén

Se han utilizado 8 luminarias con identificador 2 divididas en grupos de cuatro entre dos circuitos.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos” Número de referencia 5.26.2. Tabla 5.26.

Se muestra para esta sala y para la de mecanizado a modo de ejemplo los resultados obtenidos con el programa *Dialux*.

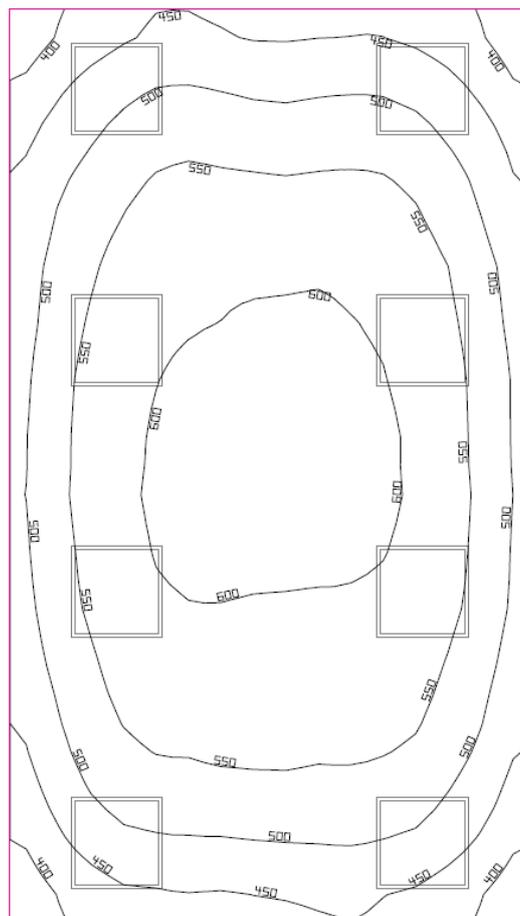


Figura 4 – Curvas isolux de oficina almacén. (Dialux, 2020).

Plano útil							
Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.	
1 Plano útil (OFICINA ALMACEN)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.300 m	[lx] 531 ( $\geq 500$ )	361	614	0.68	0.59	

# Luminaria	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
8 Philips - RC125B W60L60 1 xLED34S/830 NOC	3396	36.0	94.3
Suma total de luminarias	27168	288.0	94.3

Tabla 7 – Resumen de resultados de iluminación de oficina almacén. (Dialux, 2020).

### 7.2.2 Oficina 1

Se han utilizado 6 luminarias con identificador 2 divididas en grupos de tres entre dos circuitos.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos” Número de referencia 5.26.2. Tabla 5.26.

### 7.2.3 Oficina 2

Se han utilizado 11 luminarias con identificador 2 divididas en grupos seis y cinco entre dos circuitos.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Puestos de trabajo de CAD” Número de referencia 5.26.4. Tabla 5.26.

### 7.2.4 Recepción

Se han utilizado 4 luminarias con identificador 2 agrupadas en un único circuito.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Mostrador de recepción” Número de referencia 5.26.6. Tabla 5.26.

### 7.2.5 Comedor

Se han utilizado 9 luminarias con identificador 3 agrupadas en un único circuito.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Restaurante autoservicio” Número de referencia 5.29.63 Tabla 5.29. Se entiende que este comedor no es exactamente un restaurante autoservicio, pero esta aproximación es válida y se exige un nivel de iluminación adecuado para un comedor de una fábrica.

### 7.2.6 Pasillos

Los pasillos son muy largos por lo que se han tenido que utilizar 14 luminarias con identificador 3. Para su agrupamiento se ha tenido en cuenta las distintas zonas que une cada pasillo, por tanto, se agruparán las luminarias según las zonas que conecte su pasillo, esto da como resultado tres circuitos, uno de cuatro, y dos de cinco.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Pasillos” Número de referencia 5.29.7. Tabla 5.29.

### 7.2.7 *Baño 1*

Se ha utilizado 1 luminaria con identificador 3.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios” Número de referencia 5.2.4. Tabla 5.2.

### 7.2.8 *Baño 2*

Esta estancia es un vestuario, con distintas divisiones: ducha, retrete... por ello se han usado distintos tipos de luminaria, 3 luminarias con identificador 5 y 2 con identificador 6. Se han dividido en tres circuitos: uno con las tres luminarias con identificador 5 para la zona de lavabo y taquillas. Un circuito para el retrete con una luminaria con identificador 6 y otro circuito con una luminaria con identificador 6 para la zona de la ducha.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios” Número de referencia 5.2.4. Tabla 5.2.

### 7.2.9 *Baño 3*

Esta estancia es un vestuario, con distintas divisiones: ducha, retrete... por ello se han usado distintos tipos de luminaria, 3 luminarias con identificador 5 y 2 con identificador 6. Se han dividido en tres circuitos: uno con las tres luminarias con identificador 5 para la zona de lavabo y taquillas. Un circuito para el retrete con una luminaria con identificador 6 y otro circuito con una luminaria con identificador 6 para la zona de la ducha.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios” Número de referencia 5.2.4. Tabla 5.2.

### 7.2.10 *Baño 4*

Se han utilizado 2 luminarias con identificador 3 agrupadas en dos circuitos ya que una ilumina la ducha y otra el retrete y lavabo.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios” Número de referencia 5.2.4. Tabla 5.2.

### 7.2.11 *Baño 5*

Se han utilizado 2 luminarias con identificador 3 agrupadas en dos circuitos ya que una ilumina la ducha y otra el retrete y lavabo.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios” Número de referencia 5.2.4. Tabla 5.2.

### 7.2.12 *Almacén material*

Esta sala es un espacio rectangular bastante alargado de grandes dimensiones destinado a almacenar el material necesario para el proceso productivo. En esta zona no se necesita un gran nivel de iluminación ya que no se va a trabajar ahí. Sin embargo, se ha conseguido más iluminación de lo que dice la norma para facilitar la identificación del material que se necesite en cada momento.

Se han utilizado 11 luminarias con identificador 1 agrupadas en dos circuitos de seis y cinco luminarias separando la iluminación del almacén aproximadamente por la mitad de su largo.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Almacenes y cuartos de almacén” Número de referencia 5.4.2. Tabla 5.4.

#### *7.2.13 Almacén producto*

Es un espacio destinado a almacenar el producto terminado. En esta zona no se necesita un gran nivel de iluminación ya que no se va a trabajar ahí. Sin embargo, se ha conseguido más iluminación de lo que dice la norma para facilitar la identificación de los productos que se necesiten en cada momento y para facilitar la expedición de los mismos.

Se han utilizado 8 luminarias con identificador 1 agrupadas en dos circuitos de cuatro luminarias separando la iluminación del almacén aproximadamente por la mitad de su largo.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Almacenes y cuartos de almacén” Número de referencia 5.4.2. Tabla 5.4.

#### *7.2.14 Almacén tinte*

Es un espacio bastante pequeño para guardar los tintes. Se ha utilizado 1 luminarias con identificador 3.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Almacenes y cuartos de almacén” Número de referencia 5.4.2. Tabla 5.4.

#### *7.2.15 Tintado*

Sala grande en la que se realizará el tintado necesario a los muebles.

Se han utilizado 7 luminarias con identificador 1 agrupadas en dos circuitos de cuatro y tres luminarias separando la iluminación de la sala por la mitad de su largo.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Trabajo en banco de uniones, encolado, montaje” Número de referencia 5.25.4. Tabla 5.25.

#### *7.2.16 Corte y ensamble*

Es un espacio muy grande en el que se ubicarán todas las máquinas de corte; también dispondrá de mesas para realizar acabados y ensambles cuando sea necesario. En estos tipos de procesos, la normativa exige mucha iluminación.

Se han utilizado 19 luminarias con identificador 1 agrupadas en tres circuitos de cuatro, siete y ocho luminarias. El circuito de tres es para la zona de ensamble y los otros dos son para separar la iluminación de la zona de corte de modo que, si en algún momento no se necesita tanta iluminación, se pueda apagar uno de los circuitos y seguir trabajando.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Trabajo en máquinas para trabajar la madera, por ejemplo, torneado, estriado, enderezado, rebatido, ranurado, corte, aserrado, perforado” Número de referencia 5.25.6. Tabla 5.25.

### 7.2.17 Mecanizado

Es un espacio muy grande en el que se ubicarán todas las máquinas de mecanizado.

Se han utilizado 15 luminarias con identificador 1 agrupadas en dos circuitos de cinco y diez luminarias de modo que, si en algún momento no se necesita tanta iluminación, se pueda apagar uno de los circuitos y seguir trabajando.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Trabajo en máquinas para trabajar la madera, por ejemplo, torneado, estriado, enderezado, rebatido, ranurado, corte, aserrado, perforado” Número de referencia 5.25.6. Tabla 5.25.

Se muestran los resultados obtenidos a continuación:

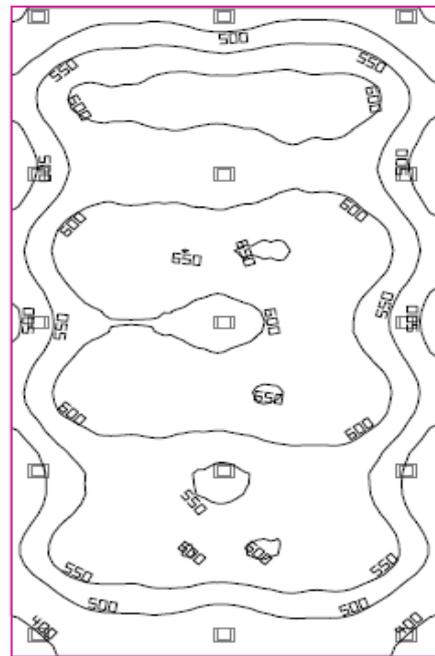


Figura 5 – Curvas isolux zona de mecanizado. (Dialux, 2020).

#### Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil (Mecanizado)	Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 1.500 m	564 (≥ 500)	353	654	0.63	0.54

#	Luminaria	Φ(Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
15	Philips - BY470X 1xGRN130S/840 MB GC	12984	97.0	133.9
	Suma total de luminarias	194760	1455.0	133.9

Tabla 8 – Resumen de resultados de iluminación zona mecanizado. (Dialux, 2020).

### *7.2.18 Exposición*

Es un espacio grande en el que poder exponer muebles que puedan captar la atención de los posibles clientes.

Se han utilizado 8 luminarias con identificador 1 agrupadas en dos circuitos de cuatro y cuatro luminarias.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “pabellones de exposiciones, alumbrado general” Número de referencia 5.31.1. Tabla 5.31.

### *7.2.19 Sala aire comprimido*

Se trata de una pequeña sala que contiene la maquinaria necesaria para producir y controlar el aire comprimido de la nave. En esta sala solo se deberán realizar mantenimientos y algunos ajustes de la maquinaria, por lo que no es necesaria mucha iluminación.

Se han utilizado 4 luminarias con identificador 3 agrupadas en un único circuito.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Salas de máquinas” Número de referencia 5.20.3. Tabla 5.20.

### *7.2.20 Aspiración*

Se trata de un espacio sin techar que contiene los contenedores de serrín y viruta de la madera. Al estar al aire libre, se ha optado por luminarias de exterior (identificador 4) fijadas a la pared. En esta sala no se realizarán operaciones más allá del vaciado de los contenedores, por lo que se la puede considerar un almacén.

Se han utilizado 2 luminarias con identificador 4 agrupadas en un único circuito.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Almacenes y cuarto de almacén” Número de referencia 5.4.1. Tabla 5.4.

### *7.2.21 Aparcamiento*

Es una zona exterior destinada al aparcamiento de los vehículos y también al paso de los camiones para la carga y descarga en la nave. Por lo tanto, se debe iluminar de forma que se garantice la seguridad de las personas en esta actividad. Al ser una zona exterior, se optan por luminarias para intemperie fijadas a la fachada de la nave.

Se han utilizado 8 luminarias con identificador 4 agrupadas en un único circuito ya que se prevé que en ningún momento se va a necesitar tener encendidas solo parte de ellas. Su encendido y apagado se contralará mediante un interruptor horario programable.

Según la norma UNE 12464 se le considera a esta área como “Pasos de peatones, puntos de giro, de carga y descarga de vehículos” Número de referencia 5.1.4. Tabla 5.1. (Lugares de trabajo exteriores).

### 7.3 Resumen resultados iluminación

Se han extraído y resumido los resultados más importantes del programa dialux. Se muestran a continuación.

Zona	Em Norma (lux)	Em Resultado (lux)	Um Norma	Um Resultado	UGR Norma	UGR Resultado
Oficina almacén	500	531	0,6	0,68	19	19
Oficina 1	500	552	0,6	0,72	19	17
Oficina 2	500	620	0,6	0,95	19	19
Recepción	300	380	0,6	0,62	22	16
Comedor	200	197	0,4	0,76	22	21
Pasillos	100	102	0,4	0,47	25	24
Baño 1	200	200	0,4	0,73	25	<10
Baño 2	200	201	0,4	0,46	25	22
Baño 3	200	201	0,4	0,46	25	22
Baño 4	200	292	0,4	0,69	25	20
Baño 5	200	292	0,4	0,69	25	20
Almacén material	100	214	0,4	0,44	25	25
Almacén producto	100	234	0,4	0,62	25	24
Almacén tinte	100	149	0,4	0,55	25	<10
Tintado	300	436	0,6	0,62	25	23
Corte y ensamble	500	497	0,6	0,61	19	20
Mecanizado	500	564	0,6	0,63	19	20
Exposición	300	395	0,4	0,38	22	21
Sala aire comprimido	200	296	0,4	0,58	25	25
Aspiración	100	132	0,4	0,54	25	25
Aparcamiento	50	72	0,4	0,6	25	25

Tabla 9 – Resumen de resultados de iluminación y comparación con normativa. (Elaboración propia).

Zona	N ° de luminarias	Tipo e identificador	Potencia / Luminaria (W)	Potencia total (W)
Oficina almacén	8	PHILIPS - 34S/830 NOC (2)	36	288
Oficina 1	6	PHILIPS - 34S/830 NOC (2)	36	216
Oficina 2	11	PHILIPS - 34S/830 NOC (2)	36	396
Recepción	4	PHILIPS - 34S/830 NOC (2)	36	144
Comedor	9	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	198
Pasillos	14	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	308
Baño 1	1	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	22
Baño 2	3	PHILIPS - 10S/840 (5)	11,6	34,8
Baño 2	2	PHILIPS - 36-/830 (6)	6	12
Baño 3	3	PHILIPS - 10S/840 (5)	11,6	34,8
Baño 3	2	PHILIPS - 36-/830 (6)	6	12
Baño 4	2	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	44
Baño 5	2	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	44
Almacén material	11	PHILIPS - BY470X 130S/MBGC (1)	97	1067
Almacén producto	8	PHILIPS - BY470X 130S/MBGC (1)	97	776
Almacén tinte	1	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	22
Tintado	7	PHILIPS - BY470X 130S/MBGC (1)	97	679
Corte y ensamble	19	PHILIPS - BY470X 130S/MBGC (1)	97	1843
Mecanizado	15	PHILIPS - BY470X 130S/MBGC (1)	97	1455
Exposición	8	PHILIPS - BY470X 130S/MBGC (1)	97	776
Sala aire comprimido	4	PHILIPS - 20S/830 (3)	22	88
Aspiración	2	PHILIPS - BVP650 4S/740 DM10 (4)	58	116
Aparcamiento	8	PHILIPS - BVP650 4S/740 DM10 (4)	58	464
<b>TOTAL</b>	<b>150 luminarias</b>			<b>9039,6 W</b>

Tabla 10 – Resumen resultados de potencia de la iluminación. (Elaboración propia).

Como se aprecia, se cumple la norma UNE 12464 y se necesitan 150 luminarias consumiendo un total de 9039,6 W.

## 8 POTENCIA DEMANDADA

La potencia necesaria para iluminación se ha detallado en la Tabla 10, dando como resultado una potencia total de iluminación de 9,0 kW con un coseno de phi de 1 ya que las luminarias led tienen ese valor corregido.

La potencia necesaria para otros usos se ha estimado teniendo en cuenta las posibles necesidades de cada sala.

En las zonas de trabajo de fabricación, se ha previsto potencia abundante para otros usos ya que se podrían conectar ahí taladros manuales, lijadoras manuales... es decir, pequeñas máquinas herramientas.

Por otra parte, se ha tenido en cuenta la potencia del aire acondicionado en las oficinas, así como la potencia necesaria para los útiles de los puestos de trabajo.

También se ha tenido en cuenta el consumo de dos microondas y un frigorífico en el comedor y de dos calentadores eléctricos para vestuarios y duchas, así como secamanos en los vestuarios.

Con todas estas necesidades y aplicando un factor de simultaneidad para otros usos de 0,7 se obtiene una potencia para otros usos de 33,3 kW. aplicándole un coseno de phi medio de 0,9 se obtiene un valor de 37,0 kVA.

La potencia de fuerza motriz se ha obtenido de los consumos de las máquinas y aplicándole un factor de simultaneidad de 0,9, da unos valores de 277,6 kW y 321,7 kVA

Por lo expuesto, se llega la conclusión de que las potencias necesarias son:

	P	SIMULTANEIDAD	COS( $\varphi$ )	P SIMULTANEA (kW)	S SIMULTANEA (kVA)
<b>FUERZA MOTRIZ</b>	308,4 kW	0,9	0,86	277,6	321,7
<b>OTROS USOS</b>	47,6 kW	0,7	0,9	33,3	37,0
<b>ILUMINACIÓN</b>	9,0 kW	1	1	9,0	9,0
<b>TOTAL</b>				<b>319,9 kW</b>	<b>367,7 kVA</b>

Tabla 11 – Potencia total demandada. (Elaboración propia).

## 9 DIMENSIONADO

Se va a detallar el proceso general de cálculo que se ha seguido para dimensionar la instalación.

### 9.1 Intensidad nominal y de cálculo

Uno de los primeros valores que es necesario conocer es la intensidad que va a demandar cada máquina del proceso productivo, a esta intensidad se le nombra intensidad nominal. Se usa la fórmula que relaciona la potencia con la tensión y la intensidad para calcularla.

$$I_n = \frac{S}{a \cdot V_n}$$

*Ecuación 1 – Intensidad nominal.*

- $I_n$  Intensidad nominal (A).
- $S$  Potencia aparente (VA).
- $V_n$  Tensión nominal (V). Es la tensión de línea a la que funciona la carga, 400 V si la carga es trifásica y 230 V si es monofásica.
- $a$  Es un coeficiente que distingue entre sistemas monofásicos y trifásicos. Vale  $\sqrt{3}$  si el receptor es trifásico y vale 1 si es monofásico. Esto es porque la potencia no se calcula exactamente igual en una carga monofásica que trifásica.

Aunque hallemos la intensidad nominal, es necesario tener en cuenta algunos otros parámetros, por ejemplo, los motores consumen más intensidad en su arranque para vencer la inercia, las lámparas de descarga son cargas no lineales que provocan armónicos de intensidad; además, para diseñar la instalación debemos conocer la intensidad que circulará por cada línea, no solo por la carga. Por ello, es necesario definir una nueva intensidad, la intensidad de cálculo.

Líneas sin motores:

$$I_b = \frac{\sum S}{a \cdot V_n}$$

*Ecuación 2 – Intensidad de cálculo sin motores.*

Líneas con motores:

$$I_b = 0,25 \cdot \frac{S_{mot.max}}{a \cdot V_n} + \frac{\sum S}{a \cdot V_n}$$

*Ecuación 3 – Intensidad de cálculo con motores.*

- $I_b$  Intensidad de cálculo.
- $S_{mot.max}$  potencia aparente del motor de mayor potencia que es alimentado por esa línea.

## 9.2 Dimensionado por criterio térmico

Al circular una intensidad por un conductor real, este se calienta por causa del efecto Joule, este calor generado incrementa la temperatura del conductor; en nuestro caso, incrementa la temperatura del conductor y del aislante.

Para que la instalación sea segura, no se puede permitir que este efecto eleve la temperatura del cable de forma que el aislamiento deje de trabajar con eficacia, por ello, tendremos una intensidad máxima que no se podrá sobrepasar. Según el tipo de aislante, la temperatura límite a la que pueden trabajar varía; para el polietileno reticulado (XLPE) esta temperatura es de 90 °C y para el cloruro de polivinilo (PVC) es de 70 °C.

Pero no solo influye la intensidad que circula por el conductor en la temperatura que alcanza el cable, debemos considerar también los siguientes factores: Temperatura ambiente, material del cable, agrupamiento de circuitos, tipo de instalación y algún otro valor. Todos estos factores son tenidos en cuenta en las tablas proporcionadas por la norma UNE 60364-5-2.

El flujo de trabajo con estas tablas es el siguiente: mirando en las tablas, se calcula el coeficiente  $k_t$  por haber una temperatura ambiente distinta de 30° C o una temperatura del terreno distinta a 20° C. El coeficiente  $k_a$  por agrupamiento de circuitos. Y  $k_r$  por una resistividad del terreno distinta a 2,5 K·m/W. Todos estos coeficientes se calculan cuando es necesario.

Multiplicando los coeficientes  $k$  se calcula una intensidad  $I_1$  tal que:

$$I_1 = \frac{I_b}{\prod k_i}$$

*Ecuación 4 – Intensidad para entrar en tablas.*

Con  $I_1$  se entra en la tabla de intensidades máximas admisibles según el método de instalación, según si la línea es trifásica o monofásica y según el material conductor y aislante, y cuando la intensidad de la tabla sea inmediatamente superior a  $I_1$ , se puede escoger para esa fila, esa sección. La intensidad máxima que la línea puede soportar será:

$$I_z = \left( \prod k_i \right) \cdot I_t$$

*Ecuación 5 – Intensidad máxima admisible.*

- $I_t$  La intensidad inmediatamente superior a  $I_1$  con la cual hemos obtenido la sección de la tabla de intensidades máximas admisibles.
- $I_z$  La intensidad máxima que la línea puede soportar en amperios.

Con este procedimiento se habría obtenido la sección de conductor necesaria para una línea según el criterio térmico.

## 9.3 Dimensionado por criterio de caída de tensión

Al circular corriente por un cable, la tensión de este decae debido a los efectos capacitivos, inductivos y resistivos del cable. Esto es, si se tienen dos cables conectados a una fuente de tensión en un extremo y en el otro extremo a una carga, la tensión en la carga será levemente menor que la tensión en la

fuelle. El valor de esa caída de tensión depende de múltiples factores, entre ellos, la longitud del cable, la sección, la conductividad del material del cable...

Se deben calcular esas caídas de tensión y limitarlas a valores aceptables de modo que las cargas puedan trabajar con la tensión para la que han sido diseñadas.

La ITC-BT-19 dice al respecto: "Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos" (Reglamento electrotécnico de baja tensión). Se deberán cumplir entonces, esos límites.

Para el cálculo de las caídas de tensión se usan las siguientes ecuaciones:

La ecuación general es:

$$U_1 - U_2 = \Delta U = \frac{L}{U_2} (R_u \cdot P + X_u \cdot Q)$$

*Ecuación 6 – caída de tensión general.*

De donde se puede deducir que para líneas trifásicas con las cargas al final de la línea:

$$e = \frac{L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U_n^2} \cdot 100$$

*Ecuación 7 – Caída de tensión porcentual trifásica con cargas al final de la línea.*

Y para líneas monofásicas con las cargas al final de la línea:

$$e = \frac{L \cdot P \cdot \rho}{S \cdot U_n^2} \cdot 200$$

*Ecuación 8 – Caída de tensión porcentual monofásica con cargas al final de la línea.*

En estas ecuaciones:

- $\Delta U$  Es la diferencia de tensión en voltios entre en inicio y el fin de la línea.
- $L$  Es la longitud en metros desde el inicio al fin de la línea.
- $R_u$  Es la resistencia unitaria del cable en  $\Omega/m$ .
- $P$  Es la potencia demandada por la línea en W.
- $X_u$  Es la reactancia unitaria del cable en  $\Omega/m$ .
- $Q$  Es la potencia reactiva demandada por línea en VAR.
- $\rho$  Es la resistividad del cable en  $\Omega \cdot mm^2/m$ .
- $U_n$  Es la tensión nominal de la línea en voltios, siendo 400 V para trifásica y 230 V para monofásica.
- $S$  Sección del conductor en  $mm^2$ .

Se hace notar que en las dos ecuaciones anteriores se ha despreciado el término de la reactancia. Esto es válido y usual cuando las secciones son menores de  $95 mm^2$ . Si alguna sección fuera mayor, habría que incluir este término y se suele usar el valor de  $0.0001 \Omega/m$ .

Si las cargas están distribuidas a lo largo de la línea, se tienen las siguientes ecuaciones:

Para líneas trifásicas:

$$e = \frac{\rho \cdot \sum(L_{0i} P_i)}{S \cdot U_n^2} \cdot 100$$

*Ecuación 9 - Caída de tensión porcentual trifásica con cargas distribuidas.*

Para líneas monofásicas:

$$e = \frac{\rho \cdot \sum(L_{0i} P_i)}{S \cdot U_n^2} \cdot 200$$

*Ecuación 10 - Caída de tensión porcentual monofásica con cargas distribuidas.*

- $L_{0i}$  Es la distancia en metros desde el inicio de la línea hasta la carga  $i$ .
- $P_i$  Es la potencia en vatios de la carga  $i$

Los demás valores son los mismos que en las ecuaciones para cargas al final de la línea.

Es necesario indicar que la resistividad del material depende de la temperatura, por lo tanto, se debe estimar a qué temperatura estará el cable en su régimen nominal. Este proceso se lleva a cabo con las siguientes ecuaciones:

$$\rho = \rho_{20^\circ\text{C}} \cdot \frac{234,5 + T}{254,5}$$

*Ecuación 11 – Variación de la resistividad con la temperatura.*

$$T = T_{amb} + (T_{max.adm} - T_{amb}) \cdot \left(\frac{I_b}{I_z}\right)^2$$

*Ecuación 12 – Estimación de la temperatura del conductor.*

En estas ecuaciones:

- $\rho_{20^\circ\text{C}}$  Es la resistividad del metal en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . a  $20^\circ\text{C}$ . Para el cobre  $0,018 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  y para el aluminio  $0,029 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .
- $T$  Es la temperatura estimada a la que se encuentra el conductor en  $^\circ\text{C}$ .
- $T_{amb}$  Es la temperatura ambiente en  $^\circ\text{C}$ .
- $T_{max.adm}$  Es la máxima temperatura que soporta el aislante,  $70^\circ\text{C}$  para el PVC y  $90^\circ\text{C}$  para el XLPE.
- $I_z$  La intensidad máxima que la línea puede soportar en amperios.

Con todo esto, se debe comprobar que las caídas de tensión en todas las líneas no superan las indicadas en la normativa ya comentada:

**Alumbrado  $\leq 4,5\%$**

**Otros usos  $\leq 6,5\%$**

Estos dos criterios, el térmico y el de caída de tensión, darán dos valores de sección que pueden ser iguales o distintos, la sección definitiva será la mayor de las dos en caso de que no haya que aumentarla por criterios de protección que veremos posteriormente.

#### 9.4 Resumen de resultados del dimensionado de los conductores

NOMBRE LÍNEA	LONGITUD (m)	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	MET. INSTALACIÓN	S DEFINITIVA (mm <sup>2</sup> )	S CONDUCTOR DE PROTECCIÓN (mm <sup>2</sup> )
CS001 - MAQ9	6	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS001 - MAQ10	17	TRIFÁSICA	XLPE	B1	6	6
CS001 - MAQ11	6	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS001 - MAQ12	23	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS001 - MAQ13	30	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS001 - MAQ14	9	TRIFÁSICA	XLPE	B1	35	16
CS001 - MAQ15	23	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS001 - TOMAS MONO	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS001 - TOMAS TRI	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS001 - ALU MEC 1	25	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS001 - ALU MEC 2	25	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS002 - MAQ18	8	TRIFÁSICA	XLPE	B1	16	16
CS002 - MAQ19	16	TRIFÁSICA	XLPE	B1	16	16
CS002 - MAQ20	10	TRIFÁSICA	XLPE	B1	35	16
CS002 - MAQ21	9	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	15	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS003 - MAQ16	16	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS003 - MAQ17	22	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS003 - ALU TINT	24	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS003 - TOMAS MONO	11	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS004 - ALU	15	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS004 - TOMAS MONO 1	10	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS004 - TOMAS MONO 2	10	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS004 - TOMAS MONO 3	14	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS004 - TOMAS MONO 4	14	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS004 - TOMAS MONO AC	4	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS004 - ALU APARCAMIENTO	50	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS005 - MAQ1	14	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS005 - MAQ2	28	TRIFÁSICA	XLPE	B1	16	16
CS005 - MAQ3	5	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS005 - MAQ4	16	TRIFÁSICA	XLPE	B1	10	10
CS005 - MAQ5	7	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS005 - MAQ6	9	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS005 - MAQ7	11	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS005 - MAQ8	33	TRIFÁSICA	XLPE	B1	4	4
CS005 - TOMAS MONO	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS005 - TOMAS TRI	3	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS005 - ALU CORTE 1	20	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5

NOMBRE LÍNEA	LONGITUD (m)	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	MET. INSTALACIÓN	S DEFINITIVA (mm <sup>2</sup> )	S CONDUCTOR DE PROTECCIÓN (mm <sup>2</sup> )
CS005 - ALU CORTE 2	29	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS006 - ALU	20	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS006 - TOMAS MONO 1	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS006- TOMAS MONO 2	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS006- TOMAS TRI	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS006- TOMAS MONO TERMO	14	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS006- TOMAS MONO SECAMANOS	21	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS007 - ALU	28	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS007 - TOMAS MONO	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS007 - ALU BAÑOS	25	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS008 - ALU	25	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS008 - TOMAS MONO	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS009 - ALU	11	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS009 - TOMAS MONO 1	8	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS009 - TOMAS MONO 2	12	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS009 - TOMAS MONO TERMO	12	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS009 - TOMAS MONO AC	4	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS010 - ALU	40	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS010 - TOMAS MONO	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CS011 - ALU	12	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,5	1,5
CS011 - TOMAS MONO	6	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,5	2,5
CGP-CS001	7	TRIFÁSICA	XLPE	C	120	70
CGP-CS002	20	TRIFÁSICA	XLPE	C	120	70
CGP-CS003	47	TRIFÁSICA	XLPE	C	4	4
CGP-CS004	62	TRIFÁSICA	XLPE	C	6	6
CGP-CS005	16	TRIFÁSICA	XLPE	C	95	50
CGP-CS006	62	TRIFÁSICA	XLPE	C	6	6
CGP-CS007	90	MONOFÁSICA	XLPE	C	6	6
CGP-CS008	60	MONOFÁSICA	XLPE	C	6	6
CGP-CS009	84	MONOFÁSICA	XLPE	C	16	16
CGP-CS010-CS011	39	MONOFÁSICA	XLPE	C	6	6
CGP-CONDENSADORES	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	35	16
TRANSFORMADOR- CGP FASES (dos conductores por fase)	28	TRIFÁSICA	XLPE	D1	240	
TRANSFORMADOR- CGP NEUTRO (dos conductores por fase)	28	TRIFÁSICA	XLPE	D1	120	

Tabla 12 – Resumen de resultados de los conductores. (Elaboración propia).

## 10 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Hay casos en los que la instalación puede entrar en un comportamiento no buscado por el diseñador. Esto es peligroso para las personas y la instalación y se debe evitar.

### 10.1 Protección frente a sobreintensidades

Las sobreintensidades son aquellas que son mayores a la intensidad máxima admisible del conductor ( $I_z$ ). Estas intensidades pueden provocar temperaturas mayores de la que el aislante es capaz de soportar. Estas sobreintensidades pueden provenir de dos tipos de fallos, sobrecargas o cortocircuitos.

Es necesario dotar a la instalación de la protección necesaria ante este tipo de fallos. Esta protección viene descrita en el REBT ITC-BT-22.

#### 10.1.1 Sobrecargas

Cuando no existe ninguna avería en la instalación y, aun así, por algún conductor circula una intensidad mayor a su intensidad máxima admisible, se considera que se está sufriendo una sobrecarga.

Una sobrecarga suele venir de incidencias como: conexión de cargas con mayor potencia de la prevista, o conexión de mayor número de cargas al previsto. También pueden darse por algunas averías en los receptores que les hagan demandar más intensidad de la prevista. Se deben detectar estas sobrecargas y eliminarlas sin que ninguna parte de la instalación sea dañada.

Es decir, se trata de desconectar la parte de la instalación que está sufriendo la sobrecarga antes de que los conductores se calienten de forma peligrosa superando su temperatura admisible.

Los dispositivos encargados de esta protección deberán cumplir:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

*Ecuación 13 – Protección frente a sobrecarga.*

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

*Ecuación 14 – Protección frente a sobrecarga.*

En estas ecuaciones:

- $I_b$  Intensidad de cálculo de la línea.
- $I_n$  Intensidad nominal del aparato de protección.
- $I_z$  Intensidad máxima admisible de la línea.
- $I_2$  Intensidad que garantiza el funcionamiento correcto del dispositivo de protección.

Estas ecuaciones quieren decir que el aparato que proteja la línea frente a sobrecargas debe ser capaz de soportar la intensidad de cálculo de la línea y debe de actuar con eficacia ante una sobrecarga de corriente no mayor a  $1,45 \cdot I_z$ .

En pequeños interruptores automáticos (PIAs),  $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ , por lo que, si se cumple la primera ecuación, también se cumple la segunda.

### 10.1.2 Cortocircuitos

Un cortocircuito es la aparición debida a un fallo eléctrico de un camino de muy baja impedancia capaz de provocar grandes corrientes. Estos fallos, en las instalaciones suelen ser fallos de aislamiento, fallos en la conexión de elementos o defectos en las cargas alimentadas.

Existen diversos tipos de cortocircuitos, cortocircuitos entre fase y neutro, entre fase y fase, entre las tres fases a la vez... De todos ellos, los que normalmente provocan intensidades mayores son los cortocircuitos tripolares, es decir, cortocircuitos en los que las tres fases se ponen en contacto. Por ello, el cortocircuito que se considera en el cálculo es este, el tripolar.

Para conseguir la protección frente a cortocircuitos, se debe dotar a la instalación de elementos capaces de cortar toda corriente de cortocircuito posible de forma tal que no produzca daño en la instalación.

Para el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito se usa la siguiente ecuación:

$$I_{ccmax} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{eq}}$$

*Ecuación 15 – Corriente máxima de cortocircuito.*

- $I_{ccmax}$  Es la corriente máxima de cortocircuito.
- $U_n$  Es la tensión de línea en bornes del transformador. Aquí, 400 V.
- $Z_{eq}$  Es el módulo de la impedancia equivalente a todo el recorrido de la corriente de cortocircuito.

Para calcular la  $Z_{eq}$  debemos hacer la suma de todas las impedancias que recorre la corriente de cortocircuito. Esto dependerá del punto de la instalación en el que se dé el fallo, pero con generalidad, esta impedancia estará compuesta por la de la red de alta tensión, la del transformador y la de los cables.

Para la red de alta tensión se ha estimado una potencia de 350MVA (Roger & otros, 2010), con la impedancia pueden calcularse sus valores de resistencia y reactancia:

$$Z_R = 1,1 \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot S_R}$$

*Ecuación 16 – Impedancia de la red de alta tensión.*

$$X_R = 0,995 \cdot Z_R$$

*Ecuación 17 – Reactancia de la red de alta tensión.*

$$R_R = 0,1 \cdot X_R$$

*Ecuación 18 – resistencia de la red de alta tensión.*

En estas ecuaciones:

- $Z_R, X_R, R_R$  Son la impedancia, reactancia y resistencia respectivamente de la red de alta Tensión en  $m\Omega$ .
- $S_R$  Es la potencia de la red de alta tensión en MVA.

Para el transformador:

$$R_t = \frac{e_{Rcc}(\%) \cdot U_{nt}^2}{100 \cdot S_{nt}}$$

*Ecuación 19 – Resistencia de cortocircuito del transformador.*

$$X_t = \frac{e_{Xcc}(\%) \cdot U_{nt}^2}{100 \cdot S_{nt}}$$

*Ecuación 20 – Reactancia de cortocircuito del transformador.*

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

*Ecuación 21 – Impedancia de cortocircuito del transformador.*

- $R_t, X_t, Z_t$  Resistencia, reactancia e impedancia de cortocircuito del transformador en mΩ.
- $e_{Rcc}(\%), e_{Xcc}(\%)$  Resistencia y reactancia de cortocircuito porcentual del transformador.
- $U_{nt}$  Tensión nominal del lado de baja tensión del transformador, 400 V.
- $S_{nt}$  Potencia nominal del transformador en kVA.

Para la impedancia de los cables se tiene:

$$R_w = b \cdot \frac{1000 \cdot \rho \cdot L}{n \cdot S}$$

*Ecuación 22 – Resistencia de los cables.*

$$X_w = x \cdot L$$

*Ecuación 23 – Reactancia de los cables.*

- $b$  Vale 1 si la línea es trifásica y vale 2 si es monofásica.
- $R_w, X_w$  Resistencia y reactancia del cable en mΩ.
- $\rho$  Resistividad en Ω·mm<sup>2</sup>/m.
- $L$  Longitud del cable en una sola dirección en metros.
- $n$  Número de cables en paralelo por fase.
- $x$  Reactancia unitaria del cable. En este caso se ha optado por un valor de 0,1 mΩ/m.

Por lo tanto, en general, la impedancia que habrá que considerar será:

$$Z_{eq} = \sqrt{(R_R + R_t + R_w)^2 + (X_R + X_t + X_w)^2}$$

*Ecuación 24 – Impedancia equivalente del cortocircuito.*

Las ecuaciones anteriores son para cortocircuitos tripolares, que son los que normalmente provocan corrientes mayores. Usar estas ecuaciones hace necesario la inclusión de una corrección al calcular la corriente de cortocircuito mínima, ya que esta no se da en el cortocircuito tripolar, si no en el cortocircuito fase-fase o fase-neutro.

Por esto, para calcular la corriente de cortocircuito mínima se usará:

$$I_{ccmin} = 0,5 \cdot I_{cctripolar}$$

*Ecuación 25 – Corriente de cortocircuito mínima.*

En la que se tiene en cuenta un neutro distribuido con una sección igual a la sección de fase. Además, el cortocircuito mínimo se dará al final de la línea y el máximo al principio de esta.

Una vez calculadas las corrientes máximas y mínima de cortocircuito, las condiciones que deben cumplir los aparatos de protección contra cortocircuitos son:

- i. El poder de corte del aparato debe ser mayor a la máxima corriente de cortocircuito de la línea que proteja.

$$\text{Poder de corte} > I_{ccmax}$$

*Ecuación 26 – Poder de corte.*

- ii. La corriente de cortocircuito mínima debe ser superior a una corriente tal que garantice el buen funcionamiento del dispositivo, esta corriente se define de distinta forma según el aparato sea un fusible o un interruptor automático.

$$I_a < I_{ccmin}$$

*Ecuación 27 - Protección frente al cortocircuito mínimo.*

Para interruptores automáticos,  $I_a$  es la intensidad de actuación del disparador electromagnético. Esto asegura que el corte va a ser muy rápido, aunque se dé el cortocircuito mínimo.

Para fusibles,  $I_a$  es la intensidad en la que se corta la curva de disparo del fusible y la curva I–T admisible del conductor. Esto es así ya que entonces se asegura que el fusible disparará antes de que el cortocircuito mínimo haya provocado daños en el conductor.

- iii. La última condición es que la energía por unidad de ohmio que deja pasar la protección en el cortocircuito máximo sea menor que la que soporta el conductor.

$$I^2 t_{adm.cable} > I^2 t_{disparo.Iccmax}$$

*Ecuación 28 – Protección frente a calentamiento en el cortocircuito máximo.*

En esta última ecuación, se puede calcular el  $I^2 t_{adm.cable}$  según la ITC-BT-22 como

$$I^2 t_{adm.cable} = (KS)^2$$

*Ecuación 29 – Energía que soporta el conductor.*

En la que S es la sección del conductor en mm<sup>2</sup> y K es una constante que depende del material y aislamiento del cable. Para conductores de cobre con aislamiento de XLPE, K=143. No hace falta considerar en esta condición la corriente de cortocircuito mínima ya que el tiempo de

disparo en la zona magnética de los IA es prácticamente independiente de los valores de intensidad.

## 10.2 Dispositivos de protección frente a sobreintensidades

Las líneas se protegerán mediante interruptores automáticos o mediante pequeños interruptores automáticos. Estos dispositivos cortarán la corriente cuando se detecte una sobrecarga o un cortocircuito. Además, se instalará un fusible de intensidad nominal 800 A y poder de corte 120 kA en la salida del transformador que protegerá la línea frente a cortocircuitos.

Estos aparatos quedan definidos con su intensidad nominal, su poder de corte, el número de polos y su curva de disparo. Cabe mencionar que la curva de disparo indica lo rápido que se acciona el disparador electromagnético en relación con la intensidad que pasa por el dispositivo. Como se ve en la siguiente imagen, los disparos más rápidos son los de la curva B, luego los de la C y luego los de la D.

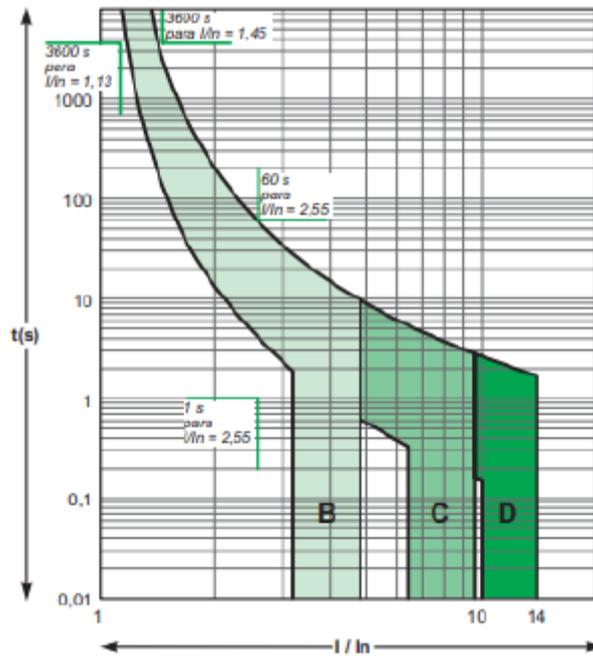


Figura 6 – Curvas de disparo. (<https://www.se.com/es/es/>, 2020)

Esta aparatamenta se ha elegido teniendo en cuenta los criterios expuestos en el apartado Protección frente a sobreintensidades. La ubicación de estos dispositivos queda totalmente reflejada en los esquemas unifilares. Además, a continuación, se muestra una tabla con los detalles de la protección frente a sobreintensidades elegida. Se podrá instalar otro dispositivo distinto al expuesto siempre y cuando posea las mismas características.

NOMBRE LÍNEA	I <sub>n</sub> IA o PIA (A)	Pdc (kA)	CURVA (B,C,D)	POLOS	NOMBRE COMERCIAL
CS001 - MAQ9	20,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - MAQ10	40,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - MAQ11	10,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - MAQ12	16,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - MAQ13	16,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - MAQ14	125,00	25	C	4	NG125N-4P
CS001 - MAQ15	25,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - TOMAS MONO	16,00	20	C	2	IC60N-2P
CS001 - TOMAS TRI	16,00	15	C	4	IC60H-4P
CS001 - ALU MEC 1	10,00	20	C	2	IC60N-2P
CS001 - ALU MEC 2	10,00	20	C	2	IC60N-2P
CS002 - MAQ18	63,00	15	C	4	IC60H-4P
CS002 - MAQ19	63,00	15	C	4	IC60H-4P
CS002 - MAQ20	125,00	25	C	4	NG125N-4P
CS002 - MAQ21	10,00	15	C	4	IC60H-4P
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	10,00	20	C	2	IC60N-2P
CS003 - MAQ16	10,00	6	C	4	Acti9 iC40N-4P
CS003 - MAQ17	10,00	6	C	4	Acti9 iC40N-4P
CS003 - ALU TINT	10,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS003 - TOMAS MONO	16,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - ALU	10,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - TOMAS MONO 1	16,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - TOMAS MONO 2	16,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - TOMAS MONO 3	16,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - TOMAS MONO 4	16,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - TOMAS MONO AC	25,00	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS004 - ALU APARCAMIENTO	10,00	6	B	2	Acti9 IC40F-2P
CS005 - MAQ1	20,00	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - MAQ2	80,00	25	C	4	NG125N-4P
CS005 - MAQ3	20,00	15	C	4	IC60H-4P

NOMBRE LÍNEA	I <sub>n</sub> IA o PIA (A)	Pdc (kA)	CURVA (B,C,D)	POLOS	NOMBRE COMERCIAL
CS005 - MAQ4	50,00	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - MAQ5	10,00	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - MAQ6	10,00	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - MAQ7	16,00	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - MAQ8	25,00	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - TOMAS MONO	16	15	C	2	IC60N-2P
CS005 - TOMAS TRI	16	15	C	4	IC60H-4P
CS005 - ALU CORTE 1	10	20	C	2	IC60N-2P
CS005 - ALU CORTE 2	10	20	C	2	IC60N-2P
CS006 - ALU	10	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS006 - TOMAS MONO 1	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS006- TOMAS MONO 2	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS006- TOMAS TRI	10	6	C	4	Acti9 iC40N-4P
CS006- TOMAS MONO TERMO	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS006- TOMAS MONO SECAMANOS	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS007 - ALU	10	6	B	2	Acti9 IC40F-2P
CS007 - TOMAS MONO	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS007 - ALU BAÑOS	10	6	B	2	Acti9 IC40F-2P
CS008 - ALU	10	6	B	2	Acti9 IC40F-2P
CS008 - TOMAS MONO	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS009 - ALU	10	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS009 - TOMAS MONO 1	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS009 - TOMAS MONO 2	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS009 - TOMAS MONO TERMO	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS009 - TOMAS MONO AC	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS010 - ALU	10	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS010 - TOMAS MONO	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS011 - ALU	10	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CS011 - TOMAS MONO	16	6	C	2	Acti9 IC40F-2P
CGP-CS001	250	36	C	4	NSX250F-4P

NOMBRE LÍNEA	I <sub>n</sub> IA o PIA (A)	Pdc (kA)	CURVA (B,C,D)	POLOS	NOMBRE COMERCIAL
CGP-CS002	250	36	C	4	NSX250F-4P
CGP-CS003	25	15	C	4	IC60H-4P
CGP-CS004	32	15	C	4	IC60H-4P
CGP-CS005	250	36	C	4	NSX250F-4P
CGP-CS006	32	15	C	4	IC60H-4P
CGP-CS007	32	15	B	2	IC60H-2P
CGP-CS008	25	15	C	2	IC60H-2P
CGP-CS009	63	15	B	2	IC60H-2P
CGP-CS010-CS011	32	15	C	2	IC60H-2P
CGP-CONDENSADORES	125	25	C	4	NG125N-4P
TRANSFORMADOR-CGP	630	42	C	4	MASTER PACK MTZ1-4P
TRANSFORMADOR-CGP	In fusible (A) = 800	800		4	FUSIBLE-gG-800A

Tabla 13 – Resumen de protección de las líneas frente a sobreintensidades. (Elaboración propia).

### 10.3 Puesta a tierra

La puesta a tierra se detalla en el REBT en las ITC 18 “Instalaciones de puesta a tierra” e ITC 24 “Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos”.

La puesta a tierra es un método de protección de la instalación y las personas. Con la puesta a tierra se debe conseguir que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas en el entorno de la instalación que podrían llegar a matar a las personas, así como detectar defectos de aislamiento en partes de la instalación.

En esta instalación se va a efectuar un esquema de distribución TT, el más típico en España. Este esquema consiste en conectar el neutro del transformador a tierra y las masas también a tierra. Es un sistema seguro que permite corrientes de defecto para detectarlas y eliminarlas. Para detectarlas y eliminarlas se usarán interruptores diferenciales.

#### 10.3.1 Dimensionamiento de los conductores de protección

El conductor de protección (CP) conecta las masas con el conductor de tierra. En nuestro caso este conductor irá en la misma canalización que los conductores activos. Se dimensionarán los conductores de protección según la tabla 2 de la ITC-BT-18:

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

Tabla 14 – Sección de los conductores de protección. (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

También se indica que serán de cobre y en este caso del mismo material que los conductores activos.

En ningún caso la sección del CP será menor de 4 mm<sup>2</sup> cuando este sea independiente del circuito, como indica el REBT. Si el CP forma parte del circuito, discurriendo por las mismas canalizaciones que este, entonces no hay mínimo de sección. En esta instalación el conductor de protección discurrirá por las mismas canalizaciones por lo tanto no tendrá mínimo para su sección.

Las secciones de los conductores de protección quedan indicadas en los diagramas unifilares y en la Tabla 12

### 10.3.2 Conductor de tierra

Es el conductor que une el electrodo de tierra con el borne de tierra. Según la ITC-BT-18, la sección de los conductores de tierra no deberá ser menor que la de los conductores de protección. La mayor sección del conductor de protección es de 70 mm<sup>2</sup>, como se ve en la Tabla 10, por lo que la sección del conductor de tierra será de 70 mm<sup>2</sup>, de aislamiento XLPE. El conductor de tierra partirá del cuadro general de protección hacia el electrodo de puesta a tierra. Su longitud es aproximadamente de 5 metros.

### 10.3.3 Electrodo de tierra

El electrodo de tierra se materializará con un conductor de cobre desnudo de 25 mm<sup>2</sup> enterrado en una zanja en el terreno. Dicho conductor tendrá una longitud de 80 metros. También se dispondrá de una arqueta de registro de 300x300 mm.

### 10.3.4 Protección contra contactos directos e indirectos

Este apartado se basa en la ITC-24 del REBT.

Mediante la protección frente a contactos directos se pretende que ninguna persona pueda manipular sin tener intención las partes activas de la instalación. Para ello, dichas partes siempre son envueltas de material aislante, barreas o envolventes.

En cuanto a los contactos indirectos, se dispondrá de dispositivos de protección diferencial que aseguren que en ninguna masa de la instalación puede permanecer bajo una tensión peligrosa (>24 V). Por ello, la resistencia de tierra será de 10 ohmios y el mayor diferencial tendrá una sensibilidad de 1000 mA, por lo que la mayor tensión que puede aparecer de forma sostenida son 10 V.

Los interruptores diferenciales son capaces de detectar corrientes de fuga a tierra gracias a que, si no hay corrientes de fuga, la suma de las intensidades de las tres fases más el neutro es igual a cero en el caso de una línea trifásica o la suma de la intensidad de la fase más la del neutro es igual a cero en el caso de una línea monofásica.

Cuando esta suma no es igual a cero, se genera un campo magnético que es detectado por el diferencial, esto significaría que hay corrientes que están yéndose por la tierra en vez de por los cables.

Un valor bajo de corrientes de fuga es normal, cuando se da ese valor el diferencial no debería cortar el circuito, sin embargo, si se da una corriente de fuga mayor de la normal, sí que debería cortar el circuito porque posiblemente se trataría de un fallo de aislamiento.

Para escoger un interruptor diferencial adecuado se debe considerar lo siguiente:

La intensidad nominal del dispositivo debe ser superior a la de la línea en la que se va a instalar.

La mitad de la corriente diferencial nominal del dispositivo debe ser mayor que la intensidad prevista de fugas de esa línea.

Se debe garantizar la selectividad de los diferenciales, por lo que los instalados aguas arriba deberán tener una intensidad diferencial nominal del doble de la intensidad diferencial nominal de los dispositivos aguas abajo. Esto es así porque los diferenciales abren el circuito entre 0,5 y 1 veces la intensidad nominal diferencial.

Los diferenciales serán de cuatro polos en los que estén instalados en líneas trifásicas y de dos polos en los que estén en líneas monofásicas. Esta información, así como su disposición, también se encuentra en los esquemas unifilares.

Todos los diferenciales instalados serán del tipo A ya que estos son capaces de detectar corrientes de fuga con valores pulsantes de corriente continua. Esto hace que sean más seguros, por eso se ha optado por ellos.

#### 10.4 Resumen protección diferencial

Se muestra a continuación un resumen de las características de los dispositivos de protección diferencial escogidos:

$I_{\Delta n}$ (mA)	$I_n$ DIFERENCIAL (A)	POLOS	CANTIDAD
30	25	2	1
30	25	4	3
30	40	2	4
30	40	4	1
30	63	2	1
300	25	4	1
300	40	4	1
300	63	4	2
300	125	4	2
500	125	4	4
1000	630 (Relé diferencial)	4	1

Tabla 15 – características de los diferenciales. (Elaboración propia).

## **11 CONCLUSIÓN**

Partiendo de los consumos eléctricos y de la geometría y distribución de la nave, se ha diseñado completamente la instalación eléctrica de baja tensión para esta fábrica de muebles de madera teniendo en cuenta sus necesidades concretas y cumpliendo en todo momento con la normativa vigente.

En vista de la documentación aportada, memoria y anexo de cálculo, planos y presupuesto, se considera que dichos documentos contienen la información suficiente para que esta instalación pueda llevarse a cabo por un instalador autorizado.

Por otra parte, desde el punto de vista académico y personal, con este trabajo fin de grado he realizado un acercamiento a los proyectos de ingeniería y al ámbito laboral. He aprendido y reforzado conocimientos adquiridos en el grado. He obtenido gran soltura con programas informáticos ampliamente usados en la ingeniería. Además, he profundizado en la rama de la electricidad por la que siento gran interés.

Por último, considero que he puesto en práctica competencias muy importantes como son el manejo y búsqueda de información, la comunicación oral y escrita y la organización del trabajo de larga duración.

## 12 BIBLIOGRAFÍA

- Tecnología eléctrica (José Roger Folch, Martín Riera Guasp, Carlos Roldán. Ed. Síntesis)
- <https://www.se.com/es/es/> (Schneider electric)
- <https://www.philips.es/>
- <http://www.igme.es/> (Instituto Geológico y Minero de España)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- UNE 12464
- UNE 60364
- <https://www.sedecatastro.gob.es/> (sede electrónica del catastro)
- <http://www.generadordeprecios.info/> (CYPE ingenieros)

## **ANEXO DE CÁLCULOS**

## 1 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

No se diseñará en este proyecto el centro de transformación, pero sí se elige a continuación el transformador que se debe instalar para satisfacer las necesidades energéticas de esta fábrica. Para ello, se calcula la potencia total consumida por la instalación:

CARGA	P (kW)	FACTOR SIMULTANEIDAD	P SIMULTÁNEA (kW)	COS( $\phi$ )	Q SIMULTÁNEA (kVAR)	S SIMULTÁNEA (kVA)
Sierra de cinta	7,5	0,9	6,8	0,8	5,1	8,4
Sierra circular grande	33,0	0,9	29,7	0,9	16,0	33,8
Sierra circular pequeña	7,5	0,9	6,8	0,8	5,1	8,4
Sierra markawa	22,0	0,9	19,8	0,9	10,7	22,5
Ingletadora TLP-250	1,5	0,9	1,4	0,7	1,4	1,9
Ingletadora TRZ-A	3,5	0,9	3,2	0,8	2,4	3,9
Tronzadora	6,5	0,9	5,9	0,8	4,4	7,3
Guillotina	10,0	0,9	9,0	0,9	4,9	10,2
Tupí	7,5	0,9	6,8	0,8	5,1	8,4
Taladro múltiple	19,3	0,9	17,4	0,9	9,4	19,7
Lijadora de manopla	3,0	0,9	2,7	0,8	2,0	3,4
Lijadora de platos	5,0	0,9	4,5	0,8	3,4	5,6
Cepillo	4,0	0,9	3,6	0,7	3,7	5,1
Chapadora	50,0	0,9	45,0	0,9	24,3	51,1
Prensador aire caliente	11,3	0,9	10,1	0,9	5,5	11,5
Cortina de tintar	2,3	0,9	2,0	0,8	1,5	2,5
Muro de agua	2,6	0,9	2,4	0,8	1,8	3,0
Aspirador (ciclón)	30,0	0,9	27,0	0,9	14,6	30,7
Aspirador (ciclón)	30,0	0,9	27,0	0,9	14,6	30,7
Compresor y calderín	50,0	0,9	45,0	0,9	24,3	51,1
Secador	2,0	0,9	1,8	0,8	1,4	2,3
Iluminación	9,0	1,0	9,0	1,0	0,0	9,0
Otros usos	47,6	0,7	33,3	0,9	16,1	37,0
<b>TOTAL</b>	<b>365,0 kW</b>		<b>319,9 kW</b>		<b>177,3 kVAR</b>	<b>367,7 kVA</b>

Tabla 16 – potencia total detallada de la instalación. (Elaboración propia).

Por lo tanto, se escoge un transformador de 400 kVA con una relación de transformación de 20000V/400V y una tensión de cortocircuito del 4%

## 2 CÁLCULO DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA

Según lo visto en la Tabla 16, la instalación podría llegar a consumir 177,3 kVAR de potencia reactiva. Se pone como objetivo poder conseguir un coseno de phi de 0,95 en esta situación, para ello será necesario saber qué cantidad de potencia reactiva se necesita.

$$Q_{\text{Equipo compensación}} = P \cdot (\tan \varphi_{\text{antes de compensación}} - \tan \varphi_{\text{después de compensación}})$$

*Ecuación 30 – cálculo potencia reactiva equipo de compensación.*

El coseno de phi antes de la compensación será  $\frac{P}{S} = \frac{319,9}{367,7} = 0,87$  por lo que phi antes de la compensación será 29,54°.

El coseno de phi después de la compensación será 0,95 por lo que phi después de la compensación será 18,19°. Por tanto, de la Ecuación 30 se tiene:

$$Q_{\text{Equipo compensación}} = 319,9 \cdot (\tan 29,54^\circ - \tan 18,19^\circ) = 76,2 \text{ kVAR.}$$

Por lo que se escoge un equipo de 83 kVAR con alimentación trifásica a 400 V con 4 escalones de 25% cada uno.

## 3 DISEÑO DE LOS CONDUCTORES

### 3.1 Diseño por criterio térmico

En este apartado se calcula de forma manual la sección de una línea por el criterio térmico de forma que, junto con lo expuesto en la memoria, quede clarificado el procedimiento seguido. El resto de las líneas han sido calculadas de la misma forma usando el programa *Microsoft Excel*.

Se usará como ejemplo la línea CGP-CS002. Esta línea parte desde el cuadro general de protección y llega al cuadro secundario 002, es trifásica, unipolar, con conductor de cobre con aislamiento de XLPE y discurre bajo canal, por lo que su método de instalación es el C.

Lo primero es identificar qué cargas alimentará la línea, que son todas las cargas que se alimenten a través del cuadro secundario 002.

El cuadro secundario 002 alimenta a:

LÍNEA	TIPO	S (VA)	P (kW)
CS002 - MAQ18	MAQ	34091	30000
CS002 - MAQ19	MAQ	34091	30000
CS002 - MAQ20	MAQ	56818	50000
CS002 - MAQ21	MAQ	2500	2000
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	ALU	204	204

*Tabla 17 – Cargas del cuadro secundario 003.*

Luego, según lo expuesto en el apartado de la memoria Intensidad nominal y de cálculo, se obtiene la intensidad de cálculo teniendo en cuenta que la máquina 20 tiene el mayor motor y además se ha aplicado un coeficiente de simultaneidad de 0,9 ya que estas máquinas normalmente no trabajan a tanta potencia y es raro que todas estén conectadas a la vez.

$$I_{b\ CGP-CS002} = \left( 0,25 \cdot \frac{56819}{\sqrt{3} \cdot 400} + \frac{34091 + 34091 + 56818 + 2500 + 204}{\sqrt{3} \cdot 400} \right) \cdot 0,9 = 184,3\ A$$

Ahora se debe calcular la intensidad máxima que soporta la línea:  $I_z$ , para ello es necesario conocer los coeficientes de corrección para entrar en las tablas de la norma UNE-HD 60364-5-52.

Se ha considerado una temperatura ambiente de 40°C:

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE	Mineral <sup>2</sup>	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

Tabla 18 – Tabla B.52.14 de la norma UNE-HD 60364-5-52. Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire. (UNE 60364-5-52).

Por lo que  $K_t = 0,91$

Para calcular el coeficiente de agrupación por circuitos, es necesario conocer el número de circuitos que discurren juntos. Para el caso de esta línea, discurren juntos 5 circuitos.

Punto	Disposición (En contacto)	Número de circuitos o de cables multipolares												Para usarse con las corrientes admisibles, referencia											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20												
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F											
2	Capa única sobre pared, suelo o sistemas de bandejas de cables 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 multipolares			B.52.2 a B.52.7  Método C											
3	Capa única fijada directamente bajo techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multipolares			B.52.8 a B.52.13 Métodos E y F								
4	Capa única sobre sistemas de bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72								Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multipolares			B.52.8 a B.52.13 Métodos E y F				
5	Capa única sobre sistemas de bandejas de escalera, o bridas de amarre, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78												Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multipolares			B.52.8 a B.52.13 Métodos E y F

Tabla 19 – Tabla B.52.17 de la norma UNE-HD 60364-5-52. Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar. (UNE 60364-5-52).

Por lo que  $K_a = 0,73$ .

Como no es una línea enterrada, no se aplica el coeficiente por corrección por resistividad del terreno. Con todo esto se tiene que  $K = 0,91 \cdot 0,73 = 0,66$

Según la Ecuación 4 del apartado de la memoria

se obtiene:  $I_1 = \frac{184,3}{0,66} = 277,43 A$  y con esta intensidad podemos entrar en la tabla correspondiente parando en la intensidad inmediatamente superior.

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
<u>cobre</u>							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
<u>95</u>	216	197	269	233	<u>278</u>	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419

Tabla 20 – Tabla B.52.5 de la norma UNE-HD 60364-5-52. Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de la tabla B.52.1 Cables aislados con XLPE/EPR, tres conductores cargados, cobre o aluminio. Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire. (UNE 60364-5-52).

Por tanto, se obtiene una sección para la línea de 95mm<sup>2</sup> y según la Ecuación 5 se obtiene:

$$I_z = 0,66 \cdot 278 = 183,48 \text{ A.}$$

Se exponen a continuación los resultados obtenidos por el criterio térmico para el resto de las líneas. Se hace notar que estos no tienen porqué ser los resultados definitivos, ya que estos se obtienen después de computar todos los criterios de dimensionado y de contemplar la protección de la instalación.

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	CIRCUITOS JUNTOS	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	MET. INSTALACIÓN	I <sub>n</sub> (A)	COEFICIENTE MAYORACIÓN	I <sub>b</sub> (A)	S TÉRMICA (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> S TÉRMICA (A)	K <sub>t</sub>	K <sub>a</sub>	K <sub>r</sub>	K
CS001 - MAQ9	7500	6	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	13,5	1,25	16,9	1,5	18,2	0,91	1,00		0,91
CS001 - MAQ10	19300	17	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	31,7	1,25	39,6	6	43,7	0,91	1,00		0,91
CS001 - MAQ11	3000	6	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	5,4	1,25	6,8	1,5	18,2	0,91	1,00		0,91
CS001 - MAQ12	5000	23	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	9,0	1,25	11,3	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS001 - MAQ13	4000	30	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	8,2	1,25	10,3	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS001 - MAQ14	50000	9	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	82,0	1,25	102,5	25	106,5	0,91	1,00		0,91
CS001 - MAQ15	11250	23	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	18,5	1,25	23,1	2,5	25,5	0,91	1,00		0,91
CS001 - TOMAS MONO	2400	2	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS001 - TOMAS TRI	2000	2	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,9		2,9	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS001 - ALU MEC 1	500	25	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,2	1,80	3,9	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS001 - ALU MEC 2	1000	25	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	4,3	1,80	7,8	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS002 - MAQ18	30000	8	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	49,2	1,25	61,5	16	80,1	0,91	1,00		0,91
CS002 - MAQ19	30000	16	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	49,2	1,25	61,5	16	80,1	0,91	1,00		0,91
CS002 - MAQ20	50000	10	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	82,0	1,25	102,5	25	106,5	0,91	1,00		0,91
CS002 - MAQ21	2000	9	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	3,6	1,25	4,5	1,5	18,2	0,91	1,00		0,91
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	204	15	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	0,9	1,80	1,6	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS003 - MAQ16	2250	16	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	4,1	1,25	5,1	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS003 - MAQ17	2625	22	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	4,7	1,25	5,9	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS003 - ALU TINT	767	24	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	3,3	1,80	6,0	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS003 - TOMAS MONO	2400	11	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS004 - ALU	656	15	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,9	1,80	5,1	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS004 - TOMAS MONO 1	2400	10	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS004 - TOMAS MONO 2	2400	10	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	CIRCUITOS JUNTOS	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	MET. INSTALACIÓN	I <sub>n</sub> (A)	COEFICIENTE MAYORACIÓN	I <sub>b</sub> (A)	S TÉRMICA (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> S TÉRMICA (A)	K <sub>t</sub>	K <sub>a</sub>	K <sub>r</sub>	K
CS004 - TOMAS MONO 3	2400	14	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS004 - TOMAS MONO 4	2400	14	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS004 - TOMAS MONO AC	5000	4	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	21,7		21,7	2,5	28,2	0,91	1,00		0,91
CS004 - ALU APARCAMIENTO	464	50	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,0	1,80	3,6	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS005 - MAQ1	7500	14	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	13,5	1,25	16,9	2,5	20,4	0,91	0,80		0,73
CS005 - MAQ2	33000	28	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	54,1	1,25	67,7	16	80,1	0,91	1,00		0,91
CS005 - MAQ3	7500	5	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	13,5	1,25	16,9	1,5	18,2	0,91	1,00		0,91
CS005 - MAQ4	22000	16	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	36,1	1,25	45,1	10	60,1	0,91	1,00		0,91
CS005 - MAQ5	1500	7	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	3,1	1,25	3,9	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS005 - MAQ6	3500	9	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	6,3	1,25	7,9	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS005 - MAQ7	6500	11	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	11,7	1,25	14,7	1,5	18,2	0,91	1,00		0,91
CS005 - MAQ8	10000	33	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	16,4	1,25	20,5	4	26,9	0,91	0,80		0,73
CS005 - TOMAS MONO	2400	2	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS005 - TOMAS TRI	2000	3	2	TRIFÁSICA	XLPE	B1	2,9		2,9	1,5	14,6	0,91	0,80		0,73
CS005 - ALU CORTE 1	700	20	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	3,0	1,80	5,5	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS005 - ALU CORTE 2	800	29	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	3,5	1,80	6,3	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS006 - ALU	478	20	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	2,1	1,80	3,7	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS006 - TOMAS MONO 1	2400	2	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS006- TOMAS MONO 2	2400	2	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	10,4		10,4	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS006- TOMAS TRI	1000	2	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	1,4		1,4	1,5	18,2	0,91	1,00		0,91
CS006- TOMAS MONO TERMO	2000	14	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	8,7		8,7	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS006- TOMAS MONO SECAMANOS	3000	21	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	13,0		13,0	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	CIRCUITOS JUNTOS	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	MET. INSTALACIÓN	I <sub>n</sub> (A)	COEFICIENTE MAYORACIÓN	I <sub>b</sub> (A)	S TÉRMICA (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> S TÉRMICA (A)	K <sub>t</sub>	K <sub>a</sub>	K <sub>r</sub>	K
CS007 - ALU	886	28	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	3,9	1,80	6,9	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS007 - TOMAS MONO	1200	2	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	5,2		5,2	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS007 - ALU BAÑOS	182	25	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	0,8	1,80	1,4	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS008 - ALU	776	25	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	3,4	1,80	6,1	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS008 - TOMAS MONO	1600	2	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	7,0		7,0	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS009 - ALU	288	11	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	1,3	1,80	2,3	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS009 - TOMAS MONO 1	1600	8	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	7,0		7,0	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS009 - TOMAS MONO 2	2000	12	2	MONOFÁSICA	XLPE	B1	8,7		8,7	1,5	16,7	0,91	0,80		0,73
CS009 - TOMAS MONO TERMO	1000	12	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	4,3		4,3	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS009 - TOMAS MONO AC	1000	4	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	4,3		4,3	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS010 - ALU	1067	40	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	4,6	1,80	8,4	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS010 - TOMAS MONO	1600	2	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	7,0		7,0	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS011 - ALU	198	12	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	0,9	1,80	1,5	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CS011 - TOMAS MONO	1800	6	1	MONOFÁSICA	XLPE	B1	7,8		7,8	1,5	20,9	0,91	1,00		0,91
CGP-CS001	95355	7	5	TRIFÁSICA	XLPE	C	176,8		177,6	95	184,7	0,91	0,73		0,66
CGP-CS002	112204	20	5	TRIFÁSICA	XLPE	C	184,3		184,3	95	184,7	0,91	0,73		0,66
CGP-CS003	8042	47	5	TRIFÁSICA	XLPE	C	13,4		14,6	1,5	14,6	0,91	0,73		0,66
CGP-CS004	15720	62	5	TRIFÁSICA	XLPE	C	22,7		22,7	4	26,6	0,91	0,73		0,66
CGP-CS005	97400	16	5	TRIFÁSICA	XLPE	C	163,3		159,2	95	184,7	0,91	0,73		0,66
CGP-CS006	11278	62	5	TRIFÁSICA	XLPE	C	16,3		16,3	2,5	19,9	0,91	0,73		0,66
CGP-CS007	2268	90	5	MONOFÁSICA	XLPE	C	9,9		9,9	1,5	15,9	0,91	0,73		0,66
CGP-CS008	2376	60	5	MONOFÁSICA	XLPE	C	10,3		10,3	1,5	15,9	0,91	0,73		0,66
CGP-CS009	5888	84	5	MONOFÁSICA	XLPE	C	25,6		25,6	4	29,9	0,91	0,73		0,66

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	CIRCUITOS JUNTOS	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	MET. INSTALACIÓN	I <sub>n</sub> (A)	COEFICIENTE MAYORACIÓN	I <sub>b</sub> (A)	S TÉRMICA (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> S TÉRMICA (A)	K <sub>t</sub>	K <sub>a</sub>	K <sub>r</sub>	K
<b>CGP-CS010-CS011</b>	4665	39	5	MONOFÁSICA	XLPE	C	20,3		20,3	2,5	21,9	0,91	0,73		0,66
<b>CGP-CONDENSADORES</b>	Q=83kVAr	1	1	TRIFÁSICA	XLPE	B1	119,8		119,8	35	131,0	0,91	1,00		0,91
<b>TRANSFORMADOR-CGP</b>	347958	28	2	TRIFÁSICA	XLPE	D1	577,4		288,7	240	351	0,93	0,8	1,18	0,9

Tabla 21 – Resultados obtenidos por el criterio térmico. (Elaboración propia).

### 3.2 Diseño por caída de tensión

A partir de las secciones obtenidas por el criterio térmico, se comprueba que se cumple el criterio de caída de tensión y si no es así, se aumenta la sección hasta que se cumpla. Se toma para el ejemplo una línea que sea final de instalación, como es la CS001-MAQ10, esta línea es trifásica con aislamiento de XLPE. Hay que tener en cuenta que se deben sumar todas las caídas de tensión aguas arriba de esta línea. Todas las líneas han sido calculadas de la misma forma y siguiendo lo expuesto en el apartado de la memoria Dimensionado por criterio de caída de tensión.

Se recuerda lo expuesto anteriormente: La ITC-BT-19 dice al respecto: “Para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos” (Reglamento electrotécnico de baja tensión). Se deberán cumplir entonces, esos límites.

Para esta línea se obtuvieron por criterio térmico los datos de la siguiente tabla. Como la sección de la que se parte es menor de 95 mm<sup>2</sup> no se va a considerar en esta línea la caída de tensión producida por la reactancia.

LÍNEA	LONGITUD (m)	POTENCIA (W)	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)
CS001-MAQ10	17	19300	6	43,7	39,6

Tabla 22 – Datos línea CS001-MAQ10. (Elaboración propia).

Para conocer la resistividad, es necesario calcular la temperatura del conductor, se hace usando la Ecuación 12 y la Ecuación 11:

$$T = 40 + (90 - 40) \cdot \left(\frac{39,6}{43,7}\right)^2 = 81,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{81,06 \text{ } ^\circ\text{C}} = 0,018 \cdot \frac{234,5 + 81,06}{254,5} = 0,022 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

Usando la Ecuación 7 de la memoria se obtiene:

$$e_{\text{línea CS001-MAQ10}} = 100 \cdot \frac{17 \cdot 19300 \cdot 0,022}{6 \cdot 400^2} = 0,75 \%$$

Si se calculan las caídas de tensión aguas arriba de esta línea (las caídas de CGP-CS001 y TRANSFORMADOR-CGP) se obtiene:

$$e_{\text{acumulado CS001-MAQ10}} = 0,75 + 0,075 + 0,27 = 1,10 \% < 6,5 \%$$

Por lo que la sección de 6 mm<sup>2</sup> cumple con el criterio de caída de tensión.

Se muestran a continuación los datos obtenidos por caída de tensión. Se hace notar que estos no tienen por qué ser los resultados definitivos, ya que estos se obtienen después de computar todos los criterios. Los resultados definitivos se expondrán más adelante.

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	I <sub>b</sub> (A)	S CAIDA TENSION (mm <sup>2</sup> )	T NOMINAL (°C)	RESISTIVIDAD (ohm·mm <sup>2</sup> /m)	e% DE LA LINEA	e% ACUMULADO	e% LÍMITE
CS001 - MAQ9	7500	6	TRIFÁSICA	XLPE	16,9	1,5	83	0,0225	0,42	0,79	6,5
CS001 - MAQ10	19300	17	TRIFÁSICA	XLPE	39,6	6,0	81	0,0223	0,76	1,14	6,5
CS001 - MAQ11	3000	6	TRIFÁSICA	XLPE	6,8	1,5	47	0,0199	0,15	0,52	6,5
CS001 - MAQ12	5000	23	TRIFÁSICA	XLPE	11,3	1,5	70	0,0215	1,03	1,41	6,5
CS001 - MAQ13	4000	30	TRIFÁSICA	XLPE	10,3	1,5	65	0,0212	1,06	1,43	6,5
CS001 - MAQ14	50000	9	TRIFÁSICA	XLPE	102,5	25,0	86	0,0227	0,26	0,63	6,5
CS001 - MAQ15	11250	23	TRIFÁSICA	XLPE	23,1	2,5	81	0,0223	1,44	1,82	6,5
CS001 - TOMAS MONO	2400	2	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	0,25	0,62	6,5
CS001 - TOMAS TRI	2000	2	TRIFÁSICA	XLPE	2,9	1,5	42	0,0196	0,03	0,41	6,5
CS001 - ALU MEC 1	500	25	MONOFÁSICA	XLPE	3,9	1,5	42	0,0195	0,62	0,99	4,5
CS001 - ALU MEC 2	1000	25	MONOFÁSICA	XLPE	7,8	1,5	47	0,0199	1,25	1,63	4,5
CS002 - MAQ18	30000	8	TRIFÁSICA	XLPE	61,5	16,0	69	0,0215	0,20	0,81	6,5
CS002 - MAQ19	30000	16	TRIFÁSICA	XLPE	61,5	16,0	69	0,0215	0,41	1,02	6,5
CS002 - MAQ20	50000	10	TRIFÁSICA	XLPE	102,5	25,0	86	0,0227	0,29	0,90	6,5
CS002 - MAQ21	2000	9	TRIFÁSICA	XLPE	4,5	1,5	43	0,0196	0,14	0,75	6,5
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	204	15	MONOFÁSICA	XLPE	1,6	1,5	40	0,0194	0,15	0,76	4,5
CS003 - MAQ16	2250	16	TRIFÁSICA	XLPE	5,1	1,5	46	0,0198	0,30	2,74	6,5
CS003 - MAQ17	2625	22	TRIFÁSICA	XLPE	5,9	1,5	48	0,0200	0,47	2,91	6,5
CS003 - ALU TINT	767	24	MONOFÁSICA	XLPE	6,0	1,5	44	0,0197	0,91	3,35	4,5
CS003 - TOMAS MONO	2400	11	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	52	0,0203	1,35	3,79	6,5
CS004 - ALU	656	15	MONOFÁSICA	XLPE	5,1	1,5	43	0,0196	0,49	2,99	4,5
CS004 - TOMAS MONO 1	2400	10	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	1,26	3,76	6,5
CS004 - TOMAS MONO 2	2400	10	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	1,26	3,76	6,5
CS004 - TOMAS MONO 3	2400	14	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	1,76	4,27	6,5

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	I <sub>b</sub> (A)	S CAIDA TENSION (mm <sup>2</sup> )	T NOMINAL (°C)	RESISTIVIDAD (ohm·mm <sup>2</sup> /m)	e% DE LA LINEA	e% ACUMULADO	e% LÍMITE
CS004 - TOMAS MONO 4	2400	14	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	1,76	4,27	6,5
CS004 - TOMAS MONO AC	5000	4	MONOFÁSICA	XLPE	21,7	2,5	70	0,0215	0,65	3,16	6,5
CS004 - ALU APARCAMIENTO	464	50	MONOFÁSICA	XLPE	3,6	1,5	42	0,0195	1,14	3,65	4,5
CS005 - MAQ1	7500	14	TRIFÁSICA	XLPE	16,9	2,5	74	0,0218	0,57	1,07	6,5
CS005 - MAQ2	33000	28	TRIFÁSICA	XLPE	67,7	16,0	76	0,0219	0,79	1,29	6,5
CS005 - MAQ3	7500	5	TRIFÁSICA	XLPE	16,9	1,5	83	0,0225	0,35	0,85	6,5
CS005 - MAQ4	22000	16	TRIFÁSICA	XLPE	45,1	10,0	68	0,0214	0,46	0,96	6,5
CS005 - MAQ5	1500	7	TRIFÁSICA	XLPE	3,9	1,5	44	0,0197	0,09	0,59	6,5
CS005 - MAQ6	3500	9	TRIFÁSICA	XLPE	7,9	1,5	55	0,0205	0,27	0,77	6,5
CS005 - MAQ7	6500	11	TRIFÁSICA	XLPE	14,7	1,5	72	0,0217	0,65	1,15	6,5
CS005 - MAQ8	10000	33	TRIFÁSICA	XLPE	20,5	4,0	69	0,0215	1,11	1,61	6,5
CS005 - TOMAS MONO	2400	2	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	0,25	0,75	6,5
CS005 - TOMAS TRI	2000	3	TRIFÁSICA	XLPE	2,9	1,5	42	0,0196	0,04	0,54	6,5
CS005 - ALU CORTE 1	700	20	MONOFÁSICA	XLPE	5,5	1,5	43	0,0197	0,69	1,19	4,5
CS005 - ALU CORTE 2	800	29	MONOFÁSICA	XLPE	6,3	1,5	44	0,0197	1,15	1,65	4,5
CS006 - ALU	478	20	MONOFÁSICA	XLPE	3,7	1,5	42	0,0195	0,47	3,12	4,5
CS006 - TOMAS MONO 1	2400	2	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	0,25	2,90	6,5
CS006- TOMAS MONO 2	2400	2	MONOFÁSICA	XLPE	10,4	1,5	59	0,0208	0,25	2,90	6,5
CS006- TOMAS TRI	1000	2	TRIFÁSICA	XLPE	1,4	1,5	40	0,0194	0,02	2,67	6,5
CS006- TOMAS MONO TERMO	2000	14	MONOFÁSICA	XLPE	8,7	1,5	53	0,0204	1,44	4,09	6,5
CS006- TOMAS MONO SECAMANOS	3000	21	MONOFÁSICA	XLPE	13,0	2,5	70	0,0216	2,05	4,71	6,5
CS007 - ALU	886	28	MONOFÁSICA	XLPE	6,9	1,5	45	0,0198	1,24	4,18	4,5
CS007 - TOMAS MONO	1200	2	MONOFÁSICA	XLPE	5,2	1,5	43	0,0196	0,12	3,06	6,5

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	I <sub>b</sub> (A)	S CAIDA TENSION (mm <sup>2</sup> )	T NOMINAL (°C)	RESISTIVIDAD (ohm·mm <sup>2</sup> /m)	e% DE LA LINEA	e% ACUMULADO	e% LÍMITE
CS007 - ALU BAÑOS	182	25	MONOFÁSICA	XLPE	1,4	1,5	40	0,0194	0,22	3,17	4,5
CS008 - ALU	776	25	MONOFÁSICA	XLPE	6,1	1,5	44	0,0197	0,96	3,11	4,5
CS008 - TOMAS MONO	1600	2	MONOFÁSICA	XLPE	7,0	1,5	46	0,0198	0,16	2,31	6,5
CS009 - ALU	288	11	MONOFÁSICA	XLPE	2,3	1,5	41	0,0195	0,16	3,00	4,5
CS009 - TOMAS MONO 1	1600	8	MONOFÁSICA	XLPE	7,0	1,5	49	0,0200	0,65	3,49	6,5
CS009 - TOMAS MONO 2	2000	12	MONOFÁSICA	XLPE	8,7	1,5	53	0,0204	1,23	4,08	6,5
CS009 - TOMAS MONO TERMO	1000	12	MONOFÁSICA	XLPE	4,3	1,5	42	0,0196	0,59	3,44	6,5
CS009 - TOMAS MONO AC	1000	4	MONOFÁSICA	XLPE	4,3	1,5	42	0,0196	0,20	3,04	6,5
CS010 - ALU	1067	40	MONOFÁSICA	XLPE	8,4	2,5	48	0,0200	1,29	4,14	4,5
CS010 - TOMAS MONO	1600	2	MONOFÁSICA	XLPE	7,0	1,5	46	0,0198	0,16	3,01	6,5
CS011 - ALU	198	12	MONOFÁSICA	XLPE	1,5	1,5	40	0,0194	0,12	2,97	4,5
CS011 - TOMAS MONO	1800	6	MONOFÁSICA	XLPE	7,8	1,5	47	0,0199	0,54	3,39	6,5
CGP-CS001	95355	7	TRIFÁSICA	XLPE	177,6	95,0	86	0,0227	0,10	0,37	
CGP-CS002	112204	20	TRIFÁSICA	XLPE	184,3	95,0	90	0,0229	0,34	0,61	
CGP-CS003	8042	47	TRIFÁSICA	XLPE	14,6	2,5	90	0,0229	2,17	2,44	
CGP-CS004	15720	62	TRIFÁSICA	XLPE	22,7	6,0	76	0,0220	2,23	2,51	
CGP-CS005	97400	16	TRIFÁSICA	XLPE	159,2	95,0	77	0,0220	0,23	0,50	
CGP-CS006	11278	62	TRIFÁSICA	XLPE	16,3	4,0	73	0,0218	2,38	2,65	
CGP-CS007	2268	90	MONOFÁSICA	XLPE	9,9	6,0	59	0,0208	2,67	2,94	
CGP-CS008	2376	60	MONOFÁSICA	XLPE	10,3	6,0	61	0,0209	1,88	2,15	
CGP-CS009	5888	84	MONOFÁSICA	XLPE	25,6	16,0	77	0,0220	2,57	2,85	
CGP-CS010-CS011	4665	39	MONOFÁSICA	XLPE	20,3	6,0	83	0,0224	2,57	2,85	
CGP-CONDENSADORES	0	1	TRIFÁSICA	XLPE	119,8	35,0	82	0,0224	0,01	0,28	6,5

NOMBRE LÍNEA	P (W)	LONGITUD (m)	MONOFÁSICA O TRIFÁSICA	AISLAMIENTO	I <sub>b</sub> (A)	S CAIDA TENSION (mm <sup>2</sup> )	T NOMINAL (°C)	RESISTIVIDAD (ohm·mm <sup>2</sup> /m)	e% DE LA LINEA	e% ACUMULADO	e% LÍMITE
TRANSFORMADOR-CGP	347958	28	TRIFÁSICA	XLPE	288,7	240,0	71	0,0216	0,27	0,27	

Tabla 23 – Resultados obtenidos por el criterio de caída de tensión<sup>1</sup>. (Elaboración propia)

<sup>1</sup> Las caídas de tensión mostradas en verde son de las líneas terminales de la instalación.

## 4 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

### 4.1 Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Partiendo de las secciones obtenidas por el criterio de caída de tensión, se va a comprobar si estas cumplen las condiciones de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos siguiendo lo expuesto en el apartado de la memoria Protección frente a sobreintensidades.

Se continuará con la línea CS001-MAQ10 en la que se había obtenido una sección de 6 mm<sup>2</sup>. Se recuerdan los datos calculados:

LÍNEA	LONGITUD (m)	POTENCIA (W)	SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>b</sub> (A)
CS001-MAQ10	17	19300	6	43,7	39,6

Se estudia la Ecuación 13:

$$39,6 \leq I_n \leq 43,7$$

Por lo que se opta por una protección con pequeño interruptor automático de  $I_n = 40 A$ , por tratarse de un PIA, como se expuso en la memoria, la Ecuación 14 se cumple al cumplirse la Ecuación 13.

Se estudiará ahora la protección frente a cortocircuitos siguiendo con la misma línea.

Lo primero es calcular las impedancias que intervienen en el cortocircuito, estas son: la impedancia de la red de alta tensión, la impedancia del transformador, la impedancia de la línea TRANSFORMADOR-CGP, la impedancia de la línea CGP-CS001 y la impedancia de la línea CS001-MAQ10. Estas impedancias se calculan con resistividad a 20 grados para el cortocircuito máximo y luego para el mínimo las impedancias se multiplicarán por 1,25 para tener en cuenta que puede darse un cortocircuito con el cable caliente.

Se calcula la impedancia, reactancia y resistencia de la red de alta tensión de una potencia de 350 MVA según la Ecuación 16, la Ecuación 17 y la Ecuación 18:

$$Z_R = 1,1 \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 350} = 0,50 \text{ m}\Omega$$

$$X_R = 0,995 \cdot 0,503 = 0,50 \text{ m}\Omega$$

$$R_R = 0,1 \cdot 0,500 = 0,05 \text{ m}\Omega$$

Se calculan la reactancia y resistencia del transformador elegido de 400 kVA,  $e_{cc}(\%) = 4$  y  $e_{Rcc}(\%) = 1,23$  según la Ecuación 19 y la Ecuación 20:

$$R_t = \frac{1,23 \cdot 400^2}{100 \cdot 400} = 4,92 \text{ m}\Omega$$

$$X_t = \frac{3,81 \cdot 400^2}{100 \cdot 400} = 15,23 \text{ m}\Omega$$

Para calcular la resistencia y reactancia de las líneas se usan la Ecuación 22 y la Ecuación 23:

$$R_{w \text{ TRANSFORMADOR-CGP}} = \frac{1000 \cdot 0,018 \cdot 28}{2 \cdot 240} = 1,05 \text{ m}\Omega$$

$$X_{w \text{ TRANSFORMADOR-CGP}} = 0,1 \cdot 28 = 2,80 \text{ m}\Omega$$

$$R_{w \text{ CGP-CS001}} = \frac{1000 \cdot 0,018 \cdot 7}{120} = 1,05 \text{ m}\Omega$$

$$X_{w \text{ CGP-CS001}} = 0,1 \cdot 7 = 0,70 \text{ m}\Omega$$

$$R_{w \text{ CS001-MAQ10}} = \frac{1000 \cdot 0,018 \cdot 17}{6} = 51,00 \text{ m}\Omega$$

$$X_{w \text{ CS001-MAQ10}} = 0,1 \cdot 17 = 1,70 \text{ m}\Omega$$

Con esto ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito máxima, que se dará al principio de la línea, y la mínima, que se dará al final. Se calcula primero la máxima según Ecuación 15:

$$I_{ccmax} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,05 + 4,92 + 1,05 + 1,05)^2 + (0,50 + 15,23 + 2,80 + 0,70)^2}} = 11,27 \text{ kA}$$

Para hallar la intensidad mínima se añade la resistencia y reactancia de la línea CS001-MAQ10 y se aumenta la resistencia multiplicándola por 1,25 para tener en cuenta el posible efecto de la temperatura. Además, a la intensidad hallada se la multiplica por 0,5 ya que el menor cortocircuito no es el tripolar, como se explica en la memoria. Usando la Ecuación 25:

$$I_{ccmin} = \frac{0,5 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,25 \cdot (7,07 + 51,00))^2 + (19,23 + 1,70)^2}} = 1,53 \text{ kA}$$

Con esto ya se pueden comprobar los criterios de protección frente a cortocircuitos con la Ecuación 26, la Ecuación 27 y la Ecuación 28:

$$\text{Poder de corte} > 11,27 \text{ kA}$$

$$I_a < 1,53 \text{ kA}$$

Por lo que se escoge un poder de corte de 15 kA.  $I_a$  será igual a  $10 \cdot I_n$  del PIA si se elige de curva C, como es el caso; entonces  $I_a = 10 \cdot 40 = 0,4 \text{ kA}$ . Por lo que la condición del poder de corte y la condición de que actúe el disparador electromagnético para cualquier cortocircuito se cumplen.

Para comprobar la condición del calentamiento de los cables con la Ecuación 28 es necesario calcular cuánta energía por unidad de ohmio es capaz de soportar el cable en el cortocircuito máximo. Para ello se usa la Ecuación 29:

$$I^2 t_{adm.cable} = (143 \cdot 6)^2 = 736164 \text{ A}^2\text{s}$$

Ahora hallamos el  $I^2 t_{disparo.Iccmax}$  con la curva del fabricante:

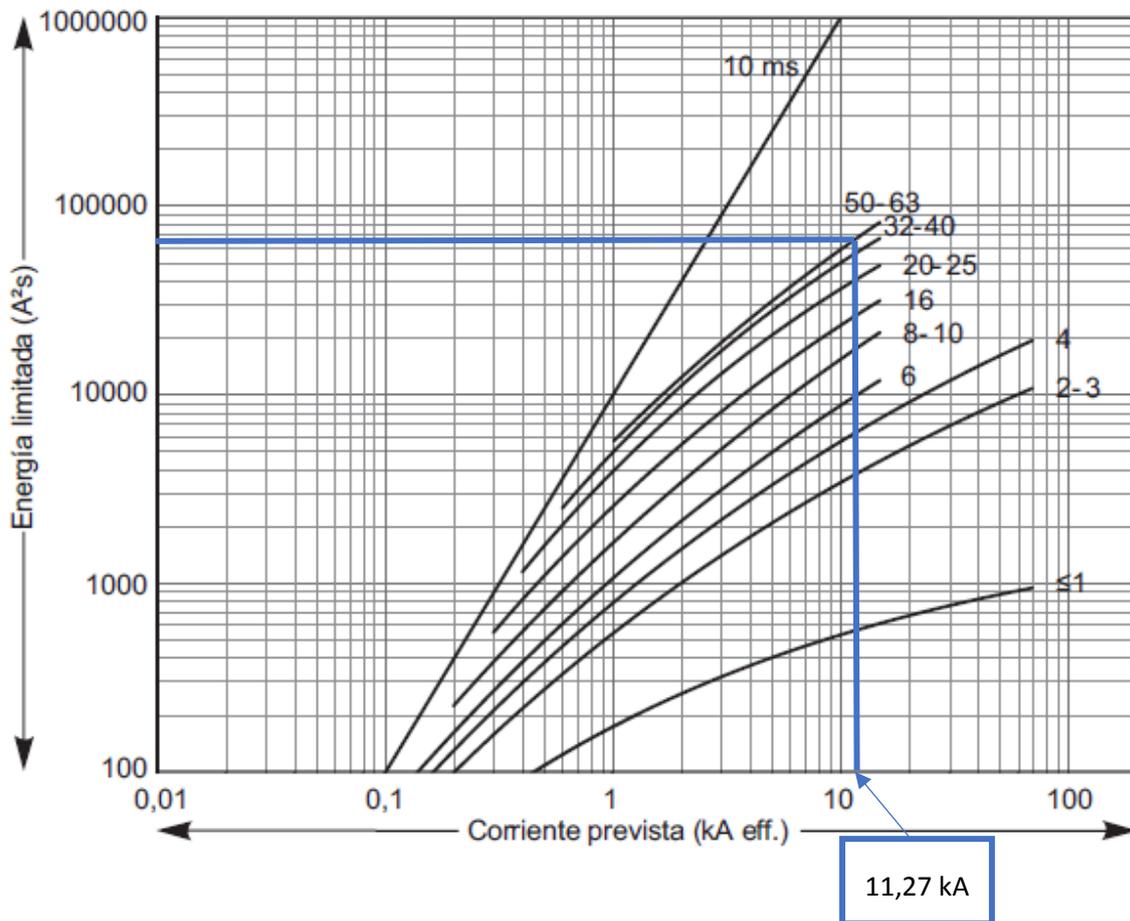


Figura 7 – Curva de limitación térmica. (<https://www.se.com/es/es/>, 2020)

Por lo que obtenemos  $I^2 t_{disparo.Iccmax} = 70000 A^2s$ . Entonces ya se puede comprobar la Ecuación 28:

$$736164 A^2s > 70000 A^2s$$

Por tanto, el PIA elegido con una intensidad nominal de 40 A, un poder de corte de 15 kA y curva C protege eficazmente a la línea CS001-MAQ10 de 9 mm<sup>2</sup> de sección frente a sobreintensidades.

Se ha optado por instalar los equipos de protección de dos polos en caso de líneas monofásicas y de cuatro polos en el caso de líneas trifásicas. Esto aporta mayor protección a la instalación ya que también serían detectadas sobreintensidades por el neutro.

A continuación, se muestran las secciones definitivas que se instalarán y que cumplen con todos los criterios analizados acompañadas de los cálculos necesarios para elegir las protecciones. Además, también se incluye la caída de tensión obtenida con las secciones definitivas.

NOMBRE LÍNEA	S (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ccmax</sub> (kA)	I <sub>ccmin</sub> (kA)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>n</sub> IA Y PIA (A)	Pdc (Ka)	CURVA (B,C,D)	I DISPARO MAGNÉTICO (kA)	I <sub>2</sub> T APARAMENTA (A <sup>2</sup> ·s)	I2t DEL CABLE (A <sup>2</sup> ·s)	e % ACUMULADO
CS001 - MAQ9	2,5	11,3	1,8	16,9	25,5	20	15	C	0,2	7,0E+04	1,3E+05	0,59
CS001 - MAQ10	6	11,3	1,5	39,6	43,7	40	15	C	0,4	7,0E+04	7,4E+05	1,11
CS001 - MAQ11	1,5	11,3	1,1	6,8	18,2	10	15	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	0,50
CS001 - MAQ12	2,5	11,3	0,5	11,3	20,4	16	15	C	0,16	4,0E+04	1,3E+05	0,94
CS001 - MAQ13	2,5	11,3	0,4	10,3	20,4	16	15	C	0,16	4,0E+04	1,3E+05	0,96
CS001 - MAQ14	35	11,3	4,6	102,5	131,0	125	25	C	1,25	1,0E+05	2,5E+07	0,52
CS001 - MAQ15	2,5	11,3	0,5	23,1	25,5	25	15	C	0,25	4,5E+04	1,3E+05	1,79
CS001 - TOMAS MONO	2,5	11,3	2,4	10,4	22,6	16	20	C	0,16	2,0E+04	1,3E+05	0,50
CS001 - TOMAS TRI	2,5	11,3	3,5	2,9	20,4	16	15	C	0,16	4,0E+04	1,3E+05	0,37
CS001 - ALU MEC 1	1,5	11,3	0,2	3,9	20,9	10	20	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	0,97
CS001 - ALU MEC 2	1,5	11,3	0,2	7,8	20,9	10	20	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	1,60
CS002 - MAQ18	16	10,3	3,7	61,5	80,1	63	15	C	0,63	7,0E+04	5,2E+06	0,73
CS002 - MAQ19	16	10,3	2,8	61,5	80,1	63	15	C	0,63	7,0E+04	5,2E+06	0,94
CS002 - MAQ20	35	10,3	4,1	102,5	131,0	125	25	C	1,25	1,0E+05	2,5E+07	0,73
CS002 - MAQ21	1,5	10,3	0,8	4,5	18,2	10	15	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	0,67
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	1,5	10,3	0,3	1,6	20,9	10	20	C	0,1	2,0E+04	4,6E+04	0,68
CS003 - MAQ16	1,5	1,1	0,2	5,1	14,6	10	6	C	0,1	8,0E+03	4,6E+04	1,78
CS003 - MAQ17	1,5	1,1	0,2	5,9	14,6	10	6	C	0,1	8,0E+03	4,6E+04	1,96
CS003 - ALU TINT	1,5	1,1	0,1	6,0	20,9	10	6	C	0,1	8,0E+03	4,6E+04	2,40
CS003 - TOMAS MONO	2,5	1,1	0,2	10,4	28,2	16	6	C	0,16	8,0E+03	1,3E+05	2,28
CS004 - ALU	1,5	1,2	0,2	5,1	20,9	10	6	C	0,1	9,0E+03	4,6E+04	2,89
CS004 - TOMAS MONO 1	2,5	1,2	0,3	10,4	22,6	16	6	C	0,16	9,0E+03	1,3E+05	3,13
CS004 - TOMAS MONO 2	2,5	1,2	0,3	10,4	22,6	16	6	C	0,16	9,0E+03	1,3E+05	3,13
CS004 - TOMAS MONO 3	2,5	1,2	0,2	10,4	22,6	16	6	C	0,16	9,0E+03	1,3E+05	3,42

NOMBRE LÍNEA	S (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ccmax</sub> (kA)	I <sub>ccmin</sub> (kA)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>n</sub> IA Y PIA (A)	Pdc (Ka)	CURVA (B,C,D)	I DISPARO MAGNÉTICO (kA)	I <sub>2T</sub> APARAMENTA (A <sup>2</sup> -s)	I <sub>2t</sub> DEL CABLE (A <sup>2</sup> -s)	e % ACUMULADO
CS004 - TOMAS MONO 4	2,5	1,2	0,2	10,4	22,6	16	6	C	0,16	9,0E+03	1,3E+05	3,42
CS004 - TOMAS MONO AC	2,5	1,2	0,4	21,7	28,2	25	6	C	0,25	9,0E+03	1,3E+05	3,05
CS004 - ALU APARCAMIENTO	1,5	1,2	0,1	3,6	20,9	10	6	B	0,05	9,0E+03	4,6E+04	3,54
CS005 - MAQ1	2,5	10,5	0,8	16,9	20,4	20	15	C	0,2	4,0E+04	1,3E+05	1,07
CS005 - MAQ2	16	10,5	2,1	67,7	80,1	80	25	C	0,8	6,0E+04	5,2E+06	1,29
CS005 - MAQ3	2,5	10,5	1,9	16,9	25,5	20	15	C	0,2	4,0E+04	1,3E+05	0,70
CS005 - MAQ4	10	10,5	2,2	45,1	60,1	50	15	C	0,5	5,5E+04	2,0E+06	0,96
CS005 - MAQ5	1,5	10,5	0,9	3,9	14,6	10	15	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	0,59
CS005 - MAQ6	1,5	10,5	0,8	7,9	14,6	10	15	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	0,77
CS005 - MAQ7	1,5	10,5	0,7	14,7	18,2	16	15	C	0,16	4,0E+04	4,6E+04	1,15
CS005 - MAQ8	4	10,5	0,6	20,5	26,9	25	15	C	0,25	4,0E+04	3,3E+05	1,61
CS005 - TOMAS MONO	1,5	10,5	1,6	10,4	16,7	16	15	C	0,16	4,6E+04	4,6E+04	0,75
CS005 - TOMAS TRI	2,5	10,5	2,9	2,9	20,4	16	15	C	0,16	4,0E+04	1,3E+05	0,52
CS005 - ALU CORTE 1	1,5	10,5	0,2	5,5	20,9	10	20	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	1,19
CS005 - ALU CORTE 2	1,5	10,5	0,1	6,3	20,9	10	20	C	0,1	4,0E+04	4,6E+04	1,65
CS006 - ALU	1,5	1,2	0,1	3,7	20,9	10	6	C	0,1	3,0E+04	4,6E+04	2,22
CS006 - TOMAS MONO 1	2,5	1,2	0,4	10,4	22,6	16	6	C	0,16	1,0E+04	1,3E+05	1,89
CS006- TOMAS MONO 2	2,5	1,2	0,4	10,4	22,6	16	6	C	0,16	1,0E+04	1,3E+05	1,89
CS006- TOMAS TRI	1,5	1,2	0,4	1,4	18,2	10	6	C	0,1	1,0E+04	4,6E+04	1,76
CS006- TOMAS MONO TERMO	2,5	1,2	0,2	8,7	22,6	16	6	C	0,16	1,0E+04	1,3E+05	2,59
CS006- TOMAS MONO SECAMANOS	2,5	1,2	0,2	13,0	22,6	16	6	C	0,16	1,0E+04	1,3E+05	3,71
CS007 - ALU	1,5	0,4	0,1	6,9	20,9	10	6	B	0,05	5,0E+03	4,6E+04	4,04
CS007 - TOMAS MONO	2,5	0,4	0,2	5,2	28,2	16	6	C	0,16	5,0E+03	1,3E+05	2,87

NOMBRE LÍNEA	S (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ccmax</sub> (kA)	I <sub>ccmin</sub> (kA)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>n</sub> IA Y PIA (A)	Pdc (Ka)	CURVA (B,C,D)	I DISPARO MAGNÉTICO (kA)	I <sub>2T</sub> APARAMENTA (A <sup>2</sup> -s)	I <sub>2t</sub> DEL CABLE (A <sup>2</sup> -s)	e % ACUMULADO
CS007 - ALU BAÑOS	1,5	0,4	0,1	1,4	20,9	10	6	B	0,05	5,0E+03	4,6E+04	3,02
CS008 - ALU	1,5	0,6	0,1	6,1	20,9	10	6	B	0,05	5,0E+03	4,6E+04	3,00
CS008 - TOMAS MONO	2,5	0,6	0,2	7,0	28,2	16	6	C	0,16	5,0E+03	1,3E+05	2,14
CS009 - ALU	1,5	1,2	0,2	2,3	20,9	10	6	C	0,1	5,0E+03	4,6E+04	2,75
CS009 - TOMAS MONO 1	2,5	1,2	0,3	7,0	22,6	16	6	C	0,16	5,0E+03	1,3E+05	2,98
CS009 - TOMAS MONO 2	2,5	1,2	0,3	8,7	22,6	16	6	C	0,16	5,0E+03	1,3E+05	3,32
CS009 - TOMAS MONO TERMO	2,5	1,2	0,3	4,3	28,2	16	6	C	0,16	5,0E+03	1,3E+05	2,95
CS009 - TOMAS MONO AC	2,5	1,2	0,4	4,3	28,2	16	6	C	0,16	5,0E+03	1,3E+05	2,71
CS010 - ALU	2,5	1,0	0,1	8,4	28,2	10	6	C	0,1	1,0E+04	1,3E+05	3,88
CS010 - TOMAS MONO	2,5	1,0	0,3	7,0	28,2	16	6	C	0,16	1,0E+04	1,3E+05	2,71
CS011 - ALU	1,5	1,0	0,2	1,5	20,9	10	6	C	0,1	1,0E+04	4,6E+04	2,73
CS011 - TOMAS MONO	2,5	1,0	0,3	7,8	28,2	16	6	C	0,16	1,0E+04	1,3E+05	2,93
CGP-CS001	120	11,9	5,5	177,6	213,9	200	36	C	1,4	6,0E+05	2,9E+08	0,35
CGP-CS002	120	11,9	4,9	184,3	213,9	200	36	C	1,4	6,0E+05	2,9E+08	0,53
CGP-CS003	4	11,9	0,4	14,6	26,6	25	15	C	0,25	4,5E+04	3,3E+05	1,48
CGP-CS004	6	11,9	0,5	22,7	34,5	32	15	C	0,32	4,5E+04	7,4E+05	2,40
CGP-CS005	95	11,9	5,0	159,2	184,7	175	36	C	1,4	4,5E+04	1,8E+08	0,50
CGP-CS006	6	11,9	0,5	16,3	34,5	32	15	C	0,32	4,2E+04	7,4E+05	1,75
CGP-CS007	6	11,9	0,2	9,9	38,5	32	15	B	0,16	4,2E+04	7,4E+05	2,80
CGP-CS008	6	11,9	0,3	10,3	38,5	25	15	C	0,25	4,2E+04	7,4E+05	2,04
CGP-CS009	16	11,9	0,5	25,6	71,1	63	15	B	0,32	4,2E+04	5,2E+06	2,60
CGP-CS010-CS011	6	11,9	0,4	20,3	38,5	32	15	C	0,32	4,2E+04	7,4E+05	2,61
CGP-CONDENSADORES	35	11,9	5,7	119,8	131,0	125	25	C	1,25	1,2E+05	2,5E+07	0,28

NOMBRE LÍNEA		S (mm <sup>2</sup> )	I <sub>ccmax</sub> (kA)	I <sub>ccmin</sub> (kA)	I <sub>b</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>n</sub> IA Y PIA (A)	Pdc (Ka)	CURVA (B,C,D)	I DISPARO MAGNÉTICO (kA)	I <sub>2T</sub> APARAMENTA (A <sup>2</sup> ·s)	I <sub>2t</sub> DEL CABLE (A <sup>2</sup> ·s)	e % ACUMULADO
TRANSFORMADOR-CGP FASES (2 conductores por fase)		240	14,0	5,8	288,7	351,0	630	42					0,27
TRANSFORMADOR-CGP NEUTRO (2 conductores por fase)		120											
TRANSFORMADOR -CGP	FUSIBLE	T.fus.lccmin = 6s			T.adm.conductor = 141s			In fusible = 800A	FUSIBLE-gG-800A	PdC =120 kA			

Tabla 24 – Cálculo de las secciones definitivas y protecciones frente sobrecorrientes. (Elaboración propia).

## 5 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

### 5.1 Cálculo del electrodo de tierra

La resistencia del electrodo de puesta a tierra debe ser tal que se garantice:

$$U_c < R_t \cdot I_{\Delta n}$$

*Ecuación 31 – Tensión máxima de contacto.*

- $U_c$  Tensión máxima de contacto que puede aparecer en la instalación cuando circula por tierra la intensidad nominal del diferencial. Al contar la nave con vestuarios y baños, que son zonas húmedas, se tomará  $U_c = 24 V$ .
- $R_t$  Resistencia del electrodo de puesta a tierra.
- $I_{\Delta n}$  Intensidad diferencial nominal del mayor diferencial.

Para escoger la intensidad diferencial nominal se tiene en cuenta que es una instalación industrial con grandes longitudes de conductores y con máquinas de gran potencia, por lo que es probable que se den corrientes de fuga grandes y además habrá que asegurar la selectividad. Por esto, el diferencial instalado en el cuadro general será de  $I_{\Delta n} = 1000 mA$ .

Se va a optar por poner un electrodo en forma de conductor horizontal enterrado en una zanja debajo de la nave que se preparará en el proceso de construcción.

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
$\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

*Tabla 25 – Resistencia de electrodos. (Reglamento electrotécnico de baja tensión).*

En la siguiente imagen se muestra un mapa geológico de Cartagena, mirando la leyenda se puede ver que el polígono industrial Los Camachos, donde se sitúa la nave, pertenece a la zona número 43, gravas, arenas y arcillas.



Figura 8 – Mapa geológico de Cartagena. (Instituto geológico y minero de España).

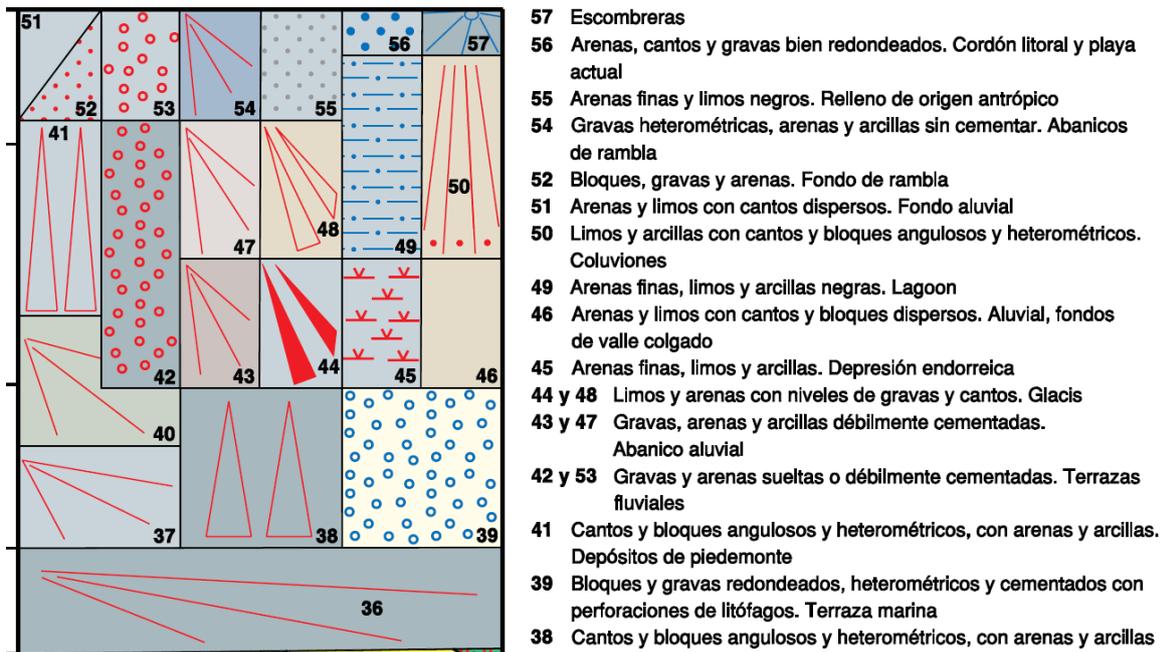


Figura 9 – Leyenda del mapa geológico. (Instituto geológico y minero de España).

Viendo la siguiente tabla del REBT, se aprecia que lo más parecido al terreno de la nave es “arenas arcillosas” con una resistividad de entre 50 y 500  $\Omega \cdot m$

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 26 – Resistividades según el terreno. (Reglamento electrotécnico de baja tensión).

Tomaremos un valor bastante desfavorable de  $400 \Omega \cdot m$ . Por todo esto se puede escribir en la Ecuación 31:

$$24 < \frac{2 \cdot 400}{L} \cdot 1$$

de donde se despeja una longitud de cable que debe ser mayor de 33,33 metros. Para tener más seguridad (las condiciones ambientales influyen mucho en este valor) y bajar el valor de la resistencia, se optará por una longitud de cable desnudo de 80 metros de  $35 \text{ mm}^2$  que, usando la Ecuación 31 y la Tabla 25 daría una tensión cuando circulara  $I_{\Delta n}$  de 10 V y una resistencia de tierra de  $10 \Omega$ .

## 6 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Siguiendo lo expuesto en el apartado de la memoria Protección contra contactos directos e indirectos, se han elegido los equipos de protección diferencial en dos niveles como se muestran a continuación. Se ha tenido en cuenta que el diferencial pueda soportar la suma de intensidad simultánea que está prevista que circule por él y que en líneas de mucha intensidad su sensibilidad no provoque falsos disparos por corrientes parásitas. Además, se ha garantizado la selectividad de los diferenciales como se explicó en la memoria. Toda esta información también queda detallada en los diagramas unifilares.

NOMBRE DE LA LÍNEA	$I_n$ PIA o IA (A)	$I_n$ DIFERENCIAL (A)	$I_{\Delta n}$ (mA)	POLOS DEL DIFERENCIAL
CGP-CS001	200	630	1000	4
CGP-CS002	200			
CGP-CS003	25			
CGP-CS004	32			
CGP-CS005	175			
CGP-CS006	32			
CGP-CS007	32			
CGP-CS008	25			
CGP-CS009	63			
CGP-CS010-CS011	32			
CGP-CONDENSADORES	125			
CGP-CONDENSADORES	125	125	300	4
CS001 - MAQ9	20	125	300	4
CS001 - MAQ10	40			
CS001 - MAQ11	10			
CS001 - MAQ12	16			
CS001 - MAQ13	16			
CS001 - MAQ15	25			
CS001 - MAQ14	125	125	500	4
CS001 - TOMAS MONO	16	25	30	4
CS001 - TOMAS TRI	16			
CS001 - ALU MEC 1	10			
CS001 - ALU MEC 2	10			
CS002 - MAQ18	63	125	300	4

NOMBRE DE LA LÍNEA	I <sub>n</sub> PIA o IA (A)	I <sub>n</sub> DIFERENCIAL (A)	I <sub>Δn</sub> (mA)	POLOS DEL DIFERENCIAL
CS002 - MAQ19	63			
CS002 - MAQ21	10			
CS002 - MAQ20	125	125	500	4
CS002 - ALU ASP Y AIRE COMP	10	25	30	2
CS003 - MAQ16	10	25	300	4
CS003 - MAQ17	10			
CS003 - ALU TINT	10	25	30	4
CS003 - TOMAS MONO	16			
CS004 - ALU	10	40	30	4
CS004 - TOMAS MONO 1	16			
CS004 - TOMAS MONO 2	16			
CS004 - TOMAS MONO 3	16			
CS004 - TOMAS MONO 4	16			
CS004 - TOMAS MONO AC	25			
CS004 - ALU APARCAMIENTO	10			
CS005 - MAQ1	20	63	300	4
CS005 - MAQ3	20			
CS005 - MAQ5	10			
CS005 - MAQ6	10			
CS005 - MAQ7	16	63	300	4
CS005 - MAQ8	25			
CS005 - TOMAS TRI	16			
CS005 - MAQ2	80	125	500	4
CS005 - MAQ4	50			
CS005-TOMAS MONO	16	25	30	4
CS005 ALU CORTE 1	10			
CS005 ALU CORTE 1	10			
CS006 - ALU	10	40	300	4
CS006 - TOMAS MONO 1	16			

NOMBRE DE LA LÍNEA	$I_n$ PIA o IA (A)	$I_n$ DIFERENCIAL (A)	$I_{\Delta n}$ (mA)	POLOS DEL DIFERENCIAL
CS006- TOMAS MONO 2	16			
CS006- TOMAS TRI	10			
CS006- TOMAS MONO TERMO	16			
CS006- TOMAS MONO SECAMANOS	16			
CS007 - ALU	10			
CS007 - TOMAS MONO	16	40	30	2
CS007 - ALU BAÑOS	10			
CS008 - ALU	10			
CS008 - TOMAS MONO	16	40	30	2
CS009 - ALU	10			
CS009 - TOMAS MONO 1	16			
CS009 - TOMAS MONO 2	16			
CS009 - TOMAS MONO TERMO	16	63	30	2
CS009 - TOMAS MONO AC	16			
CS010 - ALU	10			
CS010 - TOMAS MONO	16	40	30	2
CS011 - ALU	10			
CS011 - TOMAS MONO	16	40	30	2

Tabla 27 – Cálculo de equipos de protección diferencial. (Elaboración propia).

## **PRESUPUESTO**

## 1 IMPORTE DE LAS UNIDADES DE OBRA

### PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 PUESTA A TIERRA

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	Ud. Toma de tierra compuesta por 80 m de conductor de cobre de 35mm <sup>2</sup> desnudo, enterrado en zanja de 60 cm de profundidad. conectada a puente para comprobación, dentro de una arqueta de registro de polipropileno de 30x30 cm. Incluso replanteo, excavación de la zanja, colocación del conductor, colocación de la arqueta de registro, conexión del conductor con la línea de enlace mediante borne de unión, relleno con tierras de préstamo y conexionado a la red de tierra mediante puente de comprobación. Totalmente montada, conexionada y probada.	Ud	1,000	705,07	705,07

**TOTAL PUESTA A TIERRA 705,07**

## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 DIFERENCIALES

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	201,25	201,25
2.2	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	3,000	320,56	961,68
2.3	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	4,000	205,37	821,48
2.4	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	205,37	205,37
2.5	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 30 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	372,91	372,91
2.6	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	285,15	285,15
2.7	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	296,05	296,05
2.8	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 300 mA, poder de corte 6 kA, clase A, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	2,000	363,50	727,00
2.9	Ud. Interruptor diferencial instantáneo, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, sensibilidad 300 mA, clase A, modelo IID A9R24463 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x96x69 mm, montaje sobre carril DIN, con conexión mediante bornes de caja para cables de cobre. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	2,000	534,79	1.069,58

2.10 Ud. Interruptor diferencial instantáneo, clase A, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, sensibilidad 500 mA, resistencia a la corriente de impulso de onda 8/20  $\mu$ s (Iimp) 1 kA, 5SM3745-6 "SIEMENS", montaje sobre carril DIN. Totalmente montado, conexionado y probado.

Ud	4,000	833,53	3.334,12
----	-------	--------	----------

2.11 Ud. Relé diferencial electrónico, con monitorización de la corriente de fuga a tierra, ajuste de la intensidad de disparo de 0,03 a 30 A, ajuste del tiempo de disparo de 0 a 4,5 s, modelo Vigirex RH99M 56173 "SCHNEIDER ELECTRIC", con control permanente de la alimentación, del circuito toroide-relé diferencial y de la electrónica interior, de 54x97x74 mm, montaje sobre carril DIN, con transformador toroidal cerrado para relé diferencial. Totalmente montado, conexionado y probado.

Ud	1,000	494,24	494,24
----	-------	--------	--------

**TOTAL DIFERENCIALES 8.768,83**

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 PROTECCIÓN SOBRECORRIENTES

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	4,000	30,65	122,60
3.2	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	6,000	30,65	183,90
3.3	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89210 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 18x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	5,000	78,38	391,90
3.4	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	3,000	114,87	344,61
3.5	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 10 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 72x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	4,000	114,87	459,48
3.6	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	17,000	30,66	521,22
3.7	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	2,000	86,56	173,12
3.8	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 4 módulos, tetrapolar (4P), intensidad nominal 16 A, poder de corte 15 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	5,000	86,56	432,80
3.9	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 20 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89420 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	3,000	165,69	497,07
3.10	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 25 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89425 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	3,000	168,67	506,01

3.11	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 25 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89225 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 18x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	83,41	83,41
3.12	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), intensidad nominal 25 A, poder de corte 6 kA, curva C, de 36x80x77,8 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	30,75	30,75
3.13	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 32 A, poder de corte 15 kA, curva B, modelo iC60H A9F88232 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 18x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	100,16	100,16
3.14	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 6 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89206 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 18x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	85,18	85,18
3.15	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 6 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89406 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	2,000	168,67	337,34
3.16	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 40 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89440 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	199,68	199,68
3.17	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 50 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89450 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	282,65	282,65
3.18	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, bipolar (2P), intensidad nominal 63 A, poder de corte 15 kA, curva B, modelo iC60H A9F88263 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 18x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	158,93	158,93
3.19	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 63 A, poder de corte 15 kA, curva C, modelo iC60H A9F89463 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 72x85x78,5 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	2,000	306,54	613,08
3.20	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 80 A, poder de corte 25 kA, curva C, modelo NG125N 18658 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 108x103x81 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	514,34	514,34

3.21	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 125 A, poder de corte 25 kA, curva C, modelo NG125N 18662 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 108x103x81 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	3,000	535,69	1.607,07
3.22	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 250 A, poder de corte 36 kA, curva C, modelo NSX250 "SCHNEIDER ELECTRIC", de 108x103x81 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	3,000	1.338,80	4.016,40
3.23	Ud. Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (4P), intensidad nominal 630 A, poder de corte 42 kA, modelo MASTERPACK ZX "SCHNEIDER ELECTRIC", de 108x103x81 mm, grado de protección IP20, montaje sobre carril DIN (35 mm). Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	3.817,90	3.817,90
3.24	Ud. Conjunto fusible "CHINT ELECTRICS", formado por fusible de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 800 A, poder de corte 120 kA, tamaño T4, modelo RT36-4/gG/800 y base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 1000 A, modelo BRT36/4. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	4,000	316,31	1.265,24

**TOTAL PROTECCIÓN SOBRECORRIENTES 16.774,84**

**PRESUPUESTO PARCIAL Nº 4 LUMINARIAS**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>4.1</b>	<b>Ud. Luminaria led Phillips de 97 W Totalmente instalada y probada.</b>				
		Ud	68,000	210,51	14.314,68
<b>4.2</b>	<b>Ud. Luminaria led Phillips de 36 W Totalmente instalada y probada.</b>				
		Ud	29,000	33,11	960,19
<b>4.3</b>	<b>Ud. Luminaria led Phillips de 22 W Totalmente instalada y probada.</b>				
		Ud	33,000	26,81	884,73
<b>4.4</b>	<b>Ud. Luminaria led Phillips de 58 W Totalmente instalada y probada.</b>				
		Ud	10,000	118,33	1.183,30
<b>4.5</b>	<b>Ud. Luminaria led Phillips de 11.6 W Totalmente instalada y probada.</b>				
		Ud	6,000	17,30	103,80
<b>4.6</b>	<b>Ud. Luminaria led Phillips de 6 W Totalmente instalada y probada.</b>				
		Ud	4,000	7,32	29,28
<b>4.7</b>	<b>Ud. Suministro e instalación en superficie en zonas comunes de luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes, carcasa de 245x110x58 mm, clase II, IP42, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.</b>				
		Ud	48,000	51,66	2.479,68

**TOTAL LUMINAIRAS 19.955,66**

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 5 CONDUCTORES

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.1	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.Totalmente montado, conexionado y probado.	m	1.733,000	1,08	1.871,64
5.2	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción.Totalmente montado, conexionado y probado.	m	1.104,000	1,42	1.567,68
5.3	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	400,000	1,68	672,00
5.4	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	1.272,000	3,03	3.854,16
5.5	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	79,000	3,65	288,35
5.6	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	533,000	5,01	2.670,33
5.7	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	81,000	8,69	703,89

5.8	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	16,000	11,15	178,40
5.9	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	27,000	15,70	423,90
5.10	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	64,000	19,35	1.238,40
5.11	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	164,000	24,62	4.037,68
5.12	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.	m	168,000	45,07	7.571,76

**TOTAL CONDUCTORES 25.078,19**

**PRESUPUESTO PARCIAL Nº 6 TUBOS Y CANALES**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
6.1	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de canal protectora de PVC rígido, de 40x150 mm. Incluso accesorios. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación de la canal protectora.	m	168,000	19,59	3.291,12
6.2	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 12 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.	m	0,000	2,95	0,00
6.3	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 16 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.	m	608,000	3,05	1.854,40
6.4	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 20 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.	m	39,000	3,15	122,85
6.5	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.	m	273,000	3,35	914,55
6.6	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 50 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.	m	14,000	3,94	55,16
6.7	M. Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales. Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.	m	0,000	5,76	0,00
6.8	M. Zanja para línea enterrada bajo tubo protector de polietileno de doble pared, de 250 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 450 N, suministrado en rollo, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas. Incluso hilo guía. Totalmente montada, conexcionada y probada. Incluye: Replanteo y trazado de la zanja. Ejecución del lecho de arena para asiento del tubo. Colocación del tubo en la zanja. Tendido de cables. Conexionado. Ejecución del relleno envolvente.	m	28,000	17,56	491,68

**TOTAL TUBOS Y CANALES 6.729,76**

**PRESUPUESTO PARCIAL Nº 7 CUADROS ELÉCTRICOS**

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
7.1	Ud. Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta ciega, grado de protección IP40, aislamiento clase II, de 1050x650x250 mm, apilable con otros armarios, con techo, suelo y laterales desmontables por deslizamiento (sin tornillos), cierre de seguridad, escamoteable, con llave, acabado con pintura epoxi, microtexturizado. Totalmente montado.	Ud	3,000	533,92	1.601,76
7.2	Ud. Armario de distribución metálico, de superficie, con puerta ciega, grado de protección IP40, aislamiento clase II, de 1050x650x250 mm, apilable con otros armarios, con techo, suelo y laterales desmontables por deslizamiento (sin tornillos), cierre de seguridad, escamoteable, con llave, acabado con pintura epoxi, microtexturizado. Totalmente montado.	Ud	3,000	605,52	1.816,56
7.3	Ud. Caja de distribución de plástico, de superficie, sin puerta, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 12 módulos, de 250x224x70 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura, tapa frontal troquelada para aparamenta modular y tapas cubremódulos. Totalmente montada.	Ud	3,000	25,48	76,44
7.4	Ud. Caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 24 módulos, en 2 filas, de 287x361x112 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubremódulos. Totalmente montada.	Ud	2,000	44,45	88,90
7.5	Ud. Caja de distribución de plástico, de superficie, con puerta transparente, con grados de protección IP40 e IK07, aislamiento clase II, tensión nominal 400 V, para 36 módulos, en 2 filas, de 396x361x112 mm, con carril DIN, terminales de neutro y de tierra, tirador de apertura y tapas cubremódulos. Totalmente montada.	Ud	1,000	67,92	67,92

**TOTAL CUADROS ELÉCTRICOS 3.651,58**

PRESUPUESTO PARCIAL Nº 8 TOMAS DE CORRIENTE, INTERRUPTORES Y VARIOS

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
8.1	Ud. Interruptor unipolar (1P), gama básica, intensidad asignada 10 AX, tensión asignada 250 V, con tecla simple, de color blanco y marco embellecedor para 1 elemento, de color blanco; instalación empotrada. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.	Ud	27,000	10,54	284,58
8.2	Ud. Conmutador, gama básica, intensidad asignada 10 AX, tensión asignada 250 V, con tecla simple, de color blanco y marco embellecedor para 1 elemento, de color blanco; instalación empotrada. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.	Ud	22,000	11,18	245,96
8.3	Ud. Base de toma de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, gama básica, intensidad asignada 16 A, tensión asignada 250 V, con tapa, de color blanco y marco embellecedor para 1 elemento, de color blanco; instalación empotrada. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.	Ud	8,000	10,71	85,68
8.4	Ud. Base para 3 tomas de corriente con contacto de tierra (2P+T), tipo Schuko, gama básica, intensidad asignada 16 A, tensión asignada 250 V, con tapa, de color blanco y marco embellecedor para 3 elementos, de color blanco; instalación empotrada. Incluye: Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.	Ud	19,000	16,01	304,19
8.5	Ud. Base de toma de corriente con contacto de tierra trifásica, 16A	Ud	6,000	12,04	72,24
8.6	Ud. Caja universal de 1 elemento, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, enlazable por los cuatro lados, de 70x70x42 mm, con grados de protección IP30 e IK07, según IEC 60439; instalación empotrada. Incluye: Replanteo. Montaje. Colocación.	Ud	63,000	1,42	89,46
8.7	Ud. Caja universal de 1 elemento, de plástico ABS autoextinguible, libre de halógenos, enlazable por los cuatro lados, de 70x70x42 mm, con grados de protección IP30 e IK07, según IEC 60439; instalación empotrada. Incluye: Replanteo. Montaje. Colocación.	Ud	19,000	1,71	32,49
8.8	Ud. Interruptor horario programable, modular. Totalmente montado, conexionado y probado.	Ud	1,000	149,78	149,78

**TOTAL TOMAS DE CORRIENTE, INTERRUPTORES Y VARIOS 1.264,38**

## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 9 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
9.1	<b>Ud. Batería automática de condensadores, para 83 kVAr de potencia reactiva, de 4 escalones con una relación de potencia entre condensadores de 1:1:1:1, para alimentación trifásica a 400 V de tensión y 50 Hz de frecuencia, compuesta por armario metálico con grado de protección IP21, de 460x230x930 mm; condensadores regulador de energía reactiva con pantalla de cristal líquido contactores con bloque de preinserción y resistencia de descarga rápida; y fusibles de alto poder de corte. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</b>	Ud	1,000	1.747,89	1.747,89

**TOTAL COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA 1.747,89**

## 2 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Capítulo 1 PUESTA A TIERRA.	705,07
Capítulo 2 DIFERENCIALES	8.768,83
Capítulo 3 PROTECCIÓN SOBRECORRIENTES	16.744,84
Capítulo 4 LUMINARIAS	19.955,66
Capítulo 5 CONDUCTORES	25.078,19
Capítulo 6 TUBOS Y CANALES	6.729,76
Capítulo 7 CUADROS ELÉCTRICOS	3.651,58
Capítulo 8 TOMAS DE CORRIENTE, INTERRUPTORES...	1.264,38
Capítulo 9 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	1.747,89
<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>84.646,20</b>
13% de gastos generales	11.004,01
6% de beneficio industrial	5.078,77
Suma	100.728,98
21% IVA	21.153,09
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>121.882,07</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de **CIENTO VEINTIUN MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS CON SIETE CÉNTIMOS.**

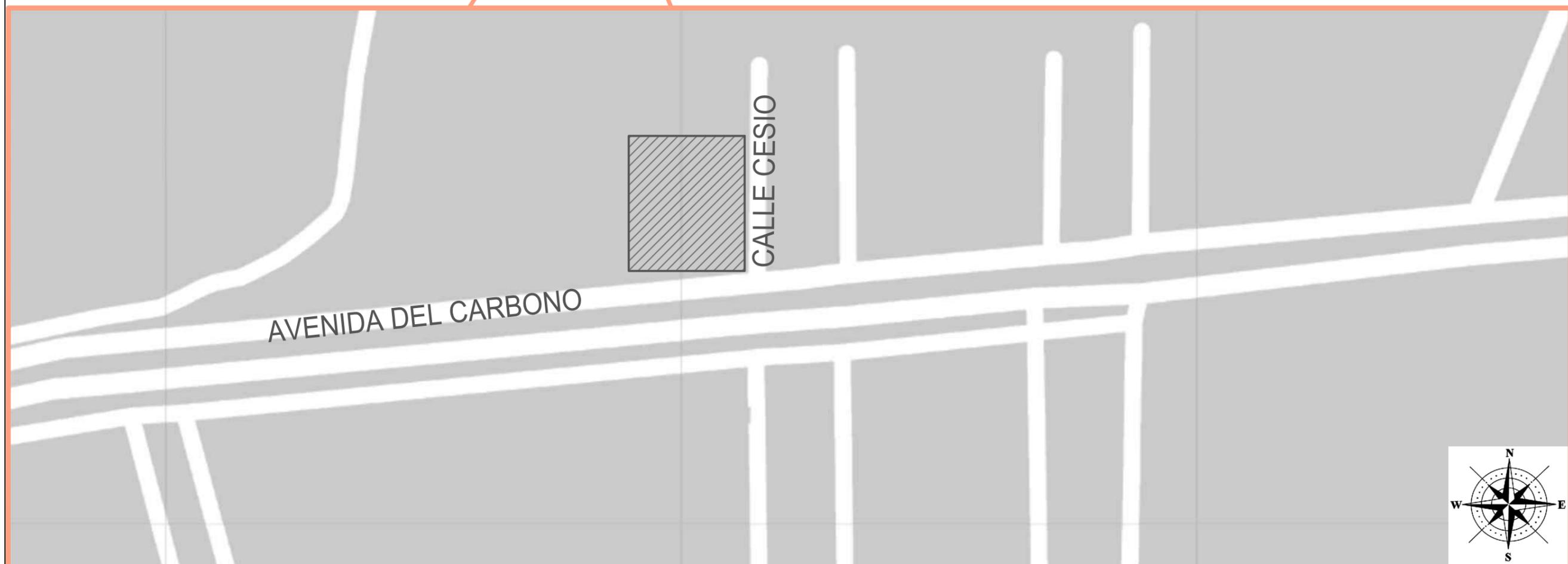
# PLANOS

- 1 PLANO 1: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- 2 PLANO 2: VISTA EN PLANTA**
- 3 PLANO 3: LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS A CUADROS**
- 4 PLANO 4: LOCALIZACIÓN DE LÍNEAS DE LUMINARIAS**
- 5 PLANO 5: LOCALIZACIÓN DE TOMAS DE CORRIENTE Y PUNTOS DE CONSUMO**
- 6 PLANO 6: ESQUEMA UNIFILAR 1**
- 7 PLANO 7: ESQUEMA UNIFILAR 2**
- 8 PLANO 8: INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA**

# POLÍGONO INDUSTRIAL LOS CAMACHOS (CARTAGENA)



Escala 1:10000



Escala 1:2000

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 kW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA

Plano: Situación y emplazamiento  
 Autor: Federico Pastor Grau

Fecha: Junio 2020  
 Escala: Indicada

Nº Plano:

1



CALLE CESIO

AVENIDA DEL CARBONO

MÁQUINA	IDENTIFICADOR EN EL PLANO
Sierra de cinta	1
Sierra circular grande	2
Sierra circular pequeña	3
Sierra markawa	4
Ingletadora TLP-250	5
Ingletadora TRZ-A	6
Tronzadora	7
Guillotina	8
Tupí	9
Taladro múltiple	10
Lijadora de manopla	11
Lijadora de platos	12
Cepillo	13
Chapadora	14
Prensador aire caliente	15
Cortina de tinter	16
Muro de agua	17
Aspirador (ciclón)	18
Aspirador (ciclón)	19
Compresor y calderín	20
Secador	21

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Federico Pastor Grau  
Autor proyecto

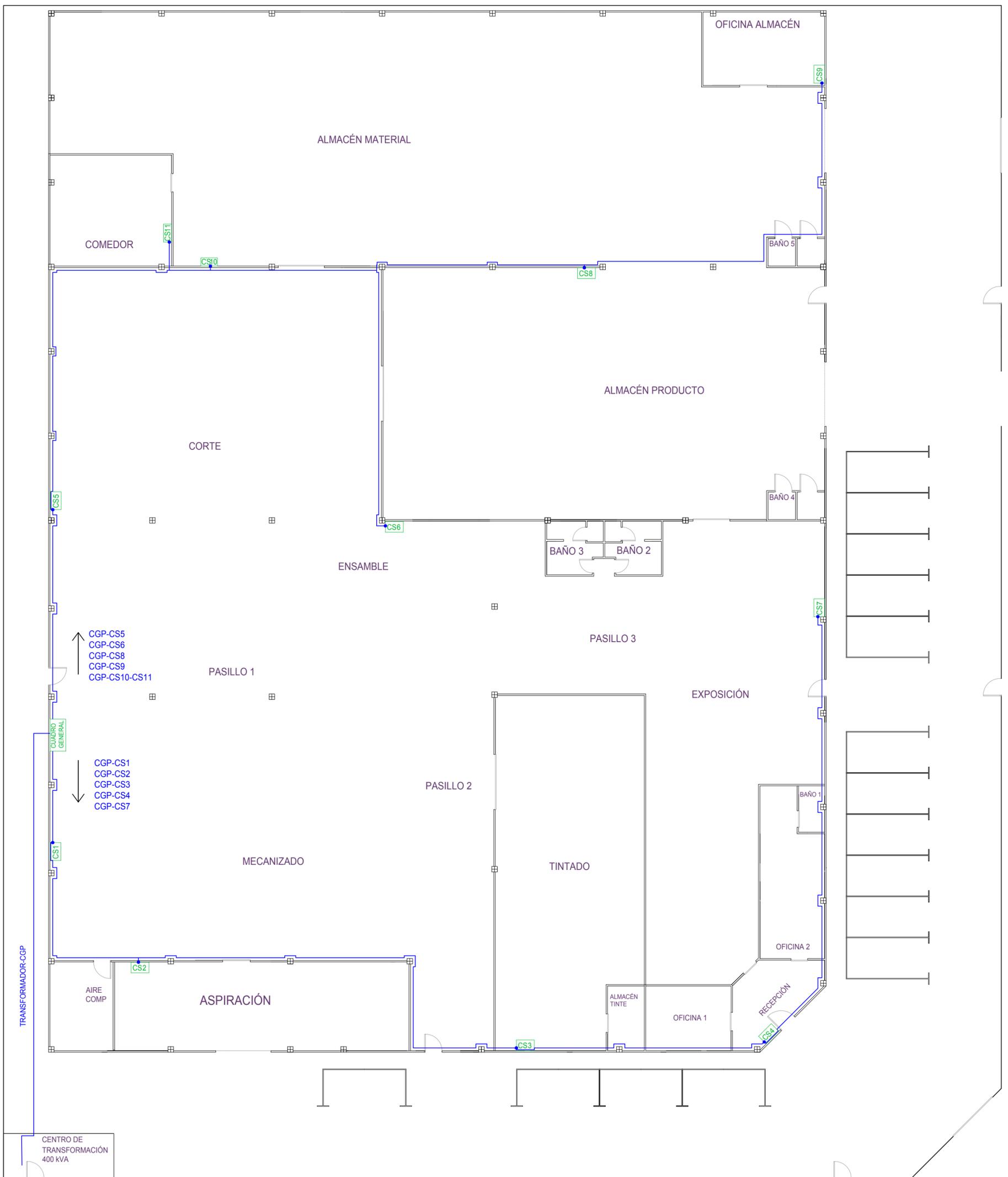
Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 KW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA

Fecha: Junio 2020

Plano: Vista en planta

Escala: 1/150

Nº Plano:



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERIA INDUSTRIAL VALENCIA**

Federico Pastor Grau  
Autor proyecto

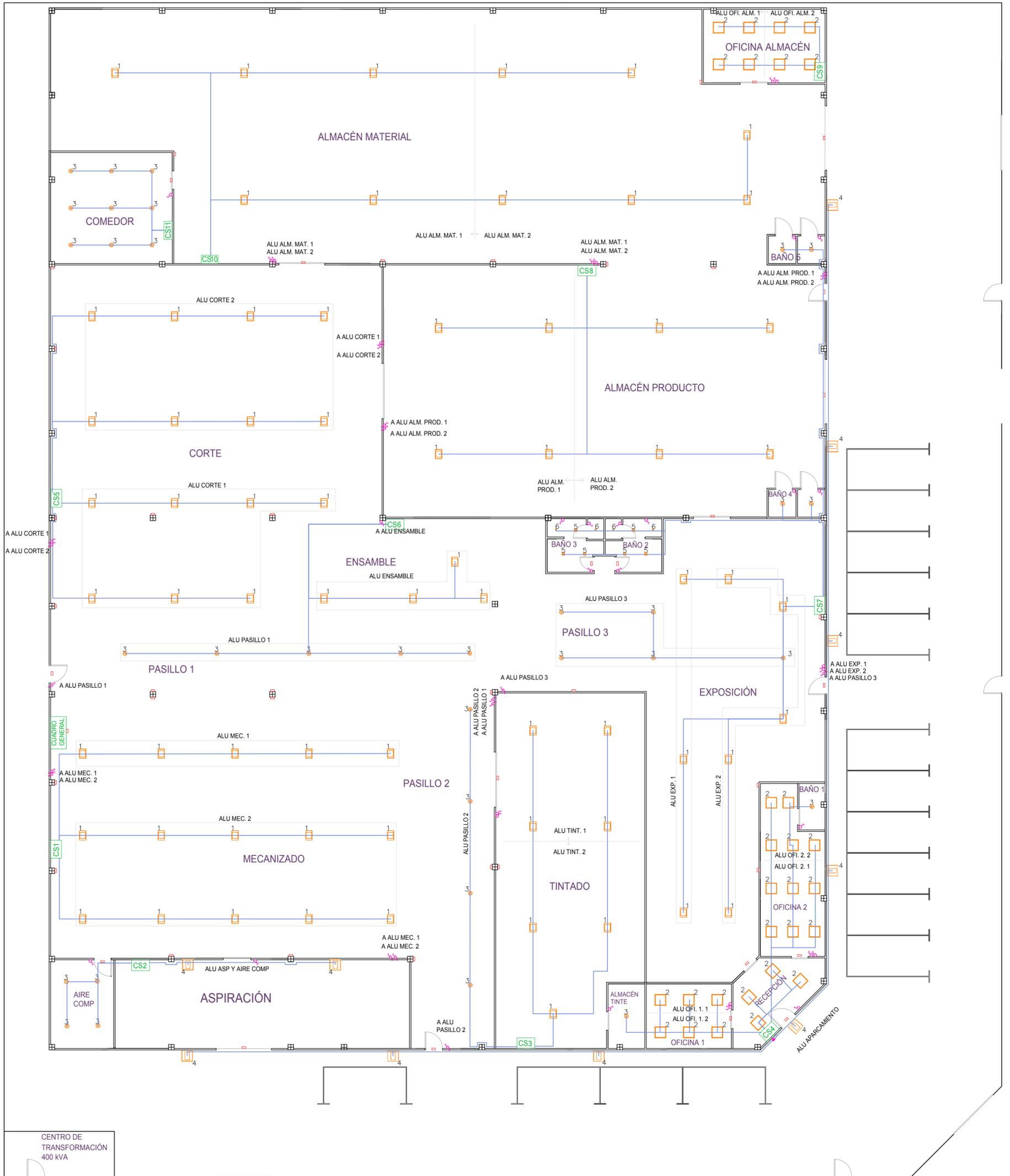
Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 KW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA

Fecha: Junio 2020

Plano: Localización de líneas a cuadros

Escala: 1/150

Nº Plano: 3



LISTA DE LUMINARIAS

Índice	Dibujo	Nombre de la luminaria	Potencia de conexión
1		130S/MBGC	97 W
2		34S/830 NOC	36 W
3		20S/830	22 W
4		BVP650 4S/MBGC	58 W
5		10S/840	11.6 W
6		36-/830	6 W
		LUM EMERGENCIA 1h	6 W

LEYENDA

- INTERRUPTOR
- CONMUTADOR
- INTERRUPTOR HORARIO

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

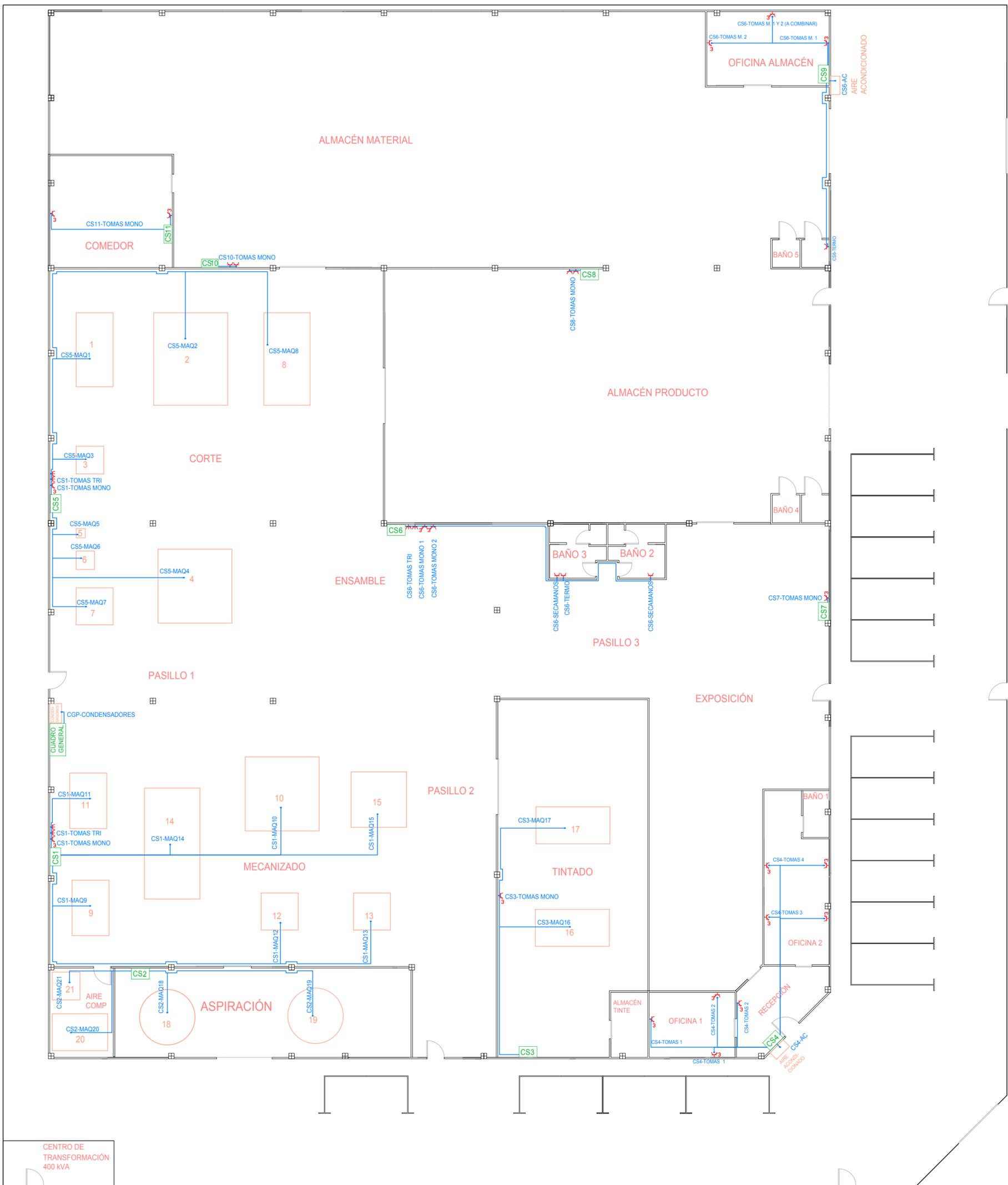
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto:  
**PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 KW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA**

Fecha: Junio 2020 Escala: 1/150

Plano: Localización de líneas de luminarias N° Plano:

Federico Pastor Grau  
Autor proyecto



LEYENDA MÁQUINAS	
MÁQUINA	IDENTIFICADOR EN EL PLANO
Sierra de cinta	1
Sierra circular grande	2
Sierra circular pequeña	3
Sierra markawa	4
Ingletadora TLP-250	5
Ingletadora TRZ-A	6
Tronzadora	7
Guillotina	8
Tupí	9
Taladro múltiple	10
Lijadora de manopla	11
Lijadora de platos	12
Cepillo	13
Chapadora	14
Prensadora aire caliente	15
Cortina de tinte	16
Muro de agua	17
Aspirador (ciclón)	18
Aspirador (ciclón)	19
Compresor y calderín	20
Secador	21

LEYENDA	
	TRES TOMAS DE CORRIENTE MONOFÁSICAS 16A
	TOMA DE CORRIENTE MONFÁSICA 16A
	TOMA DE CORRIENTE TRIFÁSICA 16A

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERIA INDUSTRIAL VALENCIA

Federico Pastor Grau  
Autor proyecto

Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 KW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA

Fecha: Junio 2020

Plano: Localización de tomas de corriente y puntos de consumo

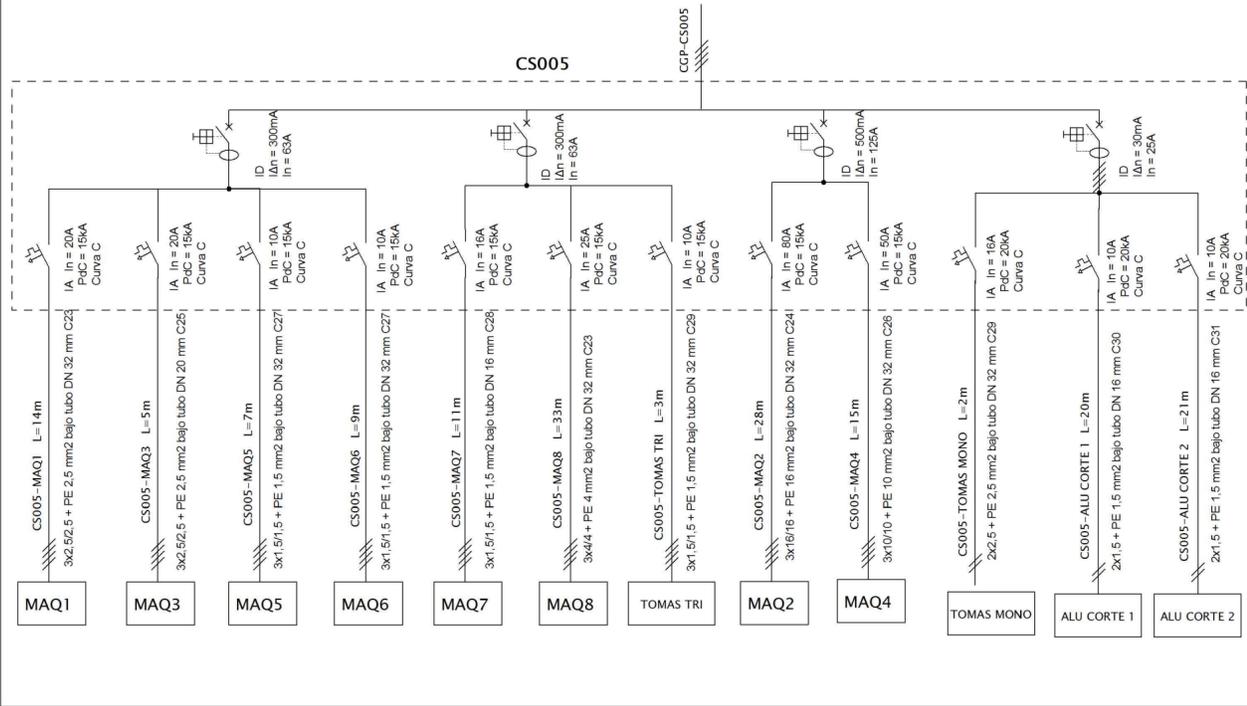
Escala: 1/150

Nº Plano: 5



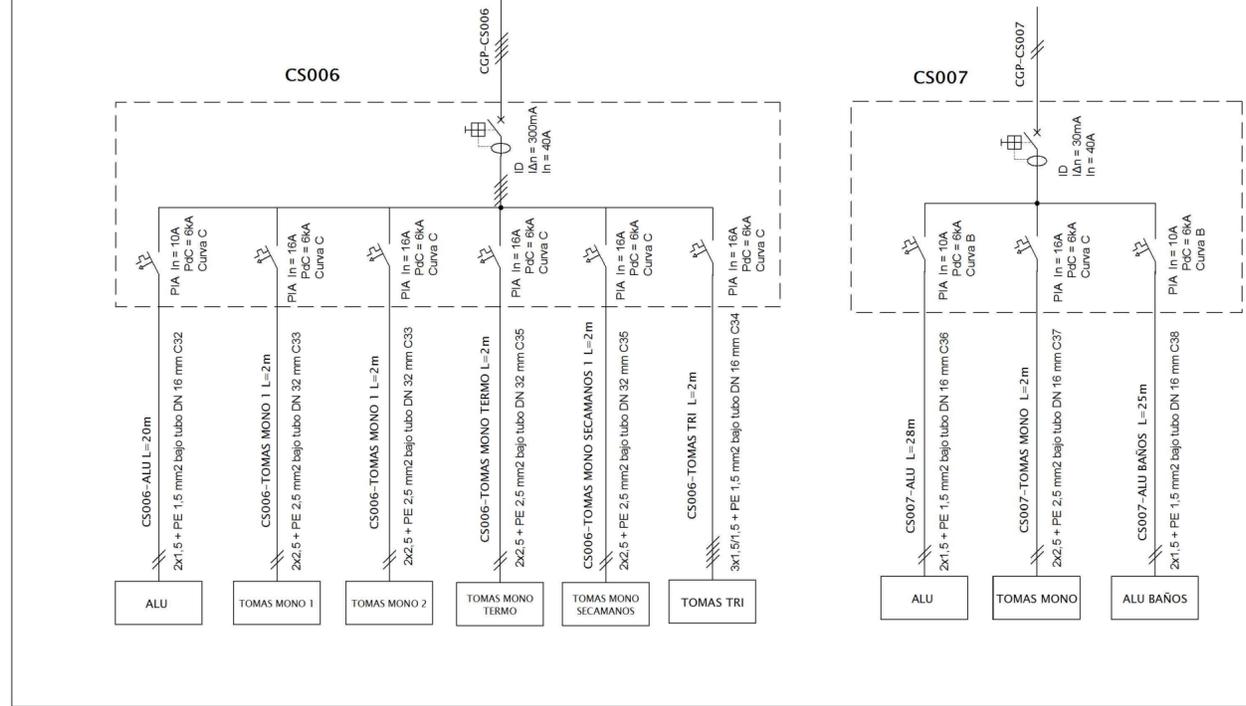
CS005

TODOS LOS CONDUCTORES SON DEL TIPO RZ1-K 0,6/1 kV Cu. LOS APARATOS DE PROTECCIÓN SON DE 4 POLOS EN LÍNEAS TRIFÁSICAS Y DE 2 POLOS EN LÍNEAS MONOFÁSICAS. CI INDENTIFICA LA CANALIZACIÓN.



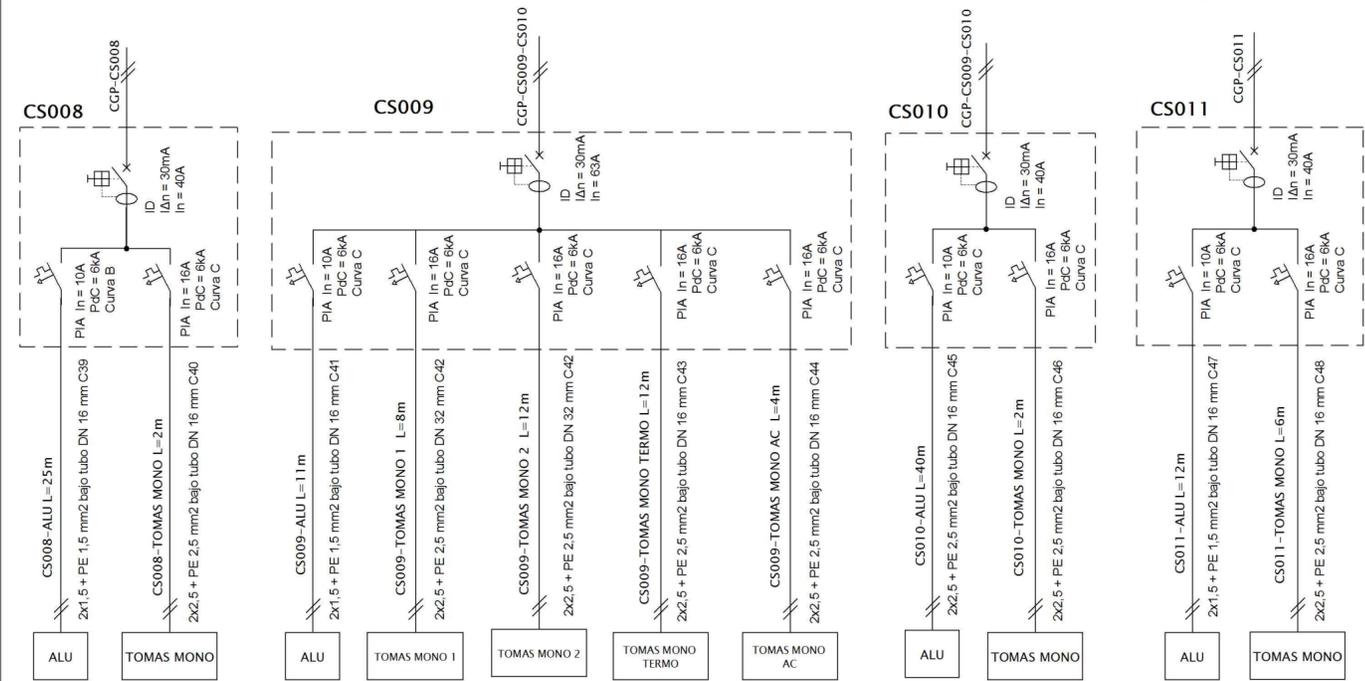
CS006-CS007

TODOS LOS CONDUCTORES SON DEL TIPO RZ1-K 0,6/1 kV Cu. LOS APARATOS DE PROTECCIÓN SON DE 4 POLOS EN LÍNEAS TRIFÁSICAS Y DE 2 POLOS EN LÍNEAS MONOFÁSICAS. CI INDENTIFICA LA CANALIZACIÓN.



CS008-CS009-CS010-CS011

TODOS LOS CONDUCTORES SON DEL TIPO RZ1-K 0,6/1 kV Cu. LOS APARATOS DE PROTECCIÓN SON DE 4 POLOS EN LÍNEAS TRIFÁSICAS Y DE 2 POLOS EN LÍNEAS MONOFÁSICAS. CI INDENTIFICA LA CANALIZACIÓN.



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

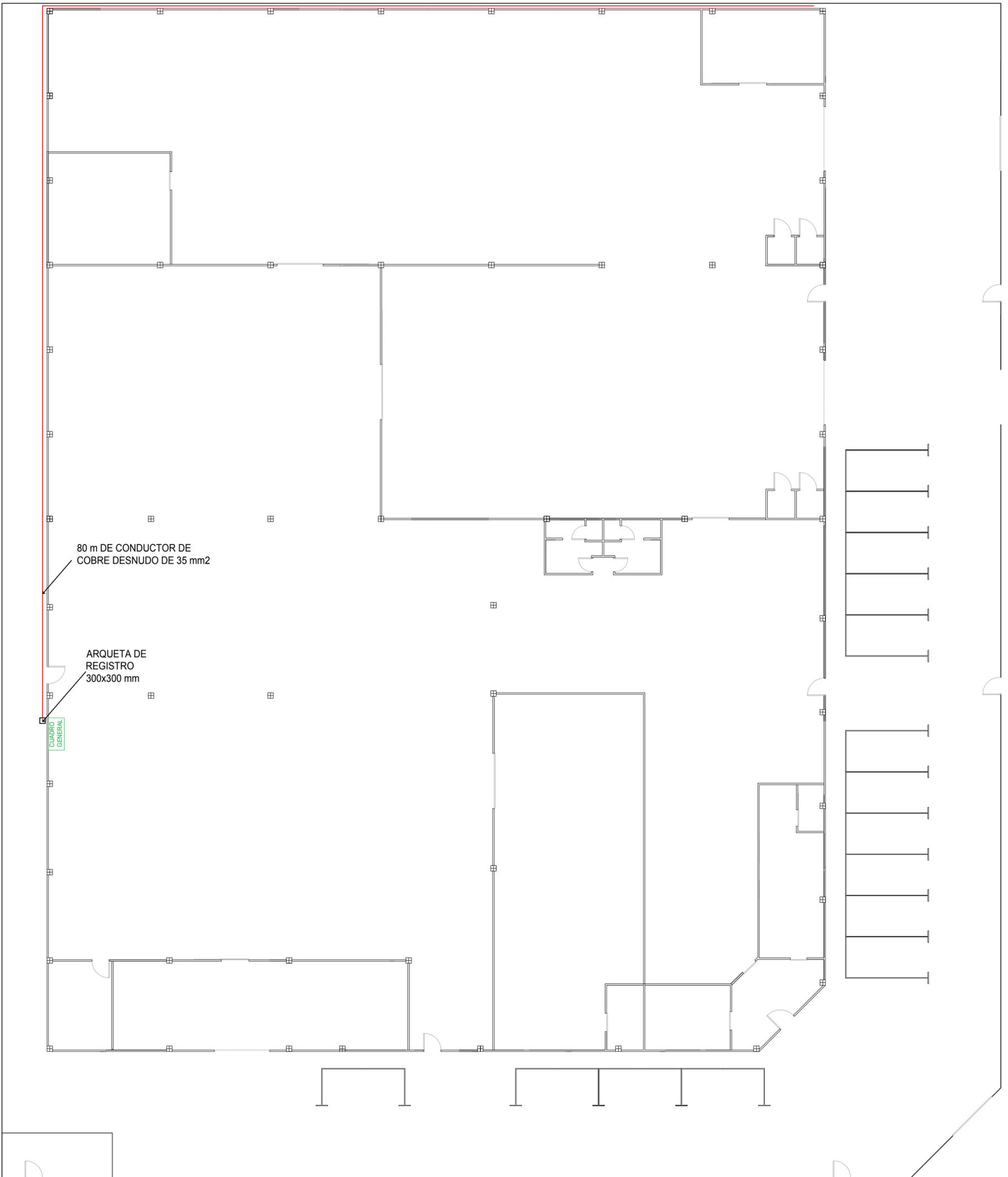
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSION PARA UNA POTENCIA DE 400 KW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA

Fecha: Junio 2020 Escala:

Plano: Esquema unifilar 2 Nº Plano:

Federico Pastor Grau  
Autor proyecto



80 m DE CONDUCTOR DE  
COBRE DESNUDO DE 35 mm<sup>2</sup>

ARQUETA DE  
REGISTRO  
300x300 mm

CUADRO  
GENERAL

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA  
TÉCNICA  
SUPERIOR  
INGENIERÍA  
INDUSTRIAL  
VALENCIA

Federico Pastor Grau  
Autor proyecto

Proyecto: PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN PARA UNA POTENCIA DE 400 kW EN UNA FÁBRICA DE MUEBLES EN CARTAGENA

Fecha: Junio 2020

Plano: Instalación de puerta a tierra

Escala: 1/150

Nº Plano: