



**VNiVERSiDAD  
DSALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Trabajo Fin de Grado**  
**Grado en Ingeniería Eléctrica**

PROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

**Autor: Anaïs Cormorant Beguin**

**Tutor: Lydia Rozas Izquierdo**

**Septiembre 2017**

## Resumen:

Las posibilidades de producción de energía eléctrica en España se basan en la explotación de recursos carboníferos, importación de hidrocarburos, utilización de recursos hidráulicos y explotación de los minerales radiactivos del subsuelo como combustible nuclear. Esto provoca la amenaza ambiental que sufre el planeta debido al consumo excesivo de combustibles fósiles, produciendo calentamiento global y empeorando el cambio climático.

Por estas razones se debe trabajar en la gestión de un modelo energético sostenible y apostar por las energías renovables, para conseguir una producción de energía limpia y conseguir la reducción de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera debidas a producción de energía eléctrica. Como energías renovables se encuentran muy extendidas las energías solar y eólica, pero existen otros tipos de energías renovables como la energía de la biomasa, energía primaria de tipo renovable que puede ser utilizada para generar energía eléctrica en una planta de combustión de biomasa.

La planta de biomasa diseñada utiliza biomasa residual de tipo forestal, proveniente de residuos forestales recogidos en los bosques. La potencia generada en la planta es de 1 MW, clasificando a la planta como una central de pequeña potencia. La implantación de una planta de biomasa supone una inversión inicial elevada debido a las distintas instalaciones de las cuales debe disponer la planta. Una de las instalaciones más importantes de una planta de biomasa es la instalación eléctrica, puesto el objetivo principal de una planta de biomasa es generar energía eléctrica para ser vertida a la red de energía eléctrica y ser consumida por los consumidores que la requieran. Esta instalación eléctrica será tanto más compleja cuanto mayor sea la potencia de generación de la planta.

Se diseña la instalación eléctrica necesaria en la planta para, por un lado, alimentar los receptores y equipos de la planta que requieren de alimentación eléctrica para su funcionamiento, y por otro lado, verter la energía generada en la planta hacia la red de distribución de energía eléctrica.

Las centrales de biomasa para producción de energía eléctrica tienen un funcionamiento sencillo que consiste en la combustión de biomasa residual en una caldera de combustión que genera vapor de agua gracias al calor desprendido de la combustión, vapor que es transportado a una turbina para expandirse y provocar un movimiento rotativo de la turbina, la cual se encuentra acoplada a un generador transmitiendo el movimiento rotativo al generador. El generador produce energía eléctrica para posteriormente ser vertida a la red de distribución

de energía eléctrica en las condiciones necesarias y óptimas para su vertido, es decir, en las condiciones de tensión y frecuencia presentes en la red de distribución a la que es vertida esta energía producida.

Otra de las instalaciones necesarias en las plantas de biomasa es la instalación de protección y seguridad contra incendios. Esta instalación tiene como objetivo la protección de la planta en caso de producirse un incendio. En el presente proyecto se describe la instalación contra incendios de la planta diseñada y se definen y calculan los sistemas de protección requeridos en la misma.

## **Abstract:**

The importance of the energetic sector in the national economies owes to this characteristic of beginning necessary for any activity, since on her there depends to a great extent the major or minor development that this one has, in case of Spain, the energetic insufficiency is one of the reasons of this industrial delay. The energetic Spanish possibilities are based on the exploitation of the coal-bearing resources, on the import of hydrocarbons, on the utilization of the hydroelectric resources, and on the exploitation of the radioactive minerals of the subsoil and of the nuclear imported fuel.

To everything mentioned, it is necessary to add the major environmental threat with the humanity faces. The climate change derived from the excessive consumption of fossil fuels for the electrical production. It is for it that one works to manage an energetic sustainable model, and competes for an energetic revolution capable of reducing the CO<sub>2</sub> emissions to avoid a dangerous climate change.

In this frame they enter game the known renewable energies, which play a fundamental papel, so much in not energetic dependence of the country, since in the reduction of CO<sub>2</sub> in the electrical production. Energies as solar or wind they are already widely known all over the world, but there exist other forms of energy that are not known.

Is there the intention of this project of giving alternative and of reducing the energetic dependence for the electrical production from a renewable clean energy, with a void balance sheet of CO<sub>2</sub> and that reduces the danger of forest fires that they flog to our country in hot periods. In this project, a biomass residual forest center is designed from the clearing trees in the forests to produce clean electric energy.

One of the important installations to be designed in the plant is the electrical installation, the main objective of this project. To design of the electrical installation has as objective to pour the energy generated in the plant to the electric power distribution network. Another installation designed in the plant is the installation against fires.

## Índice:

<b>1. <u>CAPÍTULO I. MEMORIA DESCRIPTIVA</u></b> .....	<b>17</b>
1.1. Introducción.....	18
1.1.1. Objeto del proyecto .....	18
1.1.2. Estructura y alcance del proyecto .....	18
1.1.3. Antecedentes y justificación de la realización del proyecto .....	19
1.1.4. Normativa y referencias .....	20
1.1.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....	20
1.1.4.2. Bibliografía.....	21
1.1.4.3. Programas de cálculo .....	22
1.2. Descripción general de la planta .....	22
1.2.1. Descripción general del establecimiento .....	22
1.2.2. Clasificación de la planta.....	24
1.2.3. Tipo de biomasa utilizada.....	24
1.2.4. Emplazamiento de la central .....	24
1.2.4.1. Superficie forestal y características de la biomasa.....	25
1.2.4.2. Suministro de agua.....	27
1.2.5. Potencia de generación.....	28
1.2.6. Compañía distribuidora de energía eléctrica .....	28
1.2.7. Toma de agua de la planta.....	28
1.3. Descripción del proceso de generación eléctrica.....	28
1.3.1. Ciclo de tratamiento del combustible.....	28
1.3.2. Descripción del proceso productivo.....	29
1.3.3. Ciclo de Rankine .....	30
1.4. Descripción del equipo empleado.....	34
1.4.1. Equipo de generación .....	34
1.4.1.1. Caldera.....	34

1.4.1.2.	Turbina de vapor.....	34
1.4.1.3.	Condensador .....	35
1.4.1.4.	Generador síncrono .....	36
1.4.1.5.	Torre de refrigeración .....	37
1.4.1.6.	Bombas hidráulicas .....	37
1.4.2.	Equipo del sistema de transporte de biomasa.....	38
1.4.3.	Equipo de bombeo .....	38
1.4.4.	Equipo del sistema auxiliar de aire comprimido.....	39
1.4.5.	Equipo del sistema auxiliar de refrigeración de equipos .....	40
1.5.	Instalación eléctrica de servicios auxiliares .....	41
1.5.1.	Partes de la instalación receptora .....	41
1.5.1.1.	Acometida.....	41
1.5.1.2.	CPM .....	42
1.5.1.3.	Derivación individual.....	44
1.5.1.4.	Instalación interior.....	45
1.5.2.	Descripción de los receptores de la instalación interior .....	45
1.5.2.1.	Receptores de alumbrado.....	46
1.5.2.2.	Receptores de fuerza.....	47
1.5.3.	Previsión de cargas.....	48
1.5.4.	Características eléctricas de los circuitos de potencia.....	51
1.5.5.	Asignación de circuitos a los cuadros de distribución .....	52
1.5.6.	Potencias de la instalación .....	55
1.6.	Instalación eléctrica de media tensión .....	57
1.6.1.	Línea eléctrica aérea de MT de conexión a red.....	57
1.6.1.1.	Conexión con la red de UFD .....	57
1.6.1.2.	Descripción de la línea de nueva extensión .....	59
1.6.1.2.1.	Características generales de la línea .....	59
1.6.1.2.2.	Disposición de la línea .....	59

1.6.1.2.3.	Características generales del conductor utilizado .....	61
1.6.1.3.	Descripción de los elementos constitutivos de la línea eléctrica .....	62
1.6.1.3.1.	Clasificación y características de los apoyos .....	62
1.6.1.3.2.	Características generales de las cadenas de aisladores.....	63
1.6.1.3.3.	Resumen de apoyos.....	65
1.6.1.4.	Cimentaciones de los apoyos .....	65
1.6.1.5.	Puesta a tierra de los apoyos.....	66
1.6.1.5.1.	Clasificación de los apoyos.....	66
1.6.1.5.2.	Sistema de puesta a tierra del neutro de la línea .....	66
1.6.1.5.3.	Características del terreno.....	66
1.6.1.5.4.	Descripción de la instalación de puesta a tierra de los apoyos .	67
1.6.2.	Subestación transformadora .....	68
1.6.2.1.	Objeto.....	68
1.6.2.2.	Descripción general de la subestación.....	69
1.6.2.3.	Partes de la subestación transformadora.....	69
1.6.2.4.	Protecciones eléctricas .....	72
1.6.2.4.1.	Celdas de media tensión – niveles de 20 kV y 6 kV .....	72
1.6.2.4.2.	Protecciones eléctricas a la intemperie con nivel de 20 kV .....	78
1.6.2.4.3.	Protecciones eléctricas con nivel de 400 V .....	84
1.6.2.5.	Transformador principal .....	84
1.6.2.6.	Transformador de servicios auxiliares.....	85
1.6.2.7.	Intensidades nominales .....	86
1.6.2.8.	Intensidades de cortocircuito .....	87
1.6.2.9.	Cables utilizados.....	87
1.6.2.10.	Descripción de la red general de tierra de la subestación .....	90
1.6.3.	Línea eléctrica de salida del generador .....	92





2.4.1.7.	Cálculos mecánicos del día del tendido .....	130
2.4.1.7.1.	Tracción en el vértice.....	130
2.4.1.7.2.	Flecha del vano de regulación y flechas de cada vano .....	130
2.4.1.7.3.	Flechas de los vanos vistas desde los apoyos.....	131
2.4.1.7.4.	Longitud de conductor .....	134
2.4.1.8.	Cálculos mecánicos de los apoyos .....	135
2.4.1.8.1.	Eolovano y gravivano .....	135
2.4.1.8.2.	Hipótesis de cálculo mecánico de apoyos .....	135
2.4.1.8.3.	Tablas de cálculo mecánico de apoyos .....	143
2.4.1.9.	Cálculo de cimentaciones de los apoyos .....	147
2.4.1.10.	Verificación de puesta a tierra.....	148
2.4.1.10.1.	Verificación por tensiones de contacto admisibles .....	148
2.4.1.10.2.	Verificación por tensiones de paso admisibles.....	151
2.4.1.11.	Distancias de seguridad mínimas establecidas.....	152
2.4.2.	Cálculos eléctricos .....	153
2.4.2.1.	Intensidad máxima del conductor .....	153
2.4.2.2.	Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores .....	154
2.4.2.3.	Resistencia y reactancia inductiva .....	154
2.4.2.4.	Potencia máxima a transportar .....	155
2.4.2.5.	Caída de tensión.....	155
2.4.2.6.	Pérdida de potencia.....	156
2.5.	Subestación transformadora .....	157
2.5.1.	Ventilación en el edificio de transformación.....	157
2.5.2.	Intensidades nominales de la subestación .....	158
2.5.3.	Intensidades de cortocircuito de la subestación .....	158
2.5.4.	Comprobación de diseño del embarrado de 20 kV .....	159
2.5.5.	Dimensionado de la red general de tierra.....	161
2.5.5.1.	Datos iniciales.....	161

2.5.5.2.	Tensiones tolerables.....	162
2.5.5.3.	Configuración inicial.....	164
2.5.5.4.	Tensiones de paso y contacto .....	166
2.5.5.5.	Comprobación de tensiones de paso y de contacto.....	168
2.5.5.6.	Resistencia de la red mallada de tierra .....	168
<b>3.</b>	<b><u>CAPÍTULO III. MEDICIONES Y PRESUPUESTO</u></b> .....	<b>170</b>
3.1.	Mediciones.....	171
3.2.	Cuadro de precios.....	177
3.3.	Presupuesto.....	194
<b>4.</b>	<b><u>CAPÍTULO IV. PLIEGO DE CONDICIONES</u></b> .....	<b>195</b>
4.1.	Condiciones generales.....	196
4.1.1.	Objetivo del pliego de condiciones .....	196
4.1.2.	Documentación del contrato de obra.....	196
4.1.3.	Responsabilidad del contratista.....	196
4.1.4.	Modificaciones del proyecto .....	196
4.2.	Condiciones facultativas.....	197
4.2.1.	Atribuciones .....	197
4.3.	Condiciones generales relativas a trabajos .....	198
4.3.1.	Acceso .....	198
4.3.2.	Replanteo.....	199
4.3.3.	Orden y ritmos de ejecución de los trabajos.....	199
4.3.4.	Trabajos defectuosos .....	199
4.3.5.	Materiales, equipos y aparatos.....	200
4.4.	Condiciones económicas.....	200
4.4.1.	Fianzas .....	200
4.4.2.	Costes y presupuesto.....	200

4.4.3. Valoración y abono de los trabajos realizados .....	201
4.4.4. Mejoras, aumentos y reducciones de obra .....	203
4.5. Condiciones técnicas .....	203
4.5.1. Condiciones técnicas generales para el montaje de instalaciones eléctricas ....	
.....	203
4.5.2. Instalación eléctrica en baja tensión .....	203
4.5.2.1. Naturaleza de los conductores.....	203
4.5.2.2. Sección de los conductores y caídas de tensión.....	203
4.5.2.3. Identificación de los conductores .....	204
4.5.2.4. Subdivisión de las instalaciones .....	204
4.5.2.5. Equilibrado de fases .....	204
4.5.2.6. Acometida.....	204
4.5.2.7. Conexiones y canalizaciones.....	204
4.5.2.8. Protección.....	205
4.5.2.9. Receptores motores.....	206
4.5.3. Instalación eléctrica de iluminación .....	207
4.5.4. Instalación eléctrica de generadores síncronos.....	207
4.5.5. Instalación eléctrica de la subestación transformadora .....	208
4.5.5.1. Obra civil.....	208
4.5.5.2. Aparata de media tensión .....	208
4.5.5.3. Transformadores de potencia .....	208
4.5.5.4. Normas de ejecución de las instalaciones .....	209
4.5.5.5. Pruebas reglamentarias.....	209
4.5.5.6. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad .....	209
4.5.5.7. Libro de órdenes.....	209
4.5.5.8. Certificados y documentación .....	210
4.5.6. Línea eléctrica aérea de media tensión .....	210
4.5.6.1. Calidad de los materiales.....	210

4.5.6.2.	Conexión a red .....	210
4.5.6.3.	Normas de ejecución de las instalaciones .....	210
4.5.6.4.	Pruebas reglamentarias.....	211
4.5.6.5.	Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad.....	211
4.5.6.6.	Libro de órdenes.....	212
4.5.6.7.	Certificados y documentación .....	212
4.5.7.	Instalación contra incendios .....	212
4.5.7.1.	Red de abastecimiento de agua .....	212
4.5.7.2.	Bocas de incendio equipadas .....	214
4.5.7.3.	Extintores portátiles .....	214
4.5.7.4.	Pulsadores manuales de alarma.....	215
4.5.7.5.	Señalización .....	215
4.5.7.6.	Inspecciones y pruebas .....	215
4.5.7.7.	Protección activa .....	216
<b>5.</b>	<b><u>CAPÍTULO V. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u></b> .....	<b>217</b>
5.1.	Objeto .....	218
5.2.	Características generales.....	218
5.2.1.	Situación .....	219
5.2.2.	Suministro de energía eléctrica.....	219
5.2.3.	Suministro de agua .....	219
5.2.4.	Servicios higiénicos.....	219
5.3.	Riesgos laborales evitables.....	219
5.4.	Riesgos laborales no evitables y medidas preventivas.....	219
5.4.1.	Riesgos que afectan a cualquier obra .....	220
5.4.2.	Riesgos derivados del movimiento de tierras .....	221
5.4.3.	Riesgos derivados del montaje y descarga de elementos y equipos .....	222
5.4.4.	Riesgos derivados de la puesta en marcha de la instalación eléctrica .....	223

5.5. Instalaciones de asistencia sanitaria provisional .....	224
5.6. Normativa en materia de Seguridad y Salud .....	225
<b><u>ANEXO I. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS</u></b> .....	<b>226</b>
Anexo I - 1. Introducción .....	227
Anexo I - 2. Normativa utilizada .....	227
Anexo I - 3. Diseño de la instalación contra incendios de cada edificio .....	227
Anexo I - 3.1. Edificio de control .....	227
Anexo I - 3.1.1. Uso.....	227
Anexo I - 3.1.2. Zonas de riesgo especial ZRE.....	228
Anexo I - 3.1.3. Sectorización.....	228
Anexo I - 3.1.4. Características de resistencia al fuego .....	228
Anexo I - 3.1.5. Evacuación de los ocupantes .....	228
Anexo I - 3.1.6. Protección activa contra incendios .....	229
Anexo I - 3.2. Edificio de oficina.....	230
Anexo I - 3.2.1. Uso.....	230
Anexo I - 3.2.2. Zonas de riesgo especial ZRE.....	230
Anexo I - 3.2.3. Sectorización.....	230
Anexo I - 3.2.4. Características de resistencia al fuego .....	230
Anexo I - 3.2.5. Evacuación de los ocupantes .....	230
Anexo I - 3.2.6. Protección activa contra incendios .....	232
Anexo I - 3.3. Edificio de báscula.....	232
Anexo I - 3.3.1. Uso.....	232
Anexo I - 3.3.2. Zonas de riesgo especial ZRE.....	232
Anexo I - 3.3.3. Sectorización.....	233
Anexo I - 3.3.4. Características de resistencia al fuego .....	233
Anexo I - 3.3.5. Evacuación de los ocupantes .....	233
Anexo I - 3.3.6. Protección activa contra incendios .....	234

Anexo I - 3.4. Nave de almacenamiento .....	235
Anexo I - 3.4.1. Tipo de edificio .....	235
Anexo I - 3.4.2. Sectorización.....	235
Anexo I - 3.4.3. Cálculo de la desidad de carga de fuego del sector .....	235
Anexo I - 3.4.4. Nivel de riesgo intrínseco del edificio.....	237
Anexo I - 3.4.5. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes... .....	237
Anexo I - 3.4.6. Evacuación de los ocupantes .....	237
Anexo I - 3.4.7. Señalización.....	238
Anexo I - 3.4.8. Protección activa contra incendios .....	239
Anexo I - 3.5. Nave de generación .....	240
Anexo I - 3.5.1. Tipo de edificio .....	240
Anexo I - 3.5.2. Sectorización.....	240
Anexo I - 3.5.3. Cálculo de la densidad de carga de fuego del sector.....	240
Anexo I - 3.5.4. Nivel de riesgo intrínseco del edificio.....	242
Anexo I - 3.5.5. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes... .....	242
Anexo I - 3.5.6. Evacuación de los ocupantes .....	242
Anexo I - 3.5.7. Señalización.....	244
Anexo I - 3.5.8. Protección activa contra incendios .....	244
Anexo I - 3.6. Edificio de transformación .....	245
Anexo I - 3.6.1. Tipo de edificio .....	245
Anexo I - 3.6.2. Sectorización.....	245
Anexo I - 3.6.3. Cálculo de densidad de carga de fuego del sector .....	245
Anexo I - 3.6.4. Nivel de riesgo intrínseco del edificio.....	247
Anexo I - 3.6.5. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes... .....	247

Anexo I - 3.6.6. Evacuación de los ocupantes .....	247
Anexo I - 3.6.7. Señalización.....	248
Anexo I - 3.6.8. Protección activa contra incendios .....	249
Anexo I - 4. Central de detección y alarma de incendio .....	250
Anexo I - 5. Red de abastecimiento de agua.....	251
Anexo I - 5.1. Características mínimas requeridas.....	251
Anexo I - 5.2. Acometida de suministro de agua.....	252
Anexo I - 5.3. Dimensionado de la red de abastecimiento de agua .....	252

**6. CAPÍTULO VI. PLANOS ..... 258**

- 1- Planos de situación.
- 2- Planta general de la central de biomasa.
- 3- Planta del edificio de oficina.
- 4- Planta del edificio de control y del edificio de báscula.
- 5- Planta de la nave de almacenamiento.
- 6- Planta de la nave de generación.
- 7- Planta de la subestación transformadora y el edificio de transformación.
- 8- Instalación eléctrica de S.S.A.A. Distribución de líneas y cuadros eléctricos.
- 9- Instalación eléctrica de S.S.A.A. Edificios de oficina, control y báscula.
- 10- Instalación eléctrica de S.S.A.A. Nave de almacenamiento.
- 11- Instalación eléctrica de S.S.A.A. Nave de generación.
- 12- Instalación eléctrica de S.S.A.A. Edificio de transformación.
- 13- Línea eléctrica aérea de conexión a red. Datos de partida.
- 14- Línea eléctrica aérea de conexión a red. Tendido de la línea.
- 15- Instalación de puesta a tierra de los apoyos de la línea aérea de conexión a red.
- 16- Disposición de aparamenta en la subestación transformadora intemperie.

- 17- Red general de tierra de la subestación. Puesta a tierra de transformadores.
- 18- Esquemas de la subestación transformadora. Parte en media tensión I.
- 19- Esquemas de la subestación transformadora. Parte en media tensión II.
- 20- Esquema eléctrico interno de las celdas de media tensión.
- 21- Diagrama de bloques de la instalación de servicios auxiliares en baja tensión.
- 22- Esquemas unifilares BT. Cuadro general de servicios auxiliares.
- 23- Esquemas unifilares BT. Cuadro de control y cuadro de oficina.
- 24- Esquemas unifilares BT. Cuadro de báscula y cuadro de almacén.
- 25- Esquemas unifilares BT. Cuadro de generación 1.
- 26- Esquemas unifilares BT. Cuadro de generación 2 y cuadro de exterior 1.
- 27- Esquemas unifilares BT. Cuadro de exterior 2 y cuadro de transformación.
- 28- Instalación contra incendios. Protección pasiva de edificios no industriales.
- 29- Instalación contra incendios. Protección activa de edificios no industriales.
- 30- Instalación contra incendios. Protección pasiva nave de almacenamiento.
- 31- Instalación contra incendios. Protección activa nave de almacenamiento.
- 32- Instalación contra incendios. Protección pasiva nave de generación.
- 33- Instalación contra incendios. Protección activa nave de generación.
- 34- Instalación contra incendios. Protección pasiva y activa del edificio de transformación.



# CAPÍTULO I.

# MEMORIA DESCRIPTIVA

## **1.1. Introducción**

### **1.1.1. Objeto del proyecto**

El objeto del presente proyecto es el cálculo y diseño de la instalación eléctrica de una planta de combustión de biomasa para generación de energía eléctrica de futura construcción, desde la generación de energía eléctrica hasta el punto de conexión a la red de distribución de energía eléctrica, así como la instalación eléctrica de los servicios auxiliares de la planta.

También se realiza el cálculo y diseño de la instalación de protección contra incendios como anexo en el proyecto.

### **1.1.2. Estructura y alcance del proyecto**

Para cumplir con el objetivo, en el presente proyecto se analizan las partes de la instalación eléctrica a diseñar para conseguir el funcionamiento de una planta de biomasa para generación de energía eléctrica.

En primer lugar se realiza una breve introducción acerca de las características principales de la planta, en cuanto a tipo de biomasa utilizada, descripción y explicación del funcionamiento general de la planta de biomasa. Se realiza la descripción específica de la planta, para tener una visión global de la extensión de la misma y poder ayudar a la comprensión de los conceptos. Se describen además los equipos que deben utilizarse en la planta para llevar a cabo el objetivo de la misma, generar energía eléctrica, describiéndose igualmente los servicios auxiliares de la planta, necesarios para llevar a cabo su cometido.

A continuación, se describen las instalaciones eléctricas a diseñar, realizándose los cálculos y esquemas gráficos necesarios para la comprensión del diseño:

- Instalación de servicios auxiliares de la planta.
- Línea eléctrica de conexión de la planta con la red de energía eléctrica.
- Subestación transformadora para adecuar la energía generada por la planta a las condiciones idóneas para ser vertida a la red.

Por último, se realiza el diseño de la instalación de protección contra incendios de la planta, instalación importante debido al riesgo existente de combustión debido a la presencia de combustible forestal almacenado en la planta y debido a la presencia de equipos que trabajan a alta temperatura. El diseño de la instalación contra incendios tiene el principal objetivo de obtener información acerca de los servicios auxiliares existentes debidos a esta instalación.

### **1.1.3. Antecedentes y justificación de la realización del proyecto**

El cambio climático es un gran problema que se extiende mundialmente, problema que agrava el calentamiento global del planeta y la contaminación atmosférica. Los principales gases responsable del cambio climático son el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> y SF<sub>6</sub>, capaces de absorber radiaciones infrarrojas (IR) y emitir radiaciones de menor longitud de onda provocando el calentamiento de la tierra. Uno de los principales causantes del cambio climático es la combustión de combustibles fósiles para generación de energía eléctrica tales como carbón, petróleo o gas natural, fuentes de energía primaria que producen dióxido de carbono durante su combustión. Aproximadamente el 70% de la energía eléctrica producida en España es debida a centrales térmicas de producción de energía eléctrica que utilizan combustibles fósiles por su alto poder calorífico y su alto rendimiento económico, mientras que un 30% de la energía eléctrica producida es debida a energías renovables.

Por lo tanto, es importante concienciar a la sociedad del problema climático existente en nuestro planeta y demostrar la importancia de conseguir un modelo energético sostenible apostando por las energías renovables y evitando las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Aunque con el paso de los años, el porcentaje de energía eléctrica producida por centrales de energías renovables va aumentando, deben invertirse más recursos en la investigación de la energía renovable para conseguir aumentar el rendimiento de las centrales que utilizan este tipo de energía. Las energías renovables más extendidas son la energía solar, eólica e hidráulica, aunque existen otro tipo de energías renovables menos extendidas debido a su bajo rendimiento y bajos recursos de estudio e investigación de las mismas, como son la energía de la biomasa, mareomotriz o undimotriz entre otras. La principal ventaja de las energías renovables es que son fuentes de energía limpias e inagotables.

Se estima que en el año 2020 se estima que la energía eléctrica producida por energías primarias renovables aumente a un 38%, pero sigue sin ser suficiente para reducir las emisiones de dióxido de carbono que se realizan cada día.

#### **1.1.4. Normativa y referencias**

##### **1.1.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas**

- ✓ Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
  
- ✓ Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.<sup>[1]</sup>
  
- ✓ Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
  
- ✓ CTE-HS 4 – Suministro de agua. Documento básico de salubridad del Código Técnico de la Edificación.
  
- ✓ CTE-DB SI – Seguridad en caso de incendio. Documento básico de seguridad contra incendios del Código Técnico de la Edificación.
  
- ✓ Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
  
- ✓ Real Decreto 337/2014, del 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.

---

<sup>1</sup> Vigente en el momento de realización del proyecto.

El 12 de diciembre de 2017 el Real Decreto 2267/2004 es derogado por el Real Decreto 513/2017, del 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.

- ✓ Real Decreto 223/2008, del 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- ✓ Real Decreto 413/2014, del 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- ✓ Norma UNE 23032:2015. Seguridad contra incendios. Símbolos gráficos para su utilización en los planos de proyecto, planes de autoprotección y planos de evacuación.
- ✓ Normativa propia de Unión Fenosa Distribución:
  - Especificaciones particulares para instalaciones de conexión. Consumidores conectados a redes de alta tensión de  $U_n \leq 20$  kV.
  - Especificaciones particulares para instalaciones de conexión. Generadores conectados a redes de alta tensión de  $U_n \leq 20$  kV.

#### 1.1.4.2. Bibliografía

- ✓ GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Centrales termoeléctricas de biomasa*. Madrid: Renovetec editorial, 2012.
- ✓ MICHAEL J. MORAN, HOWARD N. SHAPIRO. *Fundamentos de termodinámica técnica*. 2ª edición. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 2004.
- ✓ FRANK P. INCROPERA, DAVID P. DEWITT. *Fundamentos de transferencia de calor*. 4ª edición. Editorial PHH, 2015.

- ✓ Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. *Tercer Inventario Forestal Nacional 1997-2007 (IFN3)*
- ✓ Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PER)*.
- ✓ Proyectos tipo facilitados por Unión Fenosa Distribución:
  - Proyecto tipo de líneas eléctricas aéreas hasta 20 kV.
- ✓ Versión de Philips de la norma UNE-12464-1. Iluminación en lugares de trabajo en interiores.
- ✓ Documentación técnica de prevención contra incendios de ASEPEYO.
- ✓ Anexo I de la Guía Técnica de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Significado y explicación de los códigos IP, IK.

#### **1.1.4.3. Programas de cálculo**

- ✓ AUTODESK. AutoCAD 2015 [software].
- ✓ Programa de diseño de iluminación DIALux 4.12 [software]
- ✓ CYPE Ingenieros – Generador de precios [software]

## **1.2. Descripción general de la planta**

### **1.2.1. Descripción general del establecimiento**

El establecimiento destinado para la ubicación de la planta de biomasa tendrá una superficie de 12500 m<sup>2</sup>, delimitado por un cerramiento exterior con una entrada de acceso a vehículos y personas y con aparcamientos para los mismos.

El establecimiento de la planta de biomasa está compuesto por 6 edificios que tienen las siguientes superficies construidas:

<b>Nombre del edificio</b>	<b>Funciones</b>	<b>Superficie construida [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Superficie útil [m<sup>2</sup>]</b>
Edificio de control	Control de acceso y vigilancia	25	22,5
Edificio de báscula	Control y registro de pesaje	48	43,2
Edificio de oficina	Reuniones, recepción e información	200	180
Nave de almacenamiento	Almacenamiento del combustible	875	787,5
Nave de generación	Proceso de generación de energía eléctrica	750	675
Edificio de transformación	Componente de la subestación eléctrica transformadora	35	31,5

**Tabla 1.1** - Superficies de los edificios de la planta de biomasa.

El establecimiento cuenta con aparcamientos para turismos y camiones.

El acceso a las naves de almacenamiento y generación está restringido para personas ajenas a la planta, mediante un sistema vallado de cerramiento automático.

En la nave de almacenamiento se almacena el combustible para ser llevado posteriormente a la caldera cuando sea necesario. Lo habitual es la presencia de operarios en dicha nave para la recepción y descarga del combustible llegado en camiones y para la inserción manual de este combustible en los distintos depósitos de almacenamiento.

En la nave de generación, se encuentra la zona de maquinaria necesaria para el proceso de combustión y generación de energía eléctrica (caldera, economizador, tanque de alimentación de agua con desgasificador, turbina, condensador, precalentador, bombas hidráulicas impulsoras de fluido, alternador, etc.). También se encuentra una pequeña zona común destinada a los empleados que consta de aseos y una pequeña cocina y sala de descanso, y una sala de control del proceso en la que se encuentra el panel de control con indicadores de las señales controladas en el proceso. En la nave de generación se encuentran también los compresores utilizados para el sistema de aire comprimido.

La torre de refrigeración, el depósito general de almacenamiento de agua de la planta, los sistemas auxiliares de la central como la Planta de Tratamiento de Aguas *PTA*, sistema de aire comprimido, sistema de refrigeración de equipos y la subestación transformadora se encuentran en la zona exterior de la planta junto a la nave de generación, a la intemperie.

### **1.2.2. Clasificación de la planta**

La planta a diseñar es una central de generación eléctrica, es decir, su objetivo principal es la generación de energía eléctrica gracias a la utilización de una energía primaria.

La central en cuestión, se clasifica como una central térmica, puesto que utiliza como energía primaria el calor desprendido en la combustión de un combustible para transformar dicha energía en energía eléctrica.

Dentro de la clasificación de centrales térmicas, hay otra clasificación en función del combustible utilizado en su proceso, en la que la central de diseño se clasifica como una central térmica de biomasa, utilizando biomasa como combustible para generar calor y a posteriori generar energía eléctrica.

### **1.2.3. Tipo de biomasa utilizada**

Hay distintos tipos de biomasa que puede ser utilizada como combustible para las centrales térmicas de biomasa.

Para esta central de biomasa se ha escogido la utilización de biomasa forestal como combustible, proveniente de residuos forestales recogidos en actividades de podas, talas o limpieza de bosques.

### **1.2.4. Emplazamiento de la central**

La planta de biomasa para generación eléctrica se ubicará en la comunidad autónoma de Castilla y León, provincia de Segovia, municipio de Palazuelos de Eresma y núcleo poblacional de Quitapesares.

La elección de este emplazamiento está justificada atendiendo a dos criterios:

- Superficie forestal existente en la zona
- Suministro de agua existente, necesaria para la planta



### 1.2.4.1. Superficie forestal y características de la biomasa

Castilla y León es la comunidad autónoma con mayor superficie forestal existente en España.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SUPERFICIE FORESTAL (ha)
Andalucía	4.467.075
Aragón	2.615.344
Canarias	566.418
Cantabria	362.105
Castilla La Mancha	3.597.575
Castilla y León	4.815.156
Cataluña	1.937.809
Comunidad de Madrid	421.327
Comunidad Foral de Navarra	585.903
Comunidad Valenciana	1.267.042
Extremadura	2.723.860
Galicia	2.037.296
Islas Baleares	217.493
La Rioja	301.194
País Vasco	496.007
Principado de Asturias	765.903
Región de Murcia	487.167
<b>Total</b>	<b>27.664.674</b>

**Tabla 1.2** - Datos de superficie forestal existente por comunidades autónomas.

**Fuente:** Tercer Inventario Forestal Nacional IFN3

Puesto que se requiere de una cantidad importante de residuos forestales para el funcionamiento de la planta de biomasa, es importante el hecho de que la planta se ubique en un lugar con mayor superficie forestal, por aspectos económicos y técnicos.

En concreto, en la comunidad autónoma de Castilla y León, la provincia de Segovia es la segunda provincia de la comunidad autónoma con mayor superficie forestal existente, siendo la primera la provincia de Soria.

Segovia es la provincia más pequeña de Castilla y León con una superficie total de 692.275 ha, pero consta con una superficie forestal aprovechable de 243.458 ha, siendo el 35,17% de la superficie total provincial. El 55,3% de la superficie forestal está ocupada por masas de

coníferas, el 28,8% está ocupada por masas de frondosas y el resto de la superficie está ocupada por masas mixtas de coníferas y frondosas.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Coníferas	134.615	55,3
Frondosas	70.175	28,8
Mezcla de coníferas y frondosas	38.668	15,9
<b>Total:</b>	<b>243.458</b>	<b>100</b>

**Tabla 1.3** - Superficie forestal de Segovia en función del tipo de vegetación existente.

**Fuente:** Tercer Inventario Forestal Nacional IFN3

### Parámetros característicos de la biomasa

➤ **Poder calorífico inferior o PCI**

El poder calorífico es la energía térmica que desprende el combustible utilizado, en este caso, la biomasa forestal, en una situación de combustión completa. El poder calorífico inferior tiene en cuenta que el combustible, en este caso la biomasa, puede contener humedad y tiene en cuenta que parte de la energía térmica desprendida en la combustión es utilizada para evaporar dicha agua y humedad que pueda estar contenida en la biomasa.

El poder calorífico inferior viene determinado para un contenido de humedad habitual en la biomasa forestal, de un 20%.

PCI (kcal/kg) – Contenido en humedad del 20%						
Tipo de vegetación:	Leñas y ramas	Serrines y virutas	Cortezas	Valor medio:	%	Valor medio total:
Coníferas	3590	3790	3650	3676,66	55,3	2033,19
Frondosas	3331	3680	3370	3460,33	28,8	996,58
Mezcla	3460,5	3735	3510	3568,5	15,9	567,39
<b>PCI (kcal/kg):</b>						<b>3597,16</b>
<b>PCI (kJ/kg):</b>						<b>15050,52</b>

**Tabla 1.4** - Poder calorífico inferior con contenido en humedad de 20%.

**Fuente:** IDAE / Manuales de energías renovables. Energía de la biomasa.

### ➤ Densidad

La densidad es un parámetro característico de la biomasa que se define como el peso por unidad de volumen del combustible o material en unas condiciones determinadas.

Tipo de vegetación:	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) Contenido en humedad del 13%
Coníferas	592,5
Fronosas	669,69
<b>Valor medio:</b>	631

**Tabla 1.5** - Densidad de la biomasa forestal.

**Fuente:** IDAE / Manuales de energías renovables. Energía de la biomasa.

### ➤ Caudal másico

El caudal másico es la cantidad de biomasa necesaria por unidad de tiempo para la generación de una cierta potencia eléctrica para la que está dimensionada la planta.

$$q_m = \frac{P}{PCI}$$

Donde:

$q_m$	es el caudal másico de biomasa necesario	[kg/h]
P	es la potencia de generación de la planta	[kJ/h]
PCI	es el poder calorífico inferior de la biomasa	[kJ/kg]

Conversiones:

$$1kW = 3600 \text{ kJ/h}$$

#### 1.2.4.2. Suministro de agua

Una planta de biomasa, así como cualquier tipo de central térmica requiere de un importante aporte de agua para aporte a la caldera para el proceso de evaporación de dicha agua, así como para la necesaria refrigeración requerida por los equipos.

Por lo tanto, la elección de la ubicación de la planta debe realizarse atendiendo a esta necesidad de aporte de agua.

La ubicación escogida para la planta de biomasa en Quitapesares, cubre las necesidades en cuanto a aporte de agua y aporte de biomasa a la planta. La ubicación escogida para la planta hace posible el aporte de agua en un radio de menos de 500 metros. En cuanto a la necesidad

de aporte de biomasa, la planta se ubicará de tal manera que las masas forestales más cercanas se encuentren en un radio de 1 km.

### **1.2.5. Potencia de generación**

La potencia de generación para la que está dimensionada la planta de biomasa es de 1 MW. La planta de biomasa debe suministrar esta potencia eléctrica generada a unos determinados valores de tensión y frecuencia, conectada como un generador en paralelo con la red eléctrica de distribución.

### **1.2.6. Compañía distribuidora de energía eléctrica**

La compañía distribuidora de la zona es Unión Fenosa Distribución, por lo que la energía eléctrica generada por la planta será vertida a la red propiedad de dicha compañía distribuidora.

### **1.2.7. Toma de agua de la planta**

La planta de biomasa requiere de un importante aporte de agua para refrigeración y aporte a la caldera. Este aporte de agua hacia la central se realizará desde el embalse de El Pontón Alto, abastecido por el Río Eresma.

Mediante un equipo de bombeo se bombea agua desde el embalse hasta el depósito general de almacenamiento de agua de la planta, desde el cual, se suministra agua hacia un ciclo semicerrado de agua-vapor para el funcionamiento de la planta y hacia el circuito de refrigeración de los equipos.

El agua utilizada desde el depósito general de almacenamiento de agua debe ser tratada para eliminar el contenido en sales presentes en el agua en la Planta de Tratamiento de Agua PTA.

## **1.3. Descripción del proceso de generación eléctrica**

### **1.3.1. Ciclo de tratamiento del combustible**

La biomasa utilizada en la planta es recogida en campo y tratada *in situ* de forma que la llegada de la misma a la planta es en forma de astilla. Esta biomasa es transportada hasta la planta en camiones para su posterior registro y pesaje en una báscula industrial de plataforma situada en la planta. El camión que contiene el combustible es pesado en la báscula a la entrada y a la salida tras la descarga del combustible, para efectuar su correcto registro.

El combustible es descargado y depositado en la nave de almacenamiento, donde se procede al pretratamiento de secado del combustible. Para realizar dicho pretratamiento, esta nave

consta con ventilación natural a través de unas rejillas situadas en la nave para eliminar el riesgo de auto combustión de la biomasa por aplastamiento durante su almacenamiento.

El combustible es almacenado de forma temporal en la nave de almacenamiento para ser introducidos en dos depósitos pulmón de  $20 \text{ m}^3$  de forma manual por los operarios de la planta, y ser transportados a un depósito común y único denominado “depósito de almacenamiento de biomasa” de  $40 \text{ m}^3$ . Desde este depósito, la biomasa es transportada hacia el edificio de generación hasta un depósito denominado “silo de caldera” de  $40 \text{ m}^3$ . El silo de caldera es un depósito compuesto por una tolva en su interior que tiene como objetivo abastecer la biomasa necesaria a la caldera para generar energía eléctrica durante 24 horas.

Cuando un caudal de combustible determinado es demandado por la caldera, éste combustible es transportado desde el silo de caldera hasta la parrilla vibratoria de la caldera de combustión de biomasa.

Una vez que el combustible entra en la caldera, éste es quemado gracias a la presencia de aire comburente para terminar su ciclo de vida.

El sistema de transporte utilizado para el traslado de la biomasa desde los depósitos pulmón al silo de caldera y desde el silo de caldera hasta el interior de la caldera, es un sistema de transporte por tornillo sinfín.

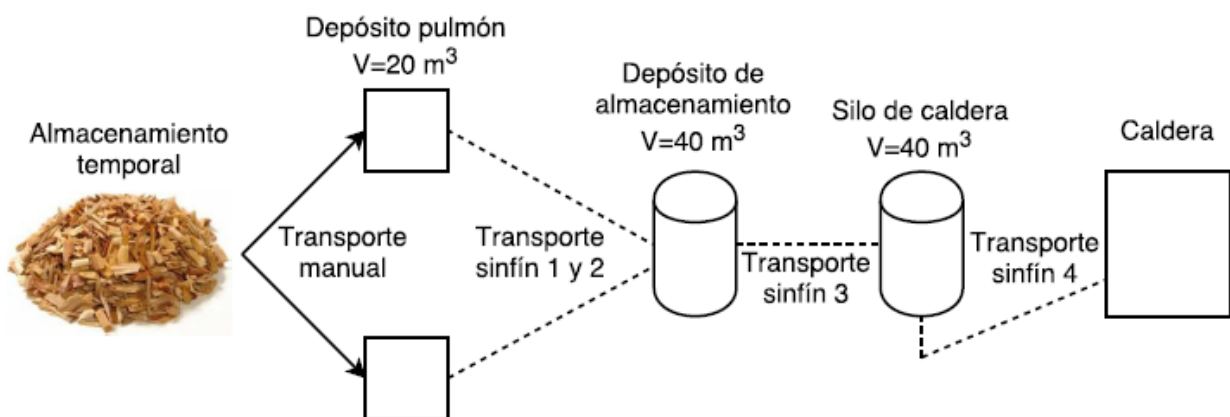
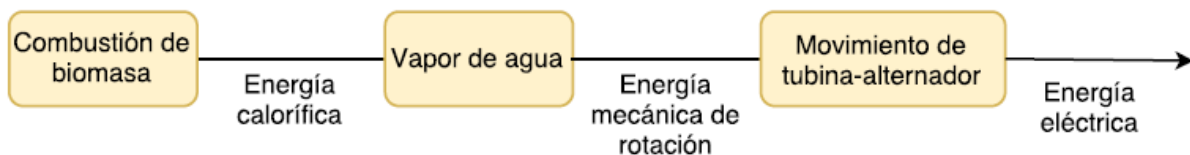


Figura 1.1 - Esquema del ciclo realizado por el combustible.

### 1.3.2. Descripción del proceso

El proceso efectuado por la planta de biomasa es un proceso de transformación de energía que tiene como objetivo convertir la energía calorífica obtenida de la combustión de la biomasa en energía eléctrica para verter a la red de distribución. Para conseguir dicho objetivo se deben realizar distintos pasos y transformaciones de energía intermedias.

- En primer lugar, se extrae la energía calorífica desprendida de la combustión de la biomasa.
- A continuación, esta energía calorífica se utiliza para elevar la temperatura del agua presente en la caldera para obtener vapor de agua.
- Este vapor de agua avanza hacia la turbina de vapor para expandirse allí y mover sus álabes, transformando la energía calorífica en energía mecánica de rotación.
- El movimiento de rotación de los álabes de la turbina, unida en su eje con un generador eléctrico formando un grupo turbina-alternador, hace que el generador eléctrico también realice un movimiento de rotación, produciendo energía eléctrica.



**Figura 1.2** - Esquema de transformación de energía en el proceso de generación eléctrica.

### 1.3.3. Ciclo de Rankine

#### ➤ Descripción del recorrido del agua-vapor:

El recorrido realizado por el agua-vapor es un circuito semicerrado con torre de refrigeración, es decir, el recorrido realizado es cerrado, reutilizándose el agua refrigerándose en la torre de refrigeración, pero con el requerimiento de aporte exterior de agua para compensar con las pérdidas producidas durante dicho recorrido. El aporte exterior de agua se realiza desde el depósito general de almacenamiento de agua.

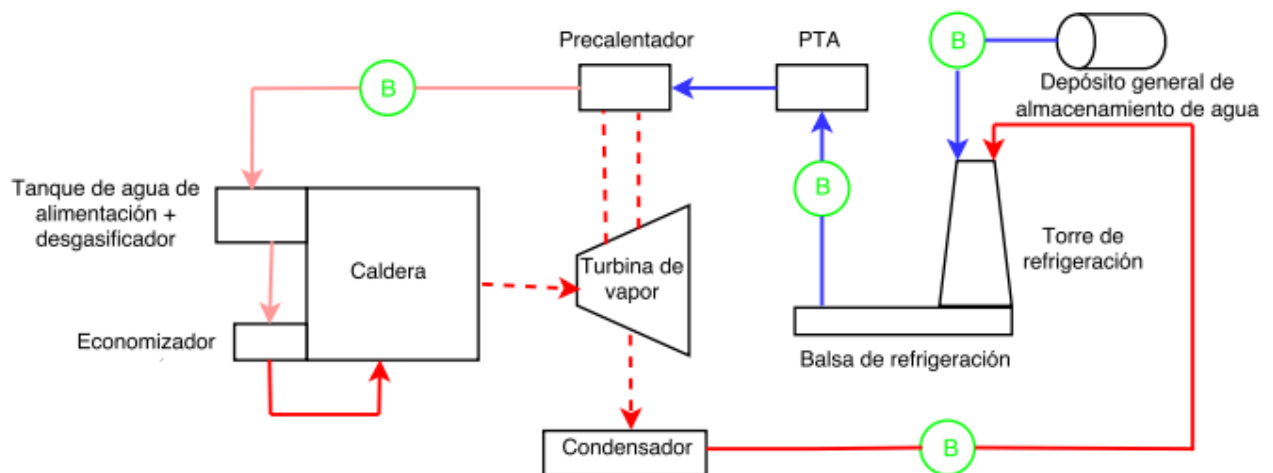
El agua comienza su recorrido en el interior de la caldera de combustión, la cual eleva su temperatura gracias a los gases y humos de combustión de la biomasa generados en la caldera transfiriendo calor al agua y transformándola en vapor de agua. El vapor de agua generado es circulado hacia la turbina de vapor, para ser expandido en ella y generar un movimiento de rotación de los álabes de la turbina. El vapor ya utilizado y expandido en la turbina es condensado en un condensador de superficie situado en la parte inferior de la turbina convirtiéndose en agua en estado líquido. El agua procedente de la condensación del vapor tiene una temperatura elevada por lo que debe ser refrigerada, de forma que es circulada hacia la torre de refrigeración para disminuir su temperatura hasta caer en la balsa

de refrigeración situada en la parte inferior de la torre de refrigeración. En la torre de refrigeración, además de disminuir la temperatura del agua, se aporta la cantidad de agua necesaria perdida durante el recorrido del ciclo. A partir de este punto, el agua es impulsada hacia la caldera para comenzar el recorrido de nuevo, pasando antes por una serie de tratamientos previos.

Estos tratamientos previos son:

- Planta de Tratamiento de Aguas para eliminar el contenido en sales del agua procedente de la torre de refrigeración.
- Precalentador para elevar la temperatura del agua gracias al calor desprendido por parte del vapor generado en la turbina.
- Almacenamiento del agua en el tanque de agua de alimentación a la caldera, dispuesto de un desgasificador para eliminar los gases disueltos en el agua perjudiciales para el proceso y los equipos.
- Economizador para aumentar la temperatura del agua de alimentación a la caldera.

Los gases calientes y humos generados en la caldera durante la combustión, una vez utilizados para aumentar la temperatura del agua, se someten a un proceso de limpieza y depuración en un filtro de mangas para reducir el nivel de emisiones de partículas y cumplir con las exigencias medio ambientales, y son expulsados a la atmósfera por una chimenea.



**Figura 1.3** - Recorrido del agua-vapor de la planta de biomasa.

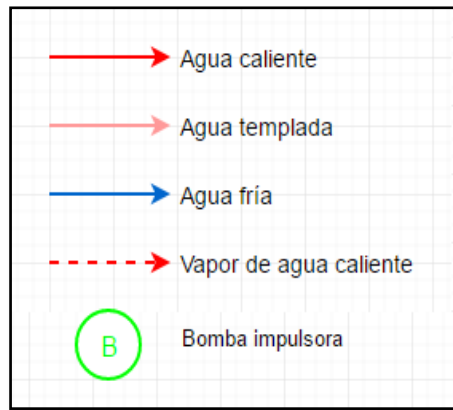


Figura 1.4 - Leyenda del recorrido del agua-vapor.

➤ **Descripción del ciclo de Rankine:**

El ciclo de Rankine es el ciclo termodinámico que experimenta el agua-vapor durante su recorrido.

El ciclo de Rankine es un conjunto de procesos termodinámicos entre cuatro puntos estratégicos.

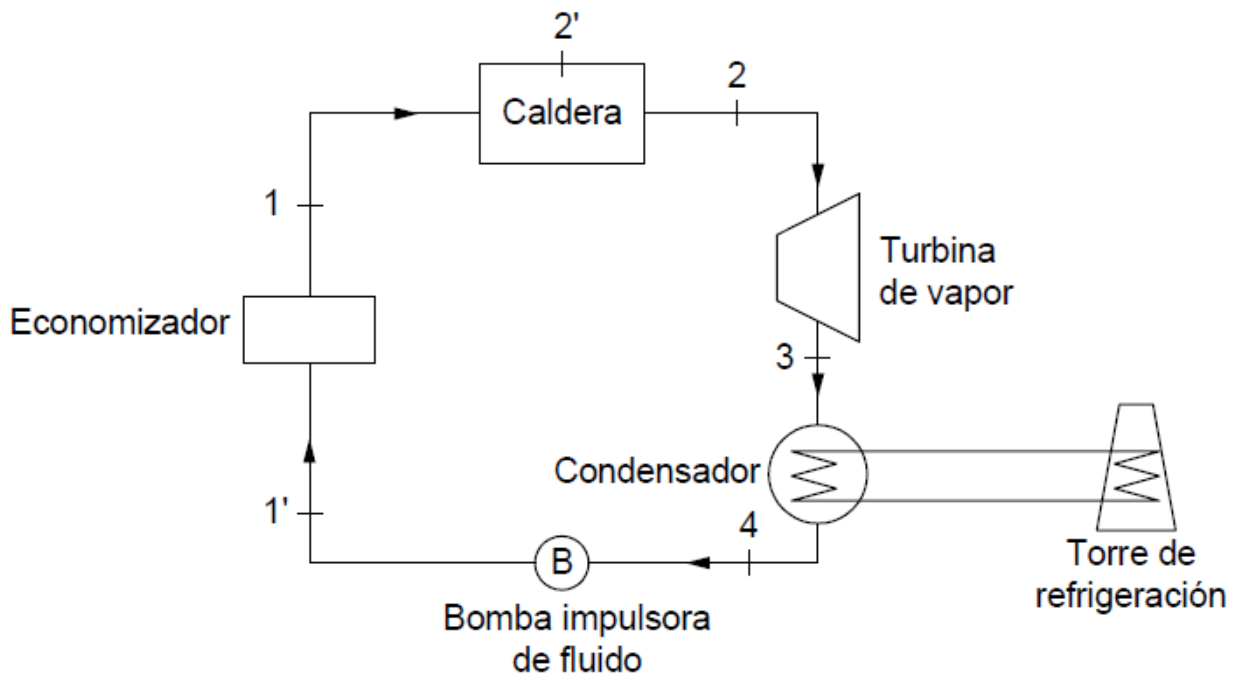


Figura 1.5 - Esquema del ciclo de Rankine.



Los procesos termodinámicos que se realizan entre los distintos puntos del ciclo de Rankine son los siguientes:

- Proceso 1-2' → Proceso de evaporación del agua y generación de vapor en la caldera a presión y temperatura constantes.
- Proceso 2'-2 → Sobrecalentamiento del vapor hasta la temperatura máxima en la caldera.
- Proceso 2-3 → Proceso isoentrópico de expansión del vapor en la turbina, disminuyendo su temperatura. Entropía constante.
- Proceso 3-4 → Proceso de condensación y transformación del vapor en agua en estado líquido en el condensador a presión y temperatura constantes.
- Proceso 4-1' → Proceso isoentrópico de elevación de la presión del agua en la bomba hidráulica impulsora. Entropía constante.
- Proceso 1'-1 → Proceso de elevación de la temperatura del agua en el economizador para la entrada en la caldera.

El diagrama T-s del agua-vapor resultante del ciclo de Rankine es el siguiente:

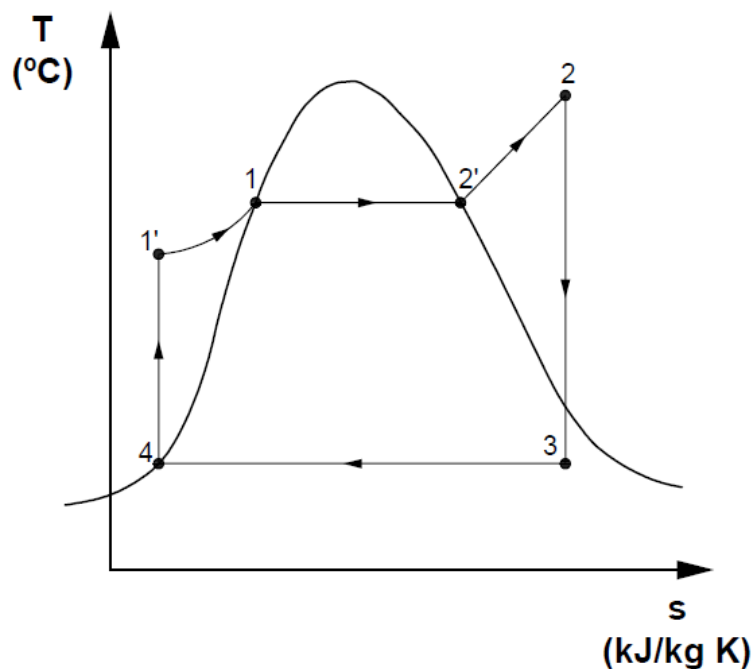


Figura 1.6 - Diagrama T-s del ciclo de Rankine.

## 1.4. Descripción del equipo empleado

### 1.4.1. Equipo de generación

#### 1.4.1.1. Caldera

La caldera utilizada es una caldera de combustión de biomasa para generación de vapor de agua con unas determinadas condiciones de presión y temperatura, compatible con todo el proceso. La caldera escogida es de la casa BINDER y tiene las siguientes características:

#### BINDER

RRK 6-7M	
<b>Potencia de consumo eléctrico</b>	5 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,80
<b>Tensión de alimentación</b>	400 V/3F
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Producción de calor</b>	
	8000 kg/h
<b>Presión máxima del vapor</b>	
	45 bar
<b>Temperatura máxima del vapor</b>	
	450°C
<b>Sistema de extracción de cenizas</b>	
	Automático
<b>Tipo de vapor</b>	
	Vapor sobrecalentado
<b>Rendimiento</b>	
	80-90 %

Tabla 1.6 - Características de la caldera.

Se trata de una caldera de tipo acuotubular en la que el agua que entra a la caldera circula por dentro de la misma en el interior de tubos.

#### 1.4.1.2. Turbina de vapor

La turbina de vapor escogida es del fabricante SIEMENS, es de presión constante y consta de una sola etapa de presión. Es interesante económicamente y está diseñada para operar con generadores de potencia entre 75 y 300 kW.

**SIMENENS**

SST-060

<b>Presión máxima del vapor de entrada</b>	131 bar
<b>Temperatura máxima del vapor de entrada</b>	530°C
<b>Presión del vapor de salida</b>	0,1 bar
<b>Velocidad de rotación</b>	Según la máquina accionada
<b>Número de etapas</b>	1
<b>Rango de potencia eléctrica de generación</b>	0,5 MW - 6 MW
<b>Peso</b>	550 kg
<b>Dimensiones:</b>	
- <b>Longitud</b>	2, metros
- <b>Anchura</b>	1,5 metros
- <b>Altura</b>	2 metros
<b>Otras características:</b>	
- Sistema de aceite integrado en el bastidor de base	
- Regulación del grupo de toberas disponible	
- Arranque rápido si precalentamiento	
- Adaptación específica al cliente	
- Ejecución ATEX disponible	
- Apropiaada para ORC (Organic Rankine Cycle)	

**Tabla 1.7** - Características de la turbina.**1.4.1.3. Condensador**

El condensador es un intercambiador de calor que tiene como objetivo realizar la conversión del estado del vapor saliente de la turbina de estado gaseoso a estado líquido.

El condensador es de tipo superficie y consiste en un cilindro de hierro colado con una tapa porta-tubos en cada extremo. Estas tapas se unen entre sí en el interior del condensador por tubos que forman la superficie de enfriamiento, por los que va a circular agua como fluido refrigerante proveniente del depósito general de almacenamiento de agua. El vapor a condensar proveniente de la turbina, entra al condensador por un orificio situado en la parte superior del condensador y el vapor condensado en estado líquido sale del condensador para seguir su recorrido.

El condensador trabaja en condiciones de vacío, a una presión inferior a la presión atmosférica. La presión de condensación a la que trabaja el condensador es de 0,1 bar.

#### 1.4.1.4. Generador síncrono

El generador o alternador es una máquina síncrona trifásica del fabricante WEG. Se ha escogido un generador de la “Línea G Plus” del fabricante, apto para operar con turbinas de vapor, como es el caso. El generador irá equipado con un regulador de tensión, el cual irá encapsulado y protegido en la caja de conexión principal del generador.

#### WEG

<b>Generador: GTA161NIVD</b>		
<b>G</b>	Línea del alternador	Línea G Plus
<b>T</b>	Tipo de excitación	Alternador brushless con bobina auxiliar
<b>A</b>	Tipo de refrigeración	Abierto autoventilado (estándar)
<b>16</b>	Carcasa - IEC	Carcasa 160
<b>1</b>	Largo de la carcasa	Carcasa corta
<b>N</b>	Característica eléctrica	Trifásico – 6 terminales – 6000 V/50 Hz
<b>I</b>	Aplicación	Industrial
<b>VD</b>	Código complementario	-
<b>Características eléctricas:</b>		
Potencia aparente		S = 1250 kVA
Potencia activa		P = 1000 kW
Factor de potencia		cos φ = 0,8
<b>Regulador de tensión: WRGA-01</b>		
<b>Apto para generadores:</b>		GTA16 y GTA20
<b>Características técnicas:</b>		
Alimentación		Monofásica
Corriente nominal de operación		7 A
Corriente de pico		10 A
Regulación estática		0,5%
Respuesta dinámica ajustable		8 hasta 500 ms
Protección de subfrecuencia (U/F)		Estándar
Ajuste interno de tensión		+/- 15%
Ajuste externo de tensión		+/- 10%
Supresión EMI		Estándar

**Tabla 1.8** - Características del generador eléctrico y regulador de tensión.

#### 1.4.1.5. Torre de refrigeración

La torre de refrigeración es de tiro inducido para un circuito de refrigeración semi-cerrado. La torre de refrigeración escogida para la realización de este proyecto es del fabricante EWK y tiene las siguientes características:

#### EWK

EWK 900	
<b>Potencia nominal (ventilador)</b>	11 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Tensión de alimentación</b>	400 V/3F
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Potencia de disipación</b>	1690 kW

Tabla 1.9 - Características de la torre de refrigeración.

#### 1.4.1.6. Bombas hidráulicas

Para impulsar el fluido durante el recorrido del ciclo agua-vapor se utilizan bombas hidráulicas impulsoras de fluido del fabricante LOWARA con las siguientes características:

#### LOWARA

NSCE 32-125/22/P25RCS4	
<b>Potencia nominal</b>	2,2 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Funcionamiento del motor</b>	Motor asíncrono estándar
<b>Número de polos</b>	2
<b>Tipo de alimentación</b>	50 Hz // 3x230 V ( $\Delta$ ) / 400V (Y)
<b>Material de la carcasa</b>	Hierro fundido
<b>Material del impulsor</b>	Acero inoxidable
<b>Caudal medio</b>	19 m <sup>3</sup> /h

Tabla 1.10 - Características de las bombas del ciclo agua-vapor.

Para el recorrido del ciclo de agua-vapor se utilizan cuatro bombas, con una potencia total de 8,8 kW.

### 1.4.2. Equipo del sistema de transporte de biomasa

Para transportar el combustible o biomasa entre depósitos y hasta la caldera para su utilización, se utiliza un sistema de transporte por tornillo sinfín. Cada uno de estos sistemas es accionado por un motor asíncrono trifásico. Dichos motores son escogidos del fabricante LEROY-SOMER y tienen las siguientes características:

Modelo	Potencia nominal (kW)	Factor de potencia $\cos \phi$	$I_{arranque} / I_{nominal}$	Número de polos	Velocidad (rpm)
LS 80 L	1,1	0,84	5,8	2	3000
LS 90 L	2,2	0,88	7,7	2	3000
LS 112 M	4	0,85	7,8	2	3000

**Tabla 1.11** - Características de los sistemas de transporte sinfín.

Estos motores trabajan a una frecuencia de 50 Hz, con tensión de alimentación trifásica de 400 V y con posibilidad de conexión en triángulo o estrella.

Se utilizan cuatro motores asíncronos para accionar cuatro transportadores sinfín, los cuales son:

- Tornillo sinfín 1 → transporte desde un depósito pulmón hasta el depósito de almacenamiento de la biomasa. Se utiliza el motor LS 80 L.
- Tornillo sinfín 2 → transporte desde otro depósito pulmón hasta el depósito de almacenamiento de la biomasa. Se utiliza el motor LS 80 L.
- Tornillo sinfín 3 → transporte desde el depósito de almacenamiento de biomasa hasta el silo de caldera. Se utiliza el motor LS 112 M.
- Tornillo sinfín 4 → transporte desde el silo de caldera hasta el interior de la caldera depositando el combustible sobre las parrillas vibratorias de la misma. Se utiliza el motor LS 90 L.

### 1.4.3. Equipo de bombeo

El equipo utilizado para el suministro externo de agua para alimentación a la caldera y refrigeración, es un grupo de presión. El grupo de presión está formado por un equipo de presión junto con una bomba hidráulica, y tendrá el objetivo de transportar agua desde la fuente externa de toma de agua hasta el depósito general de almacenamiento de agua.

El equipo escogido tiene las siguientes características:

### LOWARA

Grupo de presión – GENYO BGM11/F22	
<b>Potencia nominal</b>	1,1 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Tensión de alimentación</b>	400 V/3F
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Arranque del motor</b>	Directo
Bomba impulsora de fluido – NSCE 32-125/30/P25RCS4	
<b>Potencia nominal</b>	3 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Funcionamiento del motor</b>	Motor asíncrono estándar
<b>Número de polos</b>	2
<b>Tipo de alimentación</b>	50 Hz // 3x230 V ( $\Delta$ ) / 400V (Y)
<b>Material de la carcasa</b>	Hierro fundido
<b>Material del impulsor</b>	Acero inoxidable
<b>Caudal medio</b>	25 m <sup>3</sup> /h
<b>Potencia total (grupo + bomba):</b>	4,1 kW

Tabla 1.12 - Características del equipo de bombeo.

#### 1.4.4. Equipo del sistema auxiliar de aire comprimido

El sistema auxiliar de aire comprimido está formado por dos equipos de aire comprimido, formado cada uno por el compresor, la caldera y el secador, con la función de proporcionar aire comprimido a válvulas y actuadores neumáticos que requieren del mismo para su funcionamiento.

Estos compresores son de tornillo, y el sistema de aire comprimido completo es del fabricante AIRUM LOGISTIC y tiene las siguientes características:

### AIRUM LOGISTIC

Compresor de tornillo + caldera + secador – MERCURY Merch 4.0-10-200 ES	
<b>Potencia nominal</b>	4 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Tensión de alimentación</b>	400 V/3F
<b>Frecuencia</b>	50 Hz
<b>Presión máxima</b>	10 bar

**Tabla 1.13** - Características del sistema de aire comprimido.

Como se requieren dos equipos de aire comprimido, la potencia total del sistema auxiliar de aire comprimido es de 8 kW.

#### 1.4.5. Equipo del sistema auxiliar de refrigeración de equipos

Para conseguir que fluya el fluido necesario a transportar por la planta para lograr la refrigeración del resto de equipos, se utilizan bombas hidráulicas impulsoras de fluido, del fabricante LOWARA y con las siguientes características:

### LOWARA

NSCE 32-125/22/P25RCS4	
<b>Potencia nominal</b>	2,2 kW
<b>Factor de potencia (cos <math>\phi</math>)</b>	0,85
<b>Funcionamiento del motor</b>	Motor asíncrono estándar
<b>Número de polos</b>	2
<b>Tipo de alimentación</b>	50 Hz // 3x230 V ( $\Delta$ ) / 400V (Y)
<b>Material de la carcasa</b>	Hierro fundido
<b>Material del impulsor</b>	Acero inoxidable
<b>Caudal medio</b>	19 m <sup>3</sup> /h

**Tabla 1.14** - Características de las bombas del sistema auxiliar de refrigeración de equipos.

Para el sistema auxiliar de refrigeración de equipos, la planta utilizará dos bombas hidráulicas con una potencia total de 4,4 kW.



### 1.5. Instalación eléctrica de servicios auxiliares

Los servicios auxiliares son aquellos receptores internos de la planta que requieren de alimentación en baja tensión para el correcto funcionamiento de la planta y del proceso.

Estos receptores son alimentados desde la red eléctrica de distribución de Unión Fenosa Distribución, a través de un transformador de servicios auxiliares, denominado “transformador S.S.A.A”, siendo la salida en BT de éste el origen de la instalación en baja tensión de servicios auxiliares a efectos de cálculo.

La instalación eléctrica de servicios auxiliares tiene una estructura en forma de árbol invertido desde el origen de la instalación hasta los receptores pasando por cuadros de distribución de energía eléctrica.

#### 1.5.1. Partes de la instalación receptora

La instalación receptora tiene como objetivo alimentar a un único usuario, la instalación de servicios auxiliares, por lo que tiene las siguientes partes:

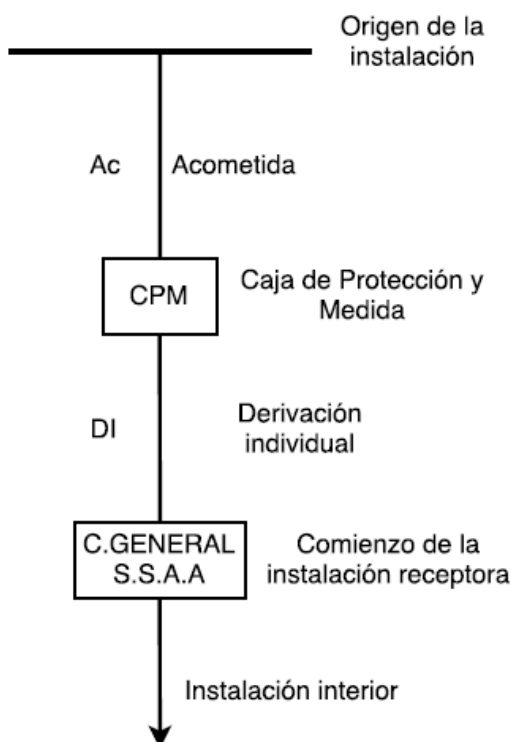


Figura 1.7 - Partes de la instalación receptora de servicios auxiliares.

##### 1.5.1.1. Acometida

La acometida es la unión entre el origen de la instalación, el lado de baja tensión del transformador de servicios auxiliares S.S.A.A con una potencia nominal de 160 kVA y la Caja de Protección y Medida.

La acometida es subterránea, con conductor de aluminio tripolar en instalación subterránea enterrada en el terreno en el interior de un tubo. El conductor utilizado es:

$$\text{Al XZ1 (S) - 3x150mm}^2 \text{ (Al) + 1x180mm}^2 \text{ (Alm)}$$

Los conductores de fase son de aluminio (Al) y tienen una sección de 150 mm<sup>2</sup>, mientras que el conductor neutro es de aleación de aluminio, magnesio y silicio (Alm) y tiene una sección de 80 mm<sup>2</sup> para el conductor neutro.

**Al XZ1 (S)**

<b>Material del conductor</b>	Aluminio
<b>Tensión asignada</b>	0,6 / 1 kV
<b>Flexibilidad del cable</b>	Semi-rígido
<b>Aislamiento</b>	Polietileno reticulado (XLPE)
<b>Cubierta exterior</b>	Polioléfina termoplástica (Z1) Libre de halógenos
<b>No propagación de la llama</b>	Sí
<b>Aplicación</b>	Para redes de distribución, acometidas, de instalación aérea o subterránea. Para la acometida de la instalación.

**Tabla 1.15** - Características del cable utilizado para la acometida de la instalación de S.S.A.A.

**1.5.1.2. CPM**

La Caja de Protección y Medida engloba en su interior la Caja General de Protección formada por los fusibles de seguridad de la instalación receptora y el equipo de medida o contador de energía eléctrica.

La CPM se ubicará en un nicho en la fachada exterior de la nave de generación con una puerta metálica de grado de protección IK10 y dispuesta por una cerradura normalizada por la compañía distribuidora. Se situará de tal manera que los dispositivos de lectura y el equipo de medida se sitúen a una altura del suelo entre 0,7 y 1,8 metros.

La envolvente escogida para el emplazamiento de la CPM es de la familia ARED de la casa CLAVED y tiene las siguientes características:

**CLAVED ARED**

<b>Modelo</b>	AC50554
<b>Dimensiones:</b> <b>Alto x ancho x profundo</b>	(500 x 400 x 200) mm
<b>Grado de protección:</b>	
<b>IP</b>	IP66 – totalmente estanco al polvo y protegido contra fuertes chorros de agua
<b>IK</b>	IK10 – protección total contra impactos mecánicos nocivos
<b>Aislamiento</b>	Doble aislamiento (clase II)
<b>Clase térmica</b>	105 °C
<b>Auto extingible</b>	960°C
<b>Material de la envolvente</b>	Poliéster prensador en caliente, reforzado con fibra de vidrio
<b>Material de la puerta</b>	Metálico
<b>Sistema de cierre</b>	Dispositivo de candado incluido

**Tabla 1.16** - Características de la envolvente de la CPM.

En el interior de la envolvente de la CPM, se instalan tres fusibles de seguridad, uno para cada fase, que protegen la instalación receptora. Estos fusibles son fusibles de cuchillas de intensidad nominal 200 A de la casa CRADY. Para la conexión de estos fusibles se utilizan bases portafusibles de tipo BUC (bases unipolares cerradas) de intensidad nominal 250 A de la casa CRADY.

**CRADY**

<b>FUSIBLES DE TIPO CUCHILLA NH</b>	
<b>“Dyfus AC”</b>	
<b>Clase gG</b>	
<b>Modelo</b>	AC-1 de 200 A
<b>Tensión</b>	500 V
<b>Intensidad nominal</b>	200 A
<b>Poder de corte</b>	120 kA
<b>Normas aplicadas</b>	UNE-EN 60269-1
<b>BASES UNIPOLARES CERRADAS</b>	
<b>“BUC Dyfus-S”</b>	
<b>Modelo</b>	Portafusible BUC-1
<b>Intensidad nominal</b>	250 A
<b>Normas aplicadas</b>	UNE-EN 60947-1
<b>Aplicación</b>	Para fusibles del tipo cuchilla de baja tensión
<b>Materiales</b>	Material aislante y auto extinguable

**Tabla 1.17** - Características de fusibles y bases portafusibles de baja tensión.

El equipo de medida o contador de energía eléctrica a instalar y emplazar en la envolvente de la CPM a continuación de los fusibles de seguridad, debe ser instalado por la compañía distribuidora responsable de la facturación de dicha instalación receptora.

### 1.5.1.3. Derivación individual

La derivación individual es la parte de la instalación que establece la unión entre la Caja de Protección y Medida y el origen de la instalación interior, es decir, el cuadro general de distribución de energía eléctrica C. GENERAL S.S.A.A. La derivación individual está formada por un cable de cobre multiconductor trifásico, en instalación subterránea enterrada en el terreno en el interior de un tubo. El material utilizado para los conductores a partir de la Caja de Protección y Medida es cobre y el cable utilizado es:

$$\text{RZ1-K (AS)} - 3 \times 95 \text{mm}^2 + 1 \times 50 \text{mm}^2 \text{ (Cu)}$$

Tanto los conductores de fase con sección de 95 mm<sup>2</sup>, como el conductor neutro con sección de 50 mm<sup>2</sup>, son de cobre (Cu).

**RZ1-K (AS)**

<b>Material del conductor</b>	Cobre
<b>Tensión asignada</b>	0,6 / 1 kV
<b>Flexibilidad del cable</b>	Flexible
<b>Aislamiento</b>	Polietileno reticulado (XLPE)
<b>Cubierta exterior</b>	Poliolefina termoplástica (Z1) Libre de halógenos
<b>No propagación de la llama</b>	Sí
<b>Aplicación</b>	Para instalaciones interiores y exteriores, incluso enterradas y bajo tubo. Todo el conjunto de la instalación interior a partir de la CPM.

**Tabla 1.18** - Características del cable utilizado para la DI y la instalación interior de S.S.A.A.**1.5.1.4. Instalación interior**

La instalación interior es aquella que alimenta a todos los receptores de servicios auxiliares desde el origen, el cuadro general. Tiene una estructura ramifica en árbol invertido desde un cuadro general de distribución C. GENERAL S.S.A.A, pasando por 9 cuadros secundarios de distribución, y llegando hasta 42 circuitos de potencia a alimentar, los cuales están asignados a los distintos cuadros secundarios en función de la zona en la que se encuentran los circuitos. La instalación eléctrica interior es realizada con el mismo cable que la derivación individual, a diferentes secciones posteriormente calculadas:

**RZ1-K (AS)**

El tipo de instalación utilizado para los cables de la instalación interior puede ser:








- Instalación de los conductores subterránea enterrada en el terreno en el interior de un tubo.
- Instalación de los conductores superficial sobre bandejas de rejilla suspendidas y sujetas en el techo del establecimiento.

**1.5.2. Descripción de los receptores de la instalación interior**

Los receptores a alimentar en la instalación de servicios auxiliares se clasifican en receptores de alumbrado y receptores de fuerza.

### 1.5.2.1. Receptores de alumbrado

Los receptores de alumbrado son aquellos destinados al alumbrado ordinario de las instalaciones de la planta de biomasa y al alumbrado de emergencia, del fabricante PHILIPS.

Fotografía	Nombre del modelo	Tipo de luminaria	Potencia	Nº
	PHILIPS BRP775 FG T25 1 xLED59-4S/740 DS50	Luminaria para exterior LED	38 W	40
	PHILIPS BY470P 1 xECO170S/840 HRO GC	Luminaria para interior "Down light"	120 W	20
	PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W	Luminaria para interior tipo foco	33 W	31
	PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2	Luminaria para interior tipo foco	52.5 W	42
	PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO	Luminaria para interior "Down light"	93 W	31
	PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR +GTX260 58W L1	Luminaria para interior fluorescente	110 W	32
		Luz de emergencia LED	11 W	42

Las luminarias de emergencia proporcionan luminosidad en caso de fallo en la alimentación de los circuitos de alumbrado ordinarios. Estas luminarias se conectarán en paralelo con el circuito de alumbrado ordinario al que protegen. Se asigna una potencia de consumo eléctrico de 11 W para la actividad de recarga de las baterías que contienen las luminarias de emergencia.

#### **1.5.2.2. Receptores de fuerza**

Los receptores clasificados como receptores de fuerza son el resto de receptores de la instalación que requieren de alimentación en baja tensión.

### 1.5.3. Previsión de cargas

Los distintos receptores de la instalación, se agrupan en circuitos de potencia. Estos circuitos se clasifican como circuitos de alumbrado o de fuerza, de la misma manera que los receptores y pueden ser monofásicos o trifásicos.

SERVICIOS AUXILIARES	
Zona	Descripción de la carga
Edificio de control	Alumbrado: PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO (4x93W)
	Alumbrado de emergencia (2x11W)
	Circuito cerrado de televisión CCTV (sistema de vigilancia)
	Fuerza de la sala de control
	Puerta automática de acceso al establecimiento
	Ordenador de sobremesa
Edificio de oficina	Alumbrado despacho 1: PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2 (9x52,5W)
	Alumbrado despacho 2: PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2 (9x52,5W)
	Alumbrado sala de reuniones: PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2 (12x52,5W)
	Alumbrado aseos: PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W (16x33W)
	Alumbrado recepción: PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO (15x93W)
	Alumbrado de emergencia (9x11W)
	Fuerza de la sala de oficinas
	Ordenadores de sobremesa (3x500W)
Bomba de calor (sistema de climatización)	
Edificio de báscula	Alumbrado: PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO (6x93W)
	Alumbrado de emergencia (2x11W)
	Fuerza de la sala de báscula
	Ordenador de sobremesa
	Barrera automática de paso hacia la báscula
Nave de almacenamiento	Alumbrado: PHILIPS BY470P 1 xECO170S/840 HRO GC (20x120W)
	Alumbrado de emergencia (10x11W)
	Motor asíncrono trifásico para el tornillo sin fin 1
	Motor asíncrono trifásico para el tornillo sin fin 2
	Puerta automática de entrada a la nave de almacenamiento
	Fuerza de la nave de almacenamiento
	Motor asíncrono trifásico para el tornillo sin fin 3



SERVICIOS AUXILIARES	
Zona	Descripción de la carga
Nave de generación	Alumbrado aseos: PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W (8x33W)
	Alumbrado sala común: PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2 (2x52,5W)
	Alumbrado sala control: PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO (6x93W)
	Alumbrado de emergencia (6x11W)
	Fuerza de la sala común
	Electrodomésticos de la sala común (microondas, nevera)
	Fuerza de la sala de control de la nave de generación
	Alumbrado: PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR +GTX260 58W L1 (16x110W)
	Alumbrado: PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR +GTX260 58W L1 (16x110W)
	Alumbrado de emergencia (5x11W)
	Alumbrado de emergencia (5x11W)
	Fuerza del interior de la nave de generación
	Fuerza trifásica de la nave de generación
	Caldera de combustión de biomasa para generación de vapor
	Motor asíncrono trifásico para el tornillo sin fin 4
	Bombas impulsoras de fluido para el ciclo de agua_vapor (4x2,2 kW)
Central de detección y alarma de incendios	
Exterior	Torre de refrigeración de tiro inducido con ventilador
	Grupo de bombeo de agua desde el embalse hasta el depósito
	Bombas impulsoras de fluido para refrigeración de equipos
	Alumbrado exterior: PHILIPS BRP775 FG T25 1 xLED59-4S/740 DS50 (40x38W)
	Compresores para el sistema auxiliar de aire comprimido (2x4kW)
Edificio de transformación	Alumbrado: PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2 (10x52,5W)
	Alumbrado de emergencia (3x11W)
	Alumbrado: PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W (7x33W)
	Alumbrado de emergencia (1x11W)
	Fuerza del edificio de transformación
	Sistema de ventilación del edificio por extracción

SERVICIOS AUXILIARES				
Zona	Potencia nominal (kW)	Tensión de alimentación (V)	Circuito asignado	Nombre del circuito
Edificio de control	0,372	230	C1	Al_control
	0,022	230	C2	Emer_control
	0,3	230	C3	Fuerza 1_control
	2	230	C3	
	0,4	230	C4	Fuerza 2_control
	0,5	230	C4	
Edificio de oficina	0,4725	230	C5	Al_oficina 1
	0,4725	230	C5	
	0,63	230	C5	
	0,528	230	C6	Al_oficina 2
	1,395	230	C6	
	0,099	230	C7	Emer_oficina
	2	230	C8	Fuerza_oficina
	1,5	230	C8	
	7	400	C9	Climatización
Edificio de báscula	0,558	230	C10	Al_báscula
	0,022	230	C11	Emer_báscula
	2	230	C12	Fuerza_báscula
	0,5	230	C12	
	0,37	230	C12	
Nave de almacenamiento	2,4	230	C13	Al_almacén
	0,11	230	C14	Emer_almacén
	1,1	400	C15	Sin fin_1y2
	1,1	400	C15	
	0,4	230	C16	Fuerza_almacén
	2	230	C16	
	4	400	C17	Sin fin_3
Nave de generación	0,264	230	C18	Al_generación 1
	0,105	230	C18	
	0,558	230	C18	
	0,066	230	C19	Emer_generación 1
	1,5	230	C20	Fuerza 1_generación
	0,7	230	C20	
	2	230	C21	Fuerza 2_generación
	1,76	230	C22	Al_generación 2

SERVICIOS AUXILIARES				
Zona	Potencia nominal (kW)	Tensión de alimentación (V)	Circuito asignado	Nombre del circuito
Nave de generación	1,76	230	C23	Al_generación 3
	0,055	230	C24	Emer_generación 2
	0,055	230	C25	Emer_generación 3
	2	230	C26	Fuerza 3_generación
	8	400	C27	Fuerza 4_generación
	5	400	C28	Caldera
	2,2	400	C29	Sin fin_4
	8,8	400	C30	Bombas_generación
	1	230	C31	Central_incendios
Exterior	11	400	C32	Torre_refrigeración
	4,1	400	C33	Grupo_bombeo
	4,4	400	C34	Bombas_refrigeración
	1,52	230	C35	Al_exterior
	8	400	C36	Compresores
Edificio de transformación	0,525	230	C37	Al_transformación 1
	0,033	230	C38	Emer_transformación 1
	0,231	230	C39	Al_transformación 2
	0,011	230	C40	Emer_transformación 2
	2	230	C41	Fuerza_transformación
	0,12	400	C42	Extracción
<b>100,014 = POTENCIA TOTAL (kW)</b>				

La potencia total de la instalación de servicios auxiliares es de 100,014 kW.

#### 1.5.4. Características eléctricas de los circuitos de potencia

➤ **Intensidad nominal del circuito:**

- Circuitos trifásicos → 
$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

- In es la intensidad nominal del circuito [A]
- P es la potencia nominal del circuito [W]
- U es la tensión de la línea U = 400 V
- cos φ es el factor de potencia

- Circuitos monofásicos → 
$$I_n = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

P es la potencia nominal del circuito [W]  
 V es la tensión entre fase y neutro V = 230 V  
 cos φ es el factor de potencia

➤ **Tensión de alimentación:**

La tensión de alimentación depende del tipo de circuito, si es monofásico o trifásico. La tensión para un circuito monofásico es la tensión entre fase y neutro V y la tensión para un circuito trifásico es la tensión entre fases U.

La tensión compuesta de la instalación de servicios auxiliares es: U = 400 V

La tensión simple entre fase y neutro de la instalación es:  $V = \frac{U}{\sqrt{3}} = 230 \text{ V}$

**1.5.5. Asignación de circuitos a los cuadros de distribución**

Los 42 circuitos de potencia se reparten entre los 9 cuadros secundarios de distribución, por las zonas en las que se encuentran los mismos de la siguiente manera:

SERVICIOS AUXILIARES					
Nombre del cuadro	Circuito	Nombre del circuito	Potencia nominal (kW)	Tensión de alimentación (V)	Factor de potencia
C. CONTROL	C1	Al_control	0,372	230	0,9
	C2	Emer_control	0,022	230	1
	C3	Fuerza 1_control	2,3	230	0,9
	C4	Fuerza 2_control	0,9	230	0,9
<b>C. CONTROL</b>			<b>3,594</b>	<b>230</b>	<b>0,93</b>
C. OFICINA	C5	Al_oficina 1	1,575	230	0,9
	C6	Al_oficina 2	1,923	230	0,9
	C7	Emer_oficina	0,099	230	1
	C8	Fuerza_oficina	3,5	230	0,9
	C9	Climatización	7	400	0,85
<b>C. OFICINA</b>			<b>14,097</b>	<b>400</b>	<b>0,91</b>
C. BÁSCULA	C10	Al_báscula	0,558	230	0,9
	C11	Emer_báscula	0,022	230	1
	C12	Fuerza_báscula	2,87	230	0,9
<b>C. BÁSCULA</b>			<b>3,45</b>	<b>230</b>	<b>0,93</b>

SERVICIOS AUXILIARES					
Nombre del cuadro	Circuito	Nombre del circuito	Potencia nominal (kW)	Tensión de alimentación (V)	Factor de potencia
C. ALMACÉN	C13	Al_almacén	2,4	230	0,9
	C14	Emer_almacén	0,11	230	1
	C15	Sin fin_1y2	2,2	400	0,84
	C16	Fuerza_almacén	2,4	230	0,9
	C17	Sin fin_3	4	400	0,85
<b>C. ALMACÉN</b>			<b>11,11</b>	<b>400</b>	<b>0,90</b>
C. GENERACIÓN 1	C18	Al_generación 1	0,927	230	0,9
	C19	Emer_generación 1	0,066	230	1
	C20	Fuerza 1_generación	2,2	230	0,85
	C21	Fuerza 2_generación	2	230	0,85
	C22	Al_generación 2	1,76	230	0,9
	C23	Al_generación 3	1,76	230	0,9
	C24	Emer_generación 2	0,055	230	1
	C25	Emer_generación 3	0,055	230	1
	C26	Fuerza 3_generación	2	230	0,85
	C27	Fuerza 4_generación	8	400	0,85
<b>C. GENERACIÓN 1</b>			<b>18,823</b>	<b>400</b>	<b>0,91</b>
C. GENERACIÓN 2	C28	Caldera	5	400	0,8
	C29	Sin fin_4	2,2	400	0,88
	C30	Bombas_generación	8,8	400	0,85
	C31	Central_incendios	1	230	0,85
<b>C. GENERACIÓN 2</b>			<b>17</b>	<b>400</b>	<b>0,85</b>
C. EXTERIOR 1	C32	Torre_refrigeración	11	400	0,85
<b>C. EXTERIOR 1</b>			<b>11</b>	<b>400</b>	<b>0,85</b>
C. EXTERIOR 2	C33	Grupo_bombeo	4,1	400	0,85
	C34	Bombas_refrigeración	4,4	400	0,85
	C35	Al_exterior	1,52	230	0,9
	C36	Compresores	8	400	0,85
<b>C. EXTERIOR 2</b>			<b>18,02</b>	<b>400</b>	<b>0,86</b>
C. TRANSFORMACIÓN	C37	Al_transformación 1	0,525	230	0,9
	C38	Emer_transformación 1	0,033	230	1
	C39	Al_transformación 2	0,231	230	0,9
	C40	Emer_transformación 2	0,011	230	1
	C41	Fuerza_transformación	2	230	0,85
	C42	Extracción	0,12	400	0,85
<b>C. TRANSFORMACIÓN</b>			<b>2,92</b>	<b>400</b>	<b>0,92</b>
<b>VALORES TOTALES:</b>			<b>100,014</b>		<b>0,89</b>

<b>SERVICIOS AUXILIARES</b>					
<b>Nombre del cuadro</b>	<b>Circuito</b>	<b>Nombre del circuito</b>	<b>Intensidad nominal (A)</b>	<b>Coefficiente de simultaneidad</b>	<b>Potencia simultánea (kW)</b>
C. CONTROL	C1	Al_control	1,80	1	0,372
	C2	Emer_control	0,10	-	-
	C3	Fuerza 1_control	11,11	0,5	1,15
	C4	Fuerza 2_control	4,35	0,5	0,45
<b>C. CONTROL</b>					<b>1,972</b>
C. OFICINA	C5	Al_oficina 1	7,61	0,6	0,945
	C6	Al_oficina 2	9,29	0,5	0,9615
	C7	Emer_oficina	0,43		
	C8	Fuerza_oficina	16,91	0,5	1,75
	C9	Climatización	11,89	0,6	4,2
<b>C. OFICINA</b>					<b>7,8565</b>
C. BÁSCULA	C10	Al_báscula	2,70	1	0,558
	C11	Emer_báscula	0,10		
	C12	Fuerza_báscula	13,86	0,5	1,435
<b>C. BÁSCULA</b>					<b>1,993</b>
C. ALMACÉN	C13	Al_almacén	11,59	0,5	1,2
	C14	Emer_almacén	0,48		
	C15	Sin fin_1y2	3,78	0,6	1,32
	C16	Fuerza_almacén	11,59	0,5	1,2
	C17	Sin fin_3	6,79	0,6	2,4
<b>C. ALMACÉN</b>					<b>6,12</b>
C. GENERACIÓN 1	C18	Al_generación 1	4,48	0,5	0,4635
	C19	Emer_generación 1	0,29	-	-
	C20	Fuerza 1_generación	11,25	0,5	1,1
	C21	Fuerza 2_generación	10,23	0,5	1
	C22	Al_generación 2	8,50	0,8	1,408
	C23	Al_generación 3	8,50	0,8	1,408
	C24	Emer_generación 2	0,24	-	-
	C25	Emer_generación 3	0,24	-	-
	C26	Fuerza 3_generación	10,23	0,6	1,2
	C27	Fuerza 4_generación	13,58	0,6	4,8
<b>C. GENERACIÓN 1</b>					<b>11,3795</b>
C. GENERACIÓN 2	C28	Caldera	9,02	1	5
	C29	Sin fin_4	3,61	0,8	1,76
	C30	Bombas_generación	14,94	0,8	7,04
	C31	Central_incendios	5,12	0,5	0,5
<b>C. GENERACIÓN 2</b>					<b>14,3</b>

SERVICIOS AUXILIARES					
Nombre del cuadro	Circuito	Nombre del circuito	Intensidad nominal (A)	Coefficiente de simultaneidad	Potencia simultánea (kW)
C. EXTERIOR 1	C32	Torre_refrigeración	18,68	1	11
<b>C. EXTERIOR 1</b>					<b>11</b>
C. EXTERIOR 2	C33	Grupo_bombeo	6,96	0,6	2,46
	C34	Bombas_refrigeración	7,47	0,8	3,52
	C35	Al_exterior	7,34	0,3	0,456
	C36	Compresores	13,58	0,5	4
<b>C. EXTERIOR 2</b>					<b>10,436</b>
C. TRANSFORMACIÓN	C37	Al_transformación 1	2,54	0,6	0,315
	C38	Emer_transformación 1	0,14	-	-
	C39	Al_transformación 2	1,12	0,6	0,1386
	C40	Emer_transformación 2	0,05	-	-
	C41	Fuerza_transformación	10,23	0,5	1
	C42	Extracción	0,20	0,6	0,072
<b>C. TRANSFORMACIÓN</b>					<b>1,5256</b>
				<b>0,63</b>	<b>66,583</b>

### 1.5.6. Potencias de la instalación

Las potencias de la instalación eléctrica en baja tensión de los servicios auxiliares de la planta son las siguientes:

➤ **Potencia instalada** →  $P_i = 100,014 \text{ kW}$

Es la potencia nominal total, suma de las potencias nominales de los circuitos de potencia.

➤ **Potencia simultánea** →  $P_{sim} = 66,583 \text{ kW}$

Es la potencia debida a los receptores o circuitos que requieren de suministro eléctrico de forma simultánea. Esta potencia es el resultado de la aplicación de un coeficiente de simultaneidad a la potencia instalada. Este coeficiente de simultaneidad es el valor medio de los coeficientes de simultaneidad de todos los circuitos de potencia, valor que indica la simultaneidad de consumo de cada circuito con respecto al consumo de los demás.

El coeficiente de simultaneidad global de la instalación resuelto es:  $cs = 0,63$

Justificación de asignación del coeficiente de simultaneidad a los circuitos de potencia:

Los circuitos de alumbrados de emergencia no presentan ningún coeficiente de simultaneidad, puesto que son receptores que entran en funcionamiento cuando existe un fallo en el suministro eléctrico de la zona a la que protegen. Los circuitos de alumbrado ordinario presentan un coeficiente de simultaneidad máximo del 100%, aquellos que abastecen a los edificios de única sala como el edificio de control y el edificio de báscula, o un coeficiente menor entre el 50% y 80% para aquellos que abastecen a otros edificios con un número mayor de circuitos de alumbrado como es la nave de generación y el edificio de oficina o zonas de uso ocasional como es la nave de almacenamiento o el edificio de transformación. El circuito de alumbrado exterior tiene un coeficiente de simultaneidad del 30% puesto que lo habitual es que solamente entre en funcionamiento cuando no hay luz natural diurna, por lo tanto, es poco probable que coincida en funcionamiento con muchos otros circuitos.

Los circuitos destinados a fuerza y reserva, es decir, tomas de corriente, tienen un coeficiente de simultaneidad entre el 50-60%, puesto que hay muchas tomas de corriente no utilizadas en todo momento, y debido a que estos circuitos son en mayoría de reserva de potencia, es poco probable la utilización simultánea de toda la esta reserva de potencia. Los motores asíncronos presentes en los circuitos, como sistemas de transporte por tornillo sin fin, sistema de climatización, sistema de extracción, grupo de bombeo y compresores, presentan un coeficiente de simultaneidad del 50-60% de igual manera que los circuitos de fuerza debida a tomas de corriente, puesto que son consumidores ocasionales y discontinuos con respecto a otros receptores.

Otros circuitos debido a motores asíncronos, en este caso bombas hidráulicas, tienen un funcionamiento y consumo de energía de forma más continuada por lo que se les aplica un coeficiente de simultaneidad del 80%, así como al circuito de transporte sinfín de alimentación y abastecimiento de biomasa directamente al interior de la caldera, con funcionamiento más continuo que los otros sistemas de transporte.

Por último, los circuitos que alimentan a consumidores importantes y esenciales en el proceso de combustión y generación de energía eléctrica, como son la caldera y la torre de refrigeración, en funcionamiento de forma prácticamente ininterrumpida, presentan un coeficiente de simultaneidad del 100%, además de ser consumidores de gran potencia.

➤ **Potencia admisible** → 
$$P_{ad} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cabecera} = \sqrt{3} \cdot 400V \cdot 125A = 86,6kW$$

Es la potencia máxima que admite la instalación, limitada por la protección de cabecera del cuadro de distribución principal, el C. GENERAL S.S.A.A. Dicha protección limitadora es un interruptor automático magnetotérmico de cabecera del cuadro, que limita la intensidad que



puede circular por dicho cuadro, y por lo tanto limita la potencia que puede admitir la instalación completa. Esta protección tiene un calibre de:

$$I_{\text{cabecera}} = 125 \text{ A}$$

#### Coeficiente de simultaneidad real:

El coeficiente de simultaneidad real *cs real* de la instalación es función de la potencia admisible y la potencia instalada de la misma.

$$cs_{\text{real}} = \frac{P_{\text{ad}}}{P_{\text{i}}} = \frac{86,6 \text{ kW}}{100,014 \text{ kW}} = 0,866 = 86,6\%$$

### **1.6. Instalación eléctrica de media tensión**

La instalación eléctrica de media tensión está formada por las siguientes instalaciones:

- Línea eléctrica aérea de conexión a red, de media tensión y de distribución de energía eléctrica desde la red de distribución eléctrica de Unión Fenosa Distribución hasta la subestación transformadora elevadora.
- Subestación transformadora elevadora que contiene el transformador principal y el transformador de servicios auxiliares conectados en paralelo en barras de la subestación.
- Línea subterránea de salida del generador hasta el transformador principal en la subestación.

#### **1.6.1. Línea eléctrica aérea de MT de conexión a red**

##### **1.6.1.1. Conexión con la red de UFD**

##### **➤ Descripción general del punto de conexión con la red de distribución de UFD:**

La conexión con la red de Unión Fenosa Distribución se realiza a una línea eléctrica existente de 8 apoyos. La instalación de conexión a la red de UFD está formada por las siguientes partes:

- ✓ Conexión a la línea eléctrica existente mediante derivación en “T” en el apoyo número 6 de la misma.
- ✓ Vano destensado desde el apoyo de conexión hasta el primer apoyo de la línea de nueva extensión. El primer apoyo de la línea de nueva extensión estará situado a 15

metros del apoyo en el que se realiza la conexión, distancia máxima del vano que no exige el cálculo mecánico del apoyo existente en el que se realiza la conexión.

- ✓ Elemento de seccionamiento ubicado en el primer apoyo de la línea de nueva extensión, denominado “Apoyo A”.

**LÍNEA AÉREA EXISTENTE DE UFD**

Tensión nominal de la línea	Un = 20 kV
Tensión más elevada de la red	Umáx = 24 kV
Categoría de la línea	3ª categoría Un < 30 kV
Conductor utilizado	Conductor de aluminio con alma de acero galvanizado LA-56

**Tabla 1.19** - Características generales línea eléctrica aérea UFD.

El elemento de seccionamiento se encarga de realizar operaciones de seccionamiento y aislamiento de la instalación propiedad del usuario de la planta de la red de distribución de alta tensión. Junto a dicho elemento se instala un equipo de telemedida para la gestión y medida a distancia y comprobar en todo momento el correcto funcionamiento de la línea.

Como elemento de seccionamiento se utiliza equipo seccionador portafusible autodesconectador unipolar formado por un seccionador tipo XS combinado con un fusible POSITROL para la protección completa para todo tipo de fallos en sistemas de distribución aérea. Se utiliza un equipo seccionador para cada fase activa. Dicho equipo seccionador es de la marca FAMI-S&C y tiene las siguientes características:

**FAMI-S&C**

**Modelo XS 89032**

Tipo de seccionador	Autodesconectador
Forma de accionamiento	A pértiga
Tensión nominal	25 kV
Tensión máxima	27 kV
Corriente nominal	100 A
Frecuencia nominal	50 Hz
Poder de interrupción asimétrico	12 kA
Poder de interrupción simétrico	8 kA
Peso	9 kg

**Tabla 1.20** - Características del equipo seccionador.

El usuario es el responsable de la operación y mantenimiento de toda la instalación desde el punto de conexión, excepto del elemento de seccionamiento, que será operado y mantenido por la compañía distribuidora, salvo cuando el cliente requiera el seccionamiento de su instalación con fines de mantenimiento siempre con previa comunicación a la compañía distribuidora.

El equipo de teled medida para la gestión del funcionamiento de la red será instalado por la compañía distribuidora.

El entronque o conexión será realizado por la compañía distribuidora.

#### ➤ Protecciones en el punto de conexión:

En el punto de conexión de la instalación consumidora a la red de alta tensión propiedad de la compañía distribuidora, deberá disponerse de protecciones contra sobretensiones y contra cortocircuitos, que serán definidas por la compañía, en este caso por UFD.

### 1.6.1.2. Descripción de la línea de nueva extensión

#### 1.6.1.2.1. Características generales de la línea

##### LÍNEA AÉREA DE NUEVA EXTENSIÓN

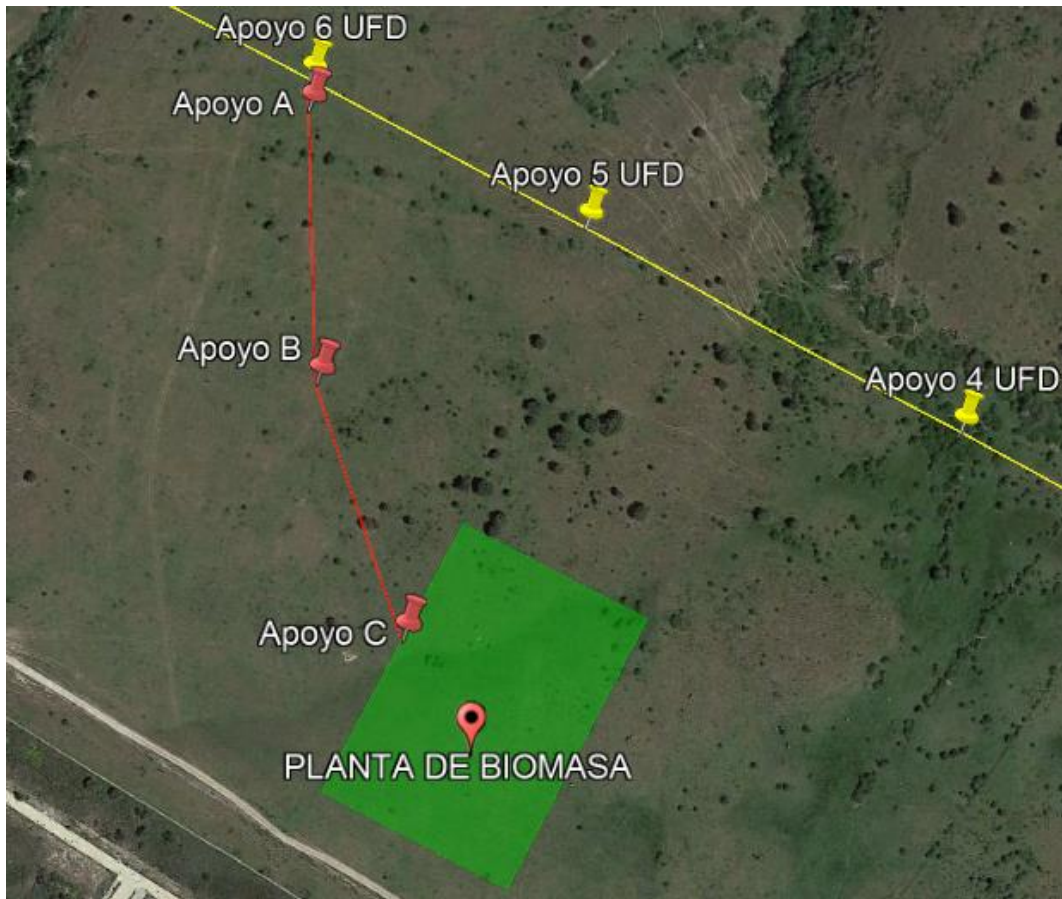
Tensión nominal de la línea	Un = 20 kV
Tensión más elevada de la red	Umáx = 24 kV
Categoría de la línea	3ª categoría Un < 30 kV
Conductor utilizado	Conductor de aluminio con alma de acero galvanizado LA-56

**Tabla 1.21** - Características de la línea eléctrica aérea de nueva extensión.

#### 1.6.1.2.2. Disposición de la línea

La línea eléctrica aérea de nueva extensión está formada por tres apoyos de alineación, dos vanos de 130 y 125 metros, y dos vanos destensados de 15 metros hacia el punto de conexión y 10 metros hacia la conexión con la subestación transformadora.

La ubicación y disposición de la línea eléctrica aérea de nueva extensión es la siguiente:



**Figura 1.8** - Disposición y ubicación de la línea eléctrica aérea de nueva extensión.



**Figura 1.9** - Ampliación de la disposición y ubicación de la línea.

**Figura 1.10** - Leyenda aplicada a la disposición y ubicación de la línea de nueva extensión.

La geografía del terreno a sobrepasar por la línea obliga a la existencia de desnivel entre apoyos, obteniéndose los siguientes valores de los vanos y desniveles entre ello:

Apoyo A – Apoyo B		Apoyo B – Apoyo C	
VANO 1		VANO 2	
Vano	Desnivel	Vano	Desnivel
[a <sub>1</sub> ]	[b <sub>1</sub> ]	[a <sub>2</sub> ]	[b <sub>2</sub> ]
130 m	8 m	125 m	6 m

**Tabla 1.22** - Vano y desnivel de la línea eléctrica de nueva extensión.

El criterio tomado para la asignación del signo al desnivel es el siguiente:

- Si el apoyo siguiente, se encuentra a una cota de terreno superior al apoyo anterior al vano en cuestión, el desnivel es positivo.
- Si el apoyo siguiente se encuentra a una cota de terreno inferior al apoyo anterior al vano en cuestión, el desnivel es negativo.

La altitud a la que se encuentra el núcleo poblacional de Quitapesares, zona en la que se diseña dicha línea aérea es de 1079 metros sobre el nivel del mar, lo cual clasifica dicha zona como zona C por tener una altitud superior a 1000 metros.

Los distintos apoyos se encuentran ubicados en puntos con las siguientes altitudes sobre el nivel del mar:

Altitud sobre el nivel del mar (m)		
Apoyo A	Apoyo B	Apoyo C
1096	1104	1110

**Tabla 1.23** - Altitud a la que se encuentra cada apoyo.

#### 1.6.1.2.3. Características generales del conductor utilizado

El conductor utilizado para el tendido de la línea eléctrica aérea es: LA-56.

Se trata de un conductor de aluminio-acero, formado por hilos de aluminio con un alma de hilos de acero galvanizado.

**LA-56**

<b>Número de hilos (Al)</b>	6
<b>Número de hilos (Acero)</b>	1
<b>Diámetro del hilo</b>	3,15 mm
<b>Diámetro del cable completo</b>	d = 9,45 mm
<b>Sección de los hilos (Al)</b>	46,80 mm <sup>2</sup>
<b>Sección de los hilos (Acero)</b>	7,79 mm <sup>2</sup>
<b>Sección total del cable</b>	S = 54,60 mm <sup>2</sup>
<b>Peso del conductor</b>	$\rho = 0,186 \text{ daN/m}$
<b>Carga de rotura del conductor</b>	CR = 1629 daN
<b>Resistencia eléctrica a 20°C</b>	$R_{20} = 0,613 \text{ } \Omega/\text{km}$
<b>Módulo de elasticidad teórico</b>	E = 7900 daN/mm <sup>2</sup>
<b>Coefficiente de dilatación lineal</b>	$\alpha = 19,1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tabla 1.24 - Características del conductor.

Se utilizará un cable de este conductor para cada fase activa, puesto que la línea es de circuito simple.

**1.6.1.3. Descripción de los elementos constructivos de la línea eléctrica****1.6.1.3.1. Clasificación y características de los apoyos**

<b>APOYO</b>	<b>TIPO DE APOYO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>MODELO</b>	<b>ALTURA</b>
<b>A</b>	Alineación	Metálico de celosía	C-1000	14 m
<b>B</b>	Alineación	Metálico de celosía	C-3000	14 m
<b>C</b>	Alineación	Metálico de celosía	C-1000	14 m

Tabla 1.25 - Elección del tipo de apoyo.

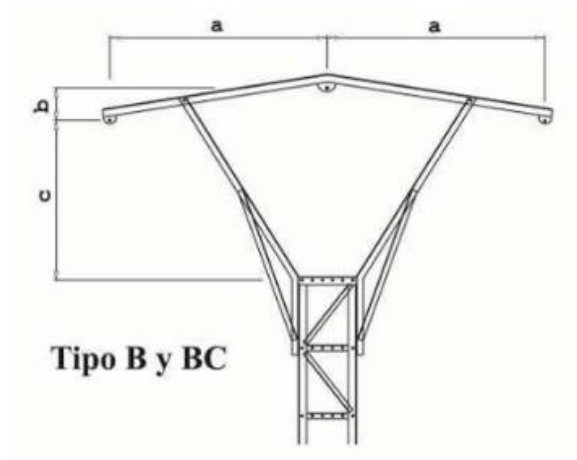
<b>Características de los apoyos:</b>	<b>C-1000</b>	<b>C-3000</b>
Altura (m)	14	14
Altura útil (m)	12,45	11,85
Ancho de la base (m)	0,89	0,89
Peso (kg)	447	840
Área lateral de exposición al viento (m <sup>2</sup> )	2	2
<b>Esfuerzos soportados:</b>		
Esfuerzo nominal (horizontal) (daN)	1000	3000
Esfuerzo vertical (daN)	600	800
Esfuerzo de torsión (daN)	700	1400

**Tabla 1.26** - Características de los apoyos elegidos.

La cruceta escogida para los apoyos es una cruceta de tipo bóveda, con las siguientes características constructivas:

### CRUCETA DE TIPO BÓVEDA

<b>B-3</b>	
<b>a</b>	2 m
<b>b</b>	Despreciable
<b>c</b>	1,2 m



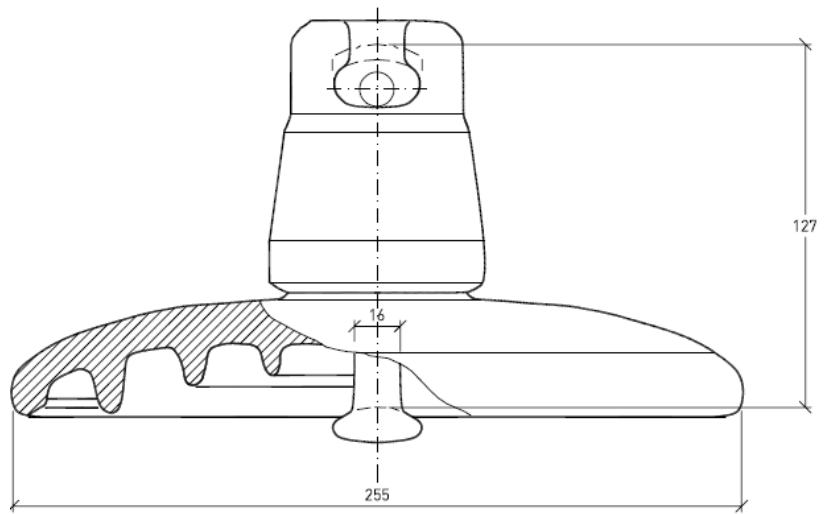
**Tabla 1.27** - Características de la cruceta tipo bóveda.

#### 1.6.1.3.2. Características generales de las cadenas de aisladores

Los aisladores utilizados en esta línea tienen como material aislante vidrio, de vidrio templado y acero galvanizado, de tipo cápsula y vástago. Cumplen con la norma UNE-EN 60305 y tienen las siguientes características:

**AISLADORES DE VIDRIO**

<b>U 70 BS</b>	
Paso nominal	127 mm
Carga de rotura	7000 daN
Diámetro parte aislante	255 mm
Línea de fuga	295 mm
Diámetro del vástago	16 mm
Peso	3,4 kg



**Tabla 1.28** - Características de los aisladores.

Las cadenas de aisladores pueden ser de amarre o de suspensión, pero ambas tienen las mismas características:

<b>CADENA DE AISLADORES</b>	
Tipo de aislador utilizado	U 70 BS
Número de aisladores	2
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	72
Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV)	190
Línea de fuga (mm)	590
Nivel de polución	II

**Tabla 1.29** - Características de la cadena de aisladores.



**1.6.1.3.3. Resumen de apoyos**

Apoyo	Designación	Descripción
<b>A</b>	C-S-AL-14/1000-B-3-CS II	Apoyo de celosía de alineación de 14 m de altura y 1000 daN de esfuerzo útil, con cruceta tipo B-3 y cadena de suspensión normal con nivel de aislamiento II.
<b>B</b>	C-S-AL-14/3000-B-3-CS II	Apoyo de celosía de alineación de 14 m de altura y 3000 daN de esfuerzo útil, con cruceta tipo B-3 y cadena de suspensión normal con nivel de aislamiento II.
<b>C</b>	C-S-AL-14/1000-B-3-CS II	Apoyo de celosía de alineación de 14 m de altura y 1000 daN de esfuerzo útil, con cruceta tipo B-3 y cadena de suspensión normal con nivel de aislamiento II.

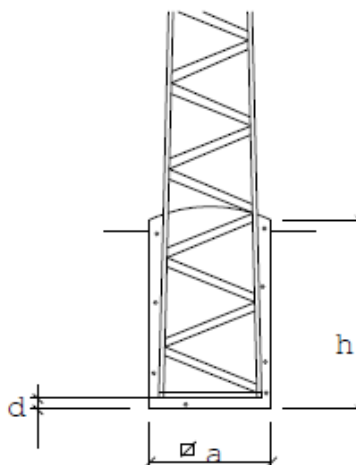
**Tabla 1.30** – Tabla resumen de apoyos utilizados.

**1.6.1.4. Cimentaciones de los apoyos**

Cada uno de los tres apoyos constituyentes de la línea requieren de una cimentación.

Las cimentaciones están formadas por un macizo de hormigón, enterrado una pequeña profundidad en el terreno y con las siguientes medidas:

Medidas	(m)
<b>a</b>	1,20
<b>h</b>	2,60
<b>d</b>	0,10



**Tabla 1.31** - Dimensiones de la cimentación de apoyos.

El terreno en el que están ubicados los apoyos, así como sus cimentaciones debe clasificarse en función de su naturaleza en terreno flojo, normal o rocoso, para obtener el coeficiente de compresibilidad del terreno.

El suelo en el que irán alojados los apoyos y sus cimentaciones se clasifica como suelo normal con un coeficiente de compresibilidad de:

$$k = 12 \text{ kg/cm} \times \text{cm}^2$$

### 1.6.1.5. Puesta a tierra de los apoyos

Puesto que los apoyos de material conductor deben conectarse a tierra, se diseña una instalación de puesta a tierra para los tres apoyos.

#### 1.6.1.5.1. Clasificación de los apoyos

Los apoyos pueden clasificarse como apoyos frecuentados o no frecuentados. Los apoyos frecuentados a su vez se clasifican como apoyos frecuentados con calzado o sin calzado.

Apoyo	Tipo de apoyo	Justificación
A	Frecuentado con calzado	Alberga un equipo de maniobra (equipo seccionador).
B	No frecuentado	Se encuentra en campo abierto.
C	Frecuentado con calzado	Se encuentra cerca de un establecimiento con posible paso frecuente de personas.

Tabla 1.32 - Clasificación de apoyos para la puesta a tierra.

#### 1.6.1.5.2. Sistema de puesta a tierra del neutro de la línea

El sistema de puesta a tierra de la línea, puesto que ésta se encuentra enganchada a la red eléctrica de Unión Fenosa Distribución, es de neutro aislado.

#### 1.6.1.5.3. Características del terreno

Las características del suelo dependen de la naturaleza del mismo. La naturaleza del terreno en el que se sitúan los apoyos que forman la línea es de arena silíceo.

<b>Resistividad</b>	$\rho$	$\Omega \cdot \text{m}$	500
<b>Coefficiente de resistencia</b>	$K_r$	$\frac{\Omega}{\Omega \cdot \text{m}}$	0.1057
<b>Coefficiente de tensión de paso terreno-terreno</b>	$K_{pt-t}$	$\frac{V}{\Omega \cdot \text{m} \cdot A}$	0.0216
<b>Coefficiente de tensión de paso acera-terreno</b>	$K_{pa-t}$	$\frac{V}{\Omega \cdot \text{m} \cdot A}$	0.0538

Tabla 1.33 - Características del terreno.

#### **1.6.1.5.4. Descripción de la instalación de puesta a tierra de los apoyos**

La instalación de puesta a tierra de los apoyos que forman la línea de MT se realiza de forma individual para cada uno de los tres apoyos. La instalación de puesta a tierra para cada apoyo es realizada mediante un anillo de cobre desnudo enterrado en el terreno una profundidad de 50 cm y a una distancia de 1 metros por cada lado separado de la cimentación del apoyo. El anillo se encuentra mallado en su interior mediante varillas cilíndricas de acero formando celdas. Sobre el mallado, a 10 cm se encuentra una capa de hormigón de 20 cm de espesor. En los vértices del anillo de cobre se disponen cuatro picas cilíndricas de puesta a tierra de acero-cobre. Separada una distancia de 20 cm por cada lado del anillo de puesta a tierra se dispone de una acera equipotencial.

La unión entre el apoyo y la instalación de puesta a tierra se realiza mediante un conductor de cobre desnudo, que realiza la conexión entre el apoyo y el anillo de puesta a tierra, atravesando el macizo de hormigón que forma parte de la cimentación en el interior de un tubo flexible de plástico. Las uniones pica-anillo y tierra-anillo se realizan mediante conductor de compresión.

A continuación, se adjunta una tabla resumen de las distintas partes de la instalación de puesta a tierra de cada uno de los apoyos, junto con las características técnicas de cada parte:

INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS LÍNEA DE CONEXIÓN A RED		
<b>Anillo</b>	Material:	Conductor de cobre desnudo
	Sección:	50 mm <sup>2</sup>
	Dimensiones (m x m):	3,2 x 3,2
	Profundidad:	50 cm
<b>Mallado</b>	Material:	Varillas de acero
	Diámetro:	4 mm
	Profundidad:	50 cm
	Dimensiones de la celda (cm x cm):	30 x 30
<b>Recubrimiento adicional</b>	Material:	Hormigón
	Ubicación:	Sobre el mallado de acero
	Profundidad:	20 cm
	Espesor:	20 cm
	Resistividad superficial $\rho_s$ :	3000 $\Omega$
<b>Picas</b>	Material:	Acero-cobre
	Diámetro:	14 mm
	Longitud:	2 m
	Profundidad:	50 cm
<b>Conexión del apoyo a tierra</b>	Material:	Conductor de cobre desnudo
	Sección:	50 mm <sup>2</sup>
<b>Tubo flexible</b>	Material:	PVC
	Diámetro:	21 mm

Tabla 1.34 - Descripción de la instalación de puesta a tierra de los apoyos.

## 1.6.2. Subestación transformadora

### 1.6.2.1. Objeto

El objetivo principal de la subestación transformadora es alojar las instalaciones necesarias para elevar por un lado la tensión de generación para ser vertida a la red eléctrica de distribución y reducir por otro lado la tensión a niveles de utilización de los servicios auxiliares. Estas transformaciones de tensión son necesarias para el correcto diseño de la planta.

### 1.6.2.2. Descripción general de la subestación

La subestación es de tipo intemperie con configuración de simple barra y está formada por una posición de línea y dos posiciones de transformador de potencia, de forma que ambos transformadores están conectados en paralelo al juego de barras sencillo de la subestación.

La ubicación de la subestación se encuentra en el interior del establecimiento delimitado para el emplazamiento de la planta de biomasa, parte de la subestación a la intemperie y parte de la instalación en el interior de un edificio denominado “Edificio de transformación”.

El recinto destinado a la ubicación de la subestación tiene una superficie de 750 m<sup>2</sup> y el edificio de transformación ocupa una superficie de 35 m<sup>2</sup> dentro del mismo. Dicha superficie se encuentra cerrada mediante un cierre perimetral formado por postes metálicos galvanizados de perfil tubular de 60 mm de diámetro y un enrejado metálico de 2,50 metros de altura, dispuesta de una puerta metálica de acceso peatonal al recinto. Además, dicho cerramiento debe contar con una señalización adecuada de aviso de presencia de peligro eléctrico.

### 1.6.2.3. Partes de la subestación transformadora

#### ➤ Acometida a la subestación:

La acometida a la subestación se realiza de forma aérea a través de la conexión a la misma de la línea eléctrica aérea de media tensión de conexión a red. La acometida a la subestación tiene las siguientes características:

<b>Tensión nominal</b>	$U_n$	20 kV
<b>Frecuencia</b>	$f$	50 Hz
<b>Potencia de cortocircuito</b>	$S_{cc}$	350 MVA
<b>Conductor utilizado</b>	LA-56	

**Tabla 1.35** - Características eléctricas de la acometida a la subestación transformadora.

La línea eléctrica aérea de conexión llega a la subestación mediante la conexión al pódico principal de soporte. Este pódico es fabricado en acero galvanizado en caliente con protección a la corrosión.

#### ➤ Estructura metálica de soporte:

La estructura metálica de soporte se encarga de soportar el pódico principal de salida de la línea, el embarrado principal de la subestación y la apartamenta ubicada a la intemperie. La

estructura metálica es fabricada en acero galvanizado en caliente con protección contra la corrosión. Los herrajes y tornillería utilizada para realizar las uniones entre la estructura metálica y los elementos a soportar, es fabricada en acero inoxidable.

La cimentación de estos elementos, es necesaria para el soporte y sujeción de todos los elementos constituyentes a la estructura metálica de la subestación, y es realizada en hormigón armado con presencia de canalizaciones en su interior de PVC para el paso de latiguillos de puesta a tierra de equipos eléctricos y elementos pertenecientes a la estructura metálica y para el paso de conductores.

➤ **Embarrado:**

El embarrado de la subestación está formado por un juego de barras sencillo formado por tres barras simples, una para cada fase activa, a un nivel de tensión de 20 kV. En barras de la subestación se conectan en paralelo el transformador principal instalado a la intemperie, encargado de aumentar la tensión de generación a la que trabaja el generador acoplado al transformador, hasta la tensión de las barras, y el transformador de servicios auxiliares instalado en el interior del edificio de transformación para reducir la tensión de las barras al nivel de baja tensión de alimentación de los servicios auxiliares de la planta. Cada uno de los transformadores conectados a las barras de la subestación cuentan con sus protecciones a ambos lados.

El embarrado está formado por tres barras simples, paralelas, dispuestas cada una a una fase activa de la instalación. Las barras están formadas por tubo macizo de cobre semiduro, de 16 mm de diámetro, con una distancia entre fases de 80 cm y con una longitud de cada barra de 8 metros.

La sección del tubo conductor que forma las barras se obtiene de la siguiente manera, debido al perfil cilíndrico de las picas.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201,06 \text{ mm}^2$$

➤ **Edificio de transformación:**

En el edificio de transformación con una superficie de 35 m<sup>2</sup> se encuentran alojados los equipos de control y comunicación, así como el transformador de servicios auxiliares y las celdas de protección y medida de la subestación. Este edificio está provisto de la ventilación

suficiente para reducir los niveles de temperatura debida a los equipos alojados en su interior, mediante un sistema de rejillas en las puertas del edificio y la instalación de un extractor de aire como sistema de ventilación.

El sistema de ventilación está formado por un extractor mural de tipo helicoidal de la casa SODECA con las siguientes características:

**SODECA  
HC-25-2T/H**

Tipo de extractor	Axial, mural y de tipo helicoidal
Tipo de motor	IP55
Diámetro de hélice	25 cm
Número de polos del motor	2
Velocidad de rotación	3500 rpm
Alimentación	Trifásica 400 V / 50 Hz
Potencia instalada	0,12 kW
Caudal máximo	2200 m <sup>3</sup> /h
Nivel de ruido generado	64 dB

**Tabla 1.36** - Sistema de ventilación del edificio de transformación.

El edificio de transformación está dividido en tres salas:

- Sala de alojamiento del transformador de servicios auxiliares con una superficie de 7 m<sup>2</sup>.
- Sala de alojamiento de las celdas de protección y medida de la subestación con una superficie de 10,5 m<sup>2</sup>.
- Sala de control y comunicación con una superficie de 6 m<sup>2</sup>.

➤ **Alojamiento del transformador principal:**

El transformador principal se encuentra ubicado a la intemperie sobre una losa soporte junto a un foso de recogida de aceite fabricado en hormigón armado, dividida en tres compartimentos separados por dos vigas de hormigón-acero sobre las que se apoya la bancada del transformador.

#### **1.6.2.4. Protecciones eléctricas**

##### **1.6.2.4.1. Celdas de media tensión – niveles de 20 kV y 6 kV**

Las celdas de media tensión instaladas en el edificio de transformación son de la casa ORMAZABAL con una tensión asignada de servicio de 12 kV y 24 kV, modelo CGMCOSMOS. Se trata de sistemas modulares y compactos tipo RMU con aislamiento integral en gas de hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, en los cuales se alojan protecciones eléctricas en su interior.

Las celdas de media tensión implantadas en la subestación son celdas para la protección y medida del lado primario del transformador de servicios auxiliares a 20 kV y del lado secundario del transformador principal a 6 kV.

Existen distintos tipos de celdas o módulos que son utilizados en esta instalación y son las siguientes:

- Celda de línea cgmcosmos-l → celda modular equipada con interruptor-seccionador de tres posiciones: cerrado, abierto y puesta a tierra.
- Celda de protección de transformador cgmcosmos-p → celda modular de protección mediante fusibles equipada con un interruptor-seccionador de tres posiciones y fusibles limitadores.
- Celda de medida cgmcosmos-m → celda modular de medida con aislamiento al aire.
- Celda de protección general cgmcosmos-v → celda modular de protección equipada con un interruptor automático de corte en vacío de tres posiciones.
- Celda de remonte cgmcosmos-rc → celda modular con función de remonte de conductores con aislamiento de aire.



Las características técnicas comunes para todas las celdas son las siguientes:

**ORMAZABAL**  
**CELDAS DE MT: CGMCOSMOS**

<b>• Características eléctricas:</b>				
Tensión asignada	U <sub>d</sub>	kV	12	24
Frecuencia asignada	f <sub>r</sub>	Hz	50/60	
Corriente asignada				
- Barras de interconexión de celdas	I <sub>r</sub>	A	400/630	
- Línea	I <sub>r</sub>	A	400/630	
- Bajante de transformador	I <sub>r</sub>	A	200	
Corriente soportada nominal de corta duración				
- Con t <sub>k</sub> = (x) s	I <sub>k</sub>	kA	16/20 (1/3 s) 25 (1 s)	
- Valor de pico	I <sub>p</sub>	kA	40/52/62,5	
Nivel de aislamiento asignado				
- Tensión soportada asignada a frecuencia industrial (1 minuto)	U <sub>d</sub>	kV	28/32	50/60
- Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo	U <sub>p</sub>	kV	75/85	125/145
<b>• Características constructivas:</b>				
Cuba de gas SF <sub>6</sub>				
- Material	Acero inoxidable			
- Grado de protección	IPX7			
- Indicador de presión del gas	Manómetro sin contactos			
Envolvente externa				
- Grado de protección	IP 2XD			
- Tipo de conexionado de cables	Mediante pasatapas por la parte frontal			
- Tipo de conexionado entre módulos	A través del conjunto de unión ORMALINK			

**Tabla 1.37** - Características técnicas generales de las celdas de media tensión CGMCOSMOS.

También se incluye en la sala de alojamiento de las celdas un armario modular en el que se alojan los equipos de medida de potencia activa y reactiva, para cada uno de los transformadores, siendo éstos dos contadores electrónicos.

➤ **Número y tipo de celdas utilizadas:**

<b>Tipo de celda:</b>	<b>12 kV</b>	<b>24 kV</b>	<b>Descripción:</b>
<b>cgmcosmos-l</b>	1	1	Celda de línea de conexión.
<b>cgmcosmos-p</b>	1	1	Celdas de protección de transformador para el lado primario del transformador de servicios auxiliares (20 kV) y secundario del transformador principal (6 kV).
<b>cgmcosmos-m</b>	1	1	Celdas de medida para el lado primario del transformador de servicios auxiliares (20 kV) y secundario del transformador principal (6 kV).
<b>cgmcosmos-v</b>	1	-	Celda de protección general con interruptor automático realizando la función de interruptor de máquina del generador.
<b>cgmcosmos-rc</b>	1	-	Celda de remonte de conductores.

**Tabla 1.38** - Recuento de celdas requeridas de media tensión CGMCOSMOS.

➤ **Celda de línea – cgmcosmos-l:**

**CGMCOSMOS-L**

<b>• Características eléctricas:</b>				
Tensión asignada	U <sub>d</sub>	kV	12	24
<b>• Interruptor-seccionador:</b>				
Endurancia mecánica	100-M1 (manual) 5000-M2 (motorizado)			
Ciclos de maniobras (cierres en cc) - clase	5-E3			
<b>• Seccionador de puesta a tierra:</b>				
Corriente admisible asignada de corta duración				
- Valor de t <sub>k</sub> = 1-3 s	I <sub>k</sub>	kA	16/20/25	
- Valor de pico	I <sub>p</sub>	kA	40/52/62,5	
Poder de cierre del seccionador	I <sub>ma</sub>	kA	40/52/62,5	
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0			
Ciclos de maniobras (cierres en cc) – clase	5-E2			
<b>• Características constructivas:</b>				
Altura de la celda	1740 mm			
Mecanismos de maniobra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alarma acústica</li> <li>- Mecanismo manual tipo B</li> <li>- Palancas de accionamiento</li> <li>- Indicador capacitivo de presencia de tensión</li> <li>- Manómetro</li> </ul>			

**Tabla 1.39** - Celda de MT cgmcosmos-l.

➤ **Celda de protección con fusibles – cgmcosmos-p:**

**CGMCOSMOS-P**

<b>• Características eléctricas:</b>				
Tensión asignada	U <sub>d</sub>	kV	12	24
<b>• Interruptor-seccionador:</b>				
Endurancia mecánica	100-M1/2000/5000-M2			
Ciclos de maniobras (cierres en cc) - clase	5-E3			
<b>• Seccionador de puesta a tierra:</b>				
Corriente admisible asignada de corta duración				
- Valor de t <sub>k</sub> = (x) s	I <sub>k</sub>	kA	1 (1/3 s) 3 (1 s)	
- Valor de pico	I <sub>p</sub>	kA	2,5/7,5	
Poder de cierre del seccionador	I <sub>ma</sub>	kA	2,5/7,5	
Endurancia mecánica (manual)	1000-M0			
Ciclos de maniobras (cierres en cc) – clase	5-E2			
<b>• Características constructivas:</b>				
Altura de la celda	1740 mm			
Disparo del fusible	Mediante fusibles combinados			
Bases portafusibles	24 kV			
Mecanismos de maniobra	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bobina de disparo</li> <li>- Mecanismo manual tipo BR</li> <li>- Palancas de accionamiento</li> <li>- Indicador capacitivo de presencia de tensión</li> </ul>			

**Tabla 1.40** - Celda de MT cgmcosmos-p.

➤ **Celda de protección con interruptor automático– cgmcosmos-v:**

**CGMCOSMOS-V**

<b>• Características eléctricas:</b>				
Tensión asignada	U <sub>d</sub>	kV	12	24
<b>• Interruptor automático:</b>				
Poder asignado de corte y de cierre				
- Poder de corte asignado de corriente	I <sub>1</sub>	A	400/630	
- Poder de corte en cortocircuito	I <sub>sc</sub>	kA	16/20/25	
- Poder de cierre del interruptor principal	I <sub>ma</sub>	kA	40/52/62,5	
Endurancia mecánica	2000-M1			
Endurancia eléctrica (clase)	E2-C1			
<b>• Seccionador de puesta a tierra:</b>				
Corriente admisible asignada de corta duración				
- Valor de t <sub>k</sub> = (x) s	I <sub>k</sub>	kA	16/20 (1/3 s) 25 (1 s)	
- Valor de pico	I <sub>p</sub>	kA	40/52/62,5	
Poder de cierre del seccionador	I <sub>ma</sub>	kA	40/52/62,5	
Endurancia mecánica	1000-M0			
Ciclos de maniobras (cierres en cc) – clase	5-E2			
<b>• Características constructivas:</b>				
Altura de la celda	1740 mm			
Mecanismos de maniobra:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bobina biestable</li> <li>- Mecanismo manual tipo AV3</li> <li>- Palancas de accionamiento</li> <li>- Indicador capacitivo de presencia de tensión</li> <li>- Unidad de protección</li> </ul>			

**Tabla 1.41** - Celda de MT cgmcosmos-v.

➤ **Celda de medida – cgmcosmos-m:**

**CGMCOSMOS-M**

<b>• Características eléctricas:</b>				
Tensión asignada	U <sub>d</sub>	kV	12	24
<b>• Características constructivas:</b>				
Altura de la celda	1740 mm			
Contenidos de la celda:				
- Número de transformadores de intensidad (TI)	3			
- Número de transformadores de tensión (TT)	3			

**Tabla 1.42** - Celda de MT cgmcosmos-m.

➤ **Celda de remonte de conductores – cgmcosmos-rc:**

**CGMCOSMOS-RC**

<b>• Características eléctricas:</b>				
Tensión asignada	U <sub>d</sub>	kV	12	24
<b>• Características constructivas:</b>				
Altura de la celda	1740 mm			

**Tabla 1.43** - Celda de MT cgmcosmos-rc.

**1.6.2.4.2. Protecciones eléctricas a la intemperie con nivel de 20 kV**

Las protecciones necesarias en la parte intemperie de la subestación, son aquellas que protegen la misma desde la acometida a la subestación hasta las barras simples de media tensión, y desde las barras simples hasta el transformador principal de la subestación.

Las protecciones necesarias son las siguientes:

Protección	Nº	Ubicación
Seccionadores de línea	3	Acometida de la línea eléctrica aérea
Seccionadores de barras	6	Antes y después del embarrado de 20 kV
Interruptor tripolar	2	Junto a cada seccionador de barras
Transformadores de tensión (TT)	3	Entre el interruptor tripolar principal y los seccionadores de línea
Transformadores de intensidad (TI)	6	Junto al grupo de transformadores de tensión y junto al interruptor tripolar secundario

**Tabla 1.44** - Listado de protecciones a la intemperie necesarias en el lado de 20 kV.

Estas protecciones tienen el objetivo de proteger la subestación y el lado primario del transformador principal.

➤ **Seccionadores de línea y de barras**

Los seccionadores utilizados como seccionadores de línea y seccionadores de barras son de tipo exterior de columnas giratorias. Se trata de seccionadores unipolares de apertura lateral gracias a dos columnas giratorias. Se instala un seccionador para cada una de las fases de los conductores unipolares de la subestación. Éstos son del fabricante ELECTROTAZ y tienen las siguientes características:

**ELECTROTAZ**

**Seccionador unipolar de columnas giratorias**

	UNE-EN 62271-102:2005. Aparata de alta tensión. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna. UNE-EN 62271-1:2009. Aparata de alta tensión. Especificaciones comunes.		
	Tensión nominal	$U_n$	kV
Intensidad nominal	$I_n$	A	630
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	A tierra y entre polos	kV	125
	A seccionamiento	kV	145
Tensión soportada a frecuencia industrial	A tierra y entre polos	kV	50
	A seccionamiento	kV	60
Intensidad máxima de corta duración	$I_{th}$	kA	20
Intensidad máxima admisible	$I_{din}$	kA	50

**Tabla 1.45** - Seccionador unipolar de columnas giratorias MT.



➤ **Interruptor tripolar**

Los interruptores tripolares a instalar, son interruptores-seccionadores con capacidad de corte en carga válidos para maniobras en línea, del fabricante ELECTROTAZ. Tienen apertura lateral, aislamiento interno de hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub> y disponen de una cámara cerrada destinada a la ruptura del arco eléctrico, con aplicación especial de protección de transformadores

**ELECTROTAZ**

**Interruptor-seccionador automático tripolar**

	UNE-EN 62271-103:2012. Aparata de alta tensión. Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.		
	Tensión nominal	$U_n$	kV
Intensidad nominal	$I_n$	A	630
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	A tierra y entre polos	kV	125
	A seccionamiento	kV	145
Tensión soportada a frecuencia industrial	A tierra y entre polos	kV	50
	A seccionamiento	kV	60
Intensidad máxima de corta duración	$I_{th}$	kA	20
Intensidad máxima admisible	$I_{din}$	kA	50

**Tabla 1.46** - Interruptor-seccionador tripolar de corte en carga.

➤ **Transformadores de tensión (TT)**

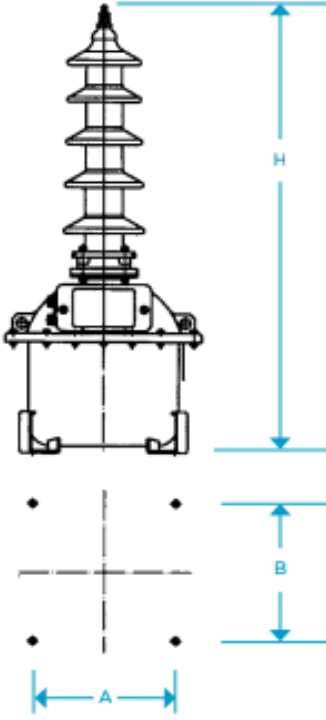
Los transformadores de tensión tienen una doble función, de medida y de protección de la instalación. Puesto que los transformadores escogidos son unipolares, se requiere la instalación de uno para cada una de las fases activas presentes en la instalación trifásica.

Los transformadores utilizados son transformadores de tensión inductivos de la casa ARTECHE, con aislamiento interior de papel-aceite, papel impregnado en aceite, aislamiento

externo de porcelana y cuba metálica en la que se engloban el núcleo y los arrollamientos del transformador.

**ARTECHE**

**Transformador de tensión inductivo [TT]**

	Modelo: <b>UZK-24</b>  Aislamiento: papel-aceite	
Tensión máxima de servicio	kV	24
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	kV	50
Tensión de ensayo por impulso	kV	125
Línea de fuga estándar	mm	790
Potencia térmica	VA	1500
Dimensiones:		
A	mm	300
B	mm	300
H	mm	970
Peso	kg	85

**Tabla 1.47** - Transformador de tensión inductivo unipolar con aislamiento de papel-aceite.

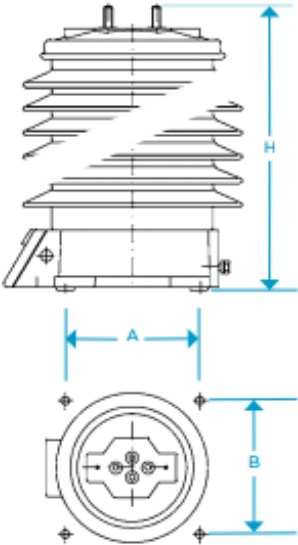
➤ **Transformadores de intensidad (TI)**

Los transformadores de intensidad tienen una doble función, de medida y de protección de la instalación. Puesto que los transformadores escogidos son unipolares, se requiere la instalación de un transformador para cada fase activa de la instalación trifásica.

Los transformadores utilizados son de la casa ARTECHE, con aislamiento interno seco de resina cicloasfáltica y aislamiento externo de porcelana.

**ARTECHE**

**Transformador de intensidad [TI]**

		Modelo: <b>CRB-24</b>	
		Aislamiento: Resina cicloasfáltica	
Tensión máxima de servicio	kV	24	
Tensión de ensayo a frecuencia industrial	kV	50	
Tensión de ensayo por impulso	kV	125	
Línea de fuga estándar	mm	590	
Dimensiones:			
A	mm	219	
B	mm	254	
H	mm	371	
Peso	kg	24	

**Tabla 1.48** - Transformador de intensidad unipolar con aislamiento seco.

### 1.6.2.4.3. Protecciones eléctricas con nivel de 400 V

Para proteger la instalación contra sobrecargas en el lado secundario del transformador de servicios auxiliares, es decir, el lado de baja tensión de alimentación hacia la instalación de servicios auxiliares se instala un interruptor tetrapolar con tres polos protegidos, provisto de un relé de imagen térmica que sigue fielmente la curva de calentamiento dada por el transformador, protegiendo el transformador y evitando que se alcance una temperatura peligrosa y se produzca un cortocircuito en el lado de baja tensión. Este interruptor estará situado a continuación del transformador de S.S.A.A y en el interior de una envolvente de material aislante con grado de protección IP33 e IK7, situado en la sala destinada al alojamiento de las celdas de media tensión en el edificio de transformación.

<b>Intensidad asignada térmica:</b>	265 A
<b>Poder de corte:</b>	6400 A

**Tabla 1.49** - Características del interruptor de protección del lado de BT del transformador de S.S.A.A.

Además de este interruptor, el lado de baja tensión del transformador de servicios auxiliares es el inicio de la instalación en baja tensión de servicios auxiliares, la cual está provista de las protecciones adecuadas aguas abajo desde los fusibles de seguridad general de la instalación instalados en la CPM hasta la protección magnetotérmica presente en la alimentación de cada uno de los circuitos de potencia de servicios auxiliares de los que está compuesta la instalación.

### 1.6.2.5. Transformador principal

El objetivo principal del transformador principal de la subestación es elevar el nivel de tensión desde la tensión de generación definida por el generador síncrono hasta la tensión de conexión a red, nivel de tensión en barras de la subestación.

El transformador utilizado es de la casa ORMAZABAL, se trata de un transformador trifásico hermético con cuba de aceite para refrigeración por aceite y con las siguientes características:

**ORMAZABAL**  
**Transformador principal**

<b>Potencia</b>	S	1600 kVA
<b>Tensión del lado primario (MT)</b>	$U_p$	20 kV
<b>Tensión del lado secundario (MT)</b>	$U_s$	6 kV
<b>Grupo de conexión</b>	GC	Dyn11
<b>Pérdidas en vacío</b>	$P_o$	2200 W
<b>Pérdidas en carga</b>	$P_k$	17000 W
<b>Nivel de potencia acústica (ruido)</b>	LwA	71 dB
<b>Tensión de cortocircuito</b>	$U_{cc}$	6 %
<b>Tensión máxima del material</b>	$U_{m\acute{a}x}$	24 kV
<b>Peso</b>	P	3864 kg
<b>Dimensiones:</b>		
<b>Largo</b>	A	1866 mm
<b>Ancho</b>	B	1256 mm
<b>Alto con tapa</b>	C	1661 mm
<b>Volumen total de aceite</b>	$V_{aceite}$	1005 litros

**Tabla 1.50** - Características del transformador principal.

#### 1.6.2.6. Transformador de servicios auxiliares

El objetivo principal del transformador de servicios auxiliares es reducir la tensión de media tensión del embarrado de la subestación a baja tensión, nivel de tensión al que deben ser alimentados los servicios auxiliares de la planta.

El transformador de S.S.A.A se conecta al juego de barras sencillo de la subestación eléctrica y se encuentra ubicado en un edificio denominado “edificio de media tensión”.

El transformador utilizado es de la casa ORMAZABAL, se trata de un transformador trifásico hermético con cuba de aceite para refrigeración por aceite y con las siguientes características:

**ORMAZABAL**  
**Transformador de S.S.A.A**

<b>Potencia</b>	S	160 kVA
<b>Tensión del lado primario (MT)</b>	$U_p$	20 kV
<b>Tensión del lado secundario (BT)</b>	$U_s$	400 V
<b>Grupo de conexión</b>	GC	Dyn11
<b>Pérdidas en vacío</b>	$P_o$	210 W
<b>Pérdidas en carga</b>	$P_k$	2350 W
<b>Nivel de potencia acústica (ruido)</b>	LwA	44 dB
<b>Tensión de cortocircuito</b>	$U_{cc}$	4 %
<b>Tensión máxima del material</b>	$U_{m\acute{a}x}$	24 kV
<b>Peso</b>	P	1050 kg
<b>Dimensiones:</b>		
<b>Largo</b>	A	1226 mm
<b>Ancho</b>	B	786 mm
<b>Alto con tapa</b>	C	1011 mm
<b>Volumen total de aceite</b>	$V_{aceite}$	230 litros

Tabla 1.51 - Características del transformador de S.S.A.A.

**1.6.2.7. Intensidades nominales**

Para realizar el cálculo de las intensidades nominales en cada uno de los niveles de tensión presentes en la subestación transformadora se realiza el cálculo de intensidades nominales a ambos lados de cada uno de los transformadores.

La intensidad nominal a cada lado de tensión del transformador se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Donde:

- S es la potencia del transformador [kVA]
- $I_n$  es la intensidad nominal correspondiente al lado de cálculo [A]
- $U_n$  es la tensión nominal correspondiente al lado de cálculo [kV]

### 1.6.2.8. Intensidades de cortocircuito

Para realizar el cálculo de las intensidades de cortocircuito en cada uno de los niveles de tensión presentes en la subestación transformadora se realiza el cálculo de intensidades de cortocircuito a ambos lados de cada uno de los transformadores.

La intensidad de cortocircuito máxima producida a cada lado de tensión de los transformadores depende del valor de la potencia de cortocircuito de la acometida a la subestación, que coincide con el valor de la potencia de cortocircuito de la red de distribución de energía eléctrica. Esta potencia de cortocircuito es un dato proporcionado por la compañía distribuidora Unión Fenosa Distribución.

$$S_{cc} = 350 \text{ MVA}$$

- Intensidad de cortocircuito del primario →  $I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$
- Intensidad de cortocircuito del secundario →  $I_{ccs} = I_s \cdot \frac{100}{U_{cc}}$

Donde:

$I_{cc}$	es la intensidad de cortocircuito	[A]
$S_{cc}$	es la potencia de cortocircuito de la red eléctrica	[kVA]
$U_p$	es la tensión nominal del lado primario del transformador	[kV]
$I_s$	es la intensidad nominal del lado secundario del transformador	[A]
$U_{cc}$	es la tensión de cortocircuito del transformador	[%]

### 1.6.2.9. Cables utilizados

El tipo de cable utilizado para los tramos de conductor de media tensión es de la casa PRYSMIAN GROUP. Se trata de cables unipolares de aluminio denominados como cables VOLTALENE H como nombre comercial, normalizados por la compañía distribuidora Gas Natural Fenosa. El cable apantallado con una pantalla individual sobre cada conductor de fase, sin armadura, con conductor utilizado de aluminio de clase 2, aislamiento de polietileno reticulado XLPE y cubierta de poliolefina termoplástica libre de halógenos Z1. Se denomina según la norma UNE-HD 620-10E como cable AL RHZ1.

Puesto que en la subestación transformadora existen dos niveles de media tensión deben utilizarse dos tipos de cable, uno para cada nivel de tensión.

**AL VOLTALENE H**

<b>Características eléctricas:</b>			<b>12/20 kV</b>	<b>3,6/6 kV</b>
Tensión nominal simple	$U_o$	kV	12	3,6
Tensión nominal entre fases	$U$	kV	20	6
Tensión máxima entre fases	$U_{m\acute{a}x}$	kV	24	7,2
Tensión a impulsos	$U_p$	kV	125	60
Temperatura máxima admisible del conductor en servicio permanente	$T_{m\acute{a}x}$	°C	90	90
Temperatura máxima admisible en cortocircuito	$T_{cc}$	°C	250	250

**Tabla 1.52** - Características generales de los cables de media tensión VOLTALENE.

Además del nivel de tensión, existen dos métodos de instalación de cables que pueden ser optados:

- Instalación de cables al aire
- Instalación subterránea de cables de forma enterrada a 1 metros de profundidad en el terreno.

➤ **Tramos de cable a nivel de tensión de 20 kV:**

Existen dos tipos de instalaciones en los tramos de tensión de 20 kV, instalación aérea e instalación subterránea.

Los conductores con instalación aérea son aquellos que realizan su tendido desde la acometida de la subestación hasta las barras de la misma, y desde las barras de la subestación hasta la conexión al lado primario del transformador principal.

Los conductores con instalación subterránea enterrada a 1 metro de profundidad son aquellos que realizan su tendido desde las barras de la subestación hasta la conexión al lado primario del transformador de servicios auxiliares, pasando por la conexión a las celdas de protección y medida del mismo.

Estos tramos utilizan el mismo cable con las mismas características constructivas, con la diferencia en la intensidad máxima admisible del cable, función del método de instalación del mismo.



<b>AL VOLTALENE H 1x150/16 12/20 kV</b>			
Tensión nominal	$U_n$	kV	20
Tensión máxima de servicio	$U_{m\acute{a}x}$	kV	24
Intensidad máxima admisible:			
- Instalación aérea	$I_{m\acute{a}x}$	A	335
- Instalación subterránea			260
Intensidad de cortocircuito máxima admisible	$I_{cc\_m\acute{a}x}$	kA	14,1
Sección del conductor	S	mm <sup>2</sup>	150
Sección de la pantalla	$S_{pantalla}$	mm <sup>2</sup>	16
Longitud del conductor en instalación aérea	L	m	120
Longitud del conductor en instalación enterrada	L	m	50
Resistencia del conductor a 20°C	$R_{20}$	Ω/km	0,206
Resistencia del conductor a T <sup>a</sup> máxima (90°C)	$R_{90}$	Ω/km	0,277
Reactancia inductiva	X	Ω/km	0,117
Capacidad	C	μF/km	0,254
<b>Características constructivas:</b>			
Diámetro del aislamiento		mm	26,1
Espesor del aislamiento		mm	5,5
Diámetro exterior total		mm	34,4
Espesor de la cubierta		mm	2,7
Peso aproximado		kg/km	1260

**Tabla 1.53** - Cable unipolar "AL VOLTALENE H 1x150/16 12/20 kV".

➤ **Tramos de cable a nivel de tensión de 6 kV:**

El tramo de cable que realizan su tendido en la parte de la subestación con tensión de 6 kV utilizan el método de instalación subterráneo enterrado a 1 metro de profundidad. Dicho tramo alberga su recorrido desde el lado secundario del transformador principal de la subestación hasta la conexión con el generador síncrono de la planta.

<b>AL VOLTALENE H 1x95/16 3,6/6 kV</b>			
Tensión nominal	$U_n$	kV	6
Tensión máxima de servicio	$U_{m\acute{a}x}$	kV	7,2
Intensidad máxima admisible:			
- Instalación subterránea	$I_{m\acute{a}x}$	A	205
Intensidad de cortocircuito máxima admisible	$I_{cc\_m\acute{a}x}$	kA	8,93
Sección del conductor	S	mm <sup>2</sup>	95
Sección de la pantalla	$S_{pantalla}$	mm <sup>2</sup>	16
Longitud del conductor	L	m	60
Resistencia del conductor a 20°C	$R_{20}$	Ω/km	0,320
Resistencia del conductor a T <sup>a</sup> máxima (90°C)	$R_{90}$	Ω/km	0,430
Reactancia inductiva	X	Ω/km	0,125
Capacidad	C	μF/km	0,217
<b>Características constructivas:</b>			
Diámetro del aislamiento		mm	23,3
Espesor del aislamiento		mm	5,5
Diámetro exterior total		mm	31,7
Espesor de la cubierta		mm	2,5
Peso aproximado		kg/km	1020

**Tabla 1.54** - Cable unipolar "AL VOLTALENE H 1x95/16 3,6/6 kV".

#### 1.6.2.10. Descripción de la red general de tierra de la subestación

La red general de tierra de la subestación transformadora es única para toda la subestación y se encuentra situada enterrada en el terreno cubriendo toda la superficie de la subestación, con el objetivo de facilitar la puesta a tierra de los elementos que lo requieren para garantizar la seguridad de las personas y fiabilidad del proceso de transformación y protección realizado en la subestación.

Existen dos puestas a tierra en la subestación, que conectan de forma directa con la red de tierra general, en función de lo establecido en la instrucción técnica ITC-RAT 13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, que son las siguientes:

- Puesta a tierra de protección → aquella puesta a tierra de unión de las masas metálicas de la subestación tales como las carcasas de los transformadores, de las

celdas de media tensión, la estructura metálica de los pórticos que soportan la subestación, las puertas metálicas y el vallado de cierre perimetral de la subestación.

- Puesta a tierra de servicio → aquella puesta a tierra de los neutros de los transformadores y de los neutros de los dispositivos de protección.

Estas dos puestas a tierra se unifican y se unen en la red de tierra general interconectadas entre sí.

La red general de tierra tiene una superficie de 1400 m<sup>2</sup> y se encuentra situada bajo la subestación, de manera que ésta abarque la subestación con un aumento de dimensiones de 5 metros por cada lado de la superficie ocupada por la subestación. La red de tierra está formada por un anillo de cobre desnudo enterrado en el terreno a una profundidad de 50 cm con un mallado en su interior de conductor de cobre desnudo formando celdas cuadradas. Se instala una pica o electrodo de puesta a tierra de acero-cobre en cada uno de los cuatro vértices del anillo de puesta a tierra enterradas en el terreno de manera que la parte superior de las picas se encuentre a una profundidad de 50 cm. El anillo mallado de cobre es recubierto por una capa superficial de 10 cm de hormigón con el objetivo de aumentar la resistividad del suelo y disminuir las tensiones e intensidades de puesta a tierra. Las conexiones de los equipos y elementos a poner a tierra con el mallado de puesta a tierra se realizan a través de latiguillos formados por conductor de cobre desnudo, de las mismas características que el conductor que forma la red de tierra, atravesando la capa superficial o cimentación si la hubiera en el interior de un tubo de PVC. Las uniones pica-anillo se realizan mediante conductor de compresión.

A continuación, se adjunta una tabla resumen de las distintas partes de la red de puesta a tierra de la subestación, junto con las características técnicas de cada parte:

RED GENERAL DE TIERRA DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA		
<b>Anillo</b>	Material:	Conductor de cobre desnudo
	Sección:	50 mm <sup>2</sup>
	Dimensiones (m x m):	40 x 35
	Profundidad:	50 cm
<b>Mallado</b>	Material:	Conductor de cobre desnudo
	Radio:	4 mm
	Sección:	50 mm <sup>2</sup>
	Profundidad:	50 cm
	Dimensiones de la celda (m x m):	5 x 5
<b>Recubrimiento adicional</b>	Material:	Hormigón
	Ubicación:	Sobre el mallado
	Profundidad:	40 cm
	Espesor:	10 cm
	Resistividad superficial $\rho_s$ :	3000 $\Omega$
<b>Picas</b>	Material:	Acero-cobre
	Diámetro:	14 mm
	Longitud:	2 m
	Profundidad:	50 cm
<b>Conexiones a tierra</b>	Material:	Conductor de cobre desnudo
	Sección:	50 mm <sup>2</sup>
<b>Tubo flexible</b>	Material:	PVC
	Diámetro:	21 mm

Tabla 1.55 - Descripción de la red de tierra de la subestación transformadora de la planta.

### 1.6.3. Línea eléctrica de salida del generador

La línea de salida del generador es trifásica formada por tres cables aislados unipolares de aluminio con aislamiento de polietileno reticulado con instalación subterránea, directamente enterrados a 1 metro de profundidad en el terreno. Se suponen condiciones estándar del terreno, resistividad térmica media de 1,5 Km/W y temperatura ambiente a la profundidad de enterramiento de 20 °C.

El tipo de cable utilizado ya ha sido descrito en el apartado 1.6.2.9. de cables utilizados en la subestación transformadora, puesto que esta línea forma parte de la subestación.

El cable utilizado es:

**AL VOLTALENE H 1x95/16 3,6/6 kV**

Firmado:

Béjar, septiembre de 2017

**ANAÏS CORMORANT BEGUIN**

# CAPÍTULO II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

## 2.1. Cantidad de biomasa necesaria en la planta

### 2.1.1. Caudal másico

Datos de partida:

$$P = 1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW} = 36 \cdot 10^5 \text{ kJ/h}$$

$$\text{PCI} = 15050,52 \text{ kJ/kg}$$

Caudal másico ideal:

$$q_m = \frac{36 \cdot 10^5 \text{ kJ/h}}{15050,52 \text{ kJ/kg}} = 239,2 \text{ kg/h} = 0,239 \text{ t/h}$$

Para un proceso de producción ideal, se requerirían 0,239 toneladas de biomasa por hora para generar una potencia eléctrica de 1 MW. El proceso se denomina ideal cuando el rendimiento del mismo es el 100%.

Puesto que el rendimiento o eficiencia global de la planta de combustión de biomasa para generación eléctrica se estima del 25%, el caudal másico real necesario es:

$$q_{m\text{real}} = q_m \cdot \frac{\eta_{\text{ideal}}}{\eta_{\text{real}}} = 0,239 \text{ t/h} \cdot \frac{100}{25} = 0,956 \text{ t/h}$$

Para el proceso real de funcionamiento de la planta, para generar una potencia de 1 MW, se requieren 0,956 toneladas de biomasa por cada hora.

### 2.1.2. Cantidad de biomasa anual

El tiempo de funcionamiento, en horas, de la planta está condicionado por dos tipos de actividades:

- Horas de funcionamiento normal de la planta Hu = 8000 h
- Horas destinadas a mantenimiento y paradas de la planta Hp = 760 h

La cantidad total de biomasa necesaria, en unidades de masa, se obtiene aplicando la siguiente expresión:

$$m_{\text{biomasa}} = q_{m\text{real}} \cdot H_u$$

Donde:

$m_{\text{biomasa}}$	es la cantidad total de biomasa requerida	[t]
$q_{m\text{real}}$	es el caudal másico real de la planta	[t/h]
$H_u$	es el número de horas de funcionamiento de la planta	[h]

$$m_{\text{biomasa}} = 0,956 \text{ t/h} \cdot 8000 \text{ h} = 7648 \text{ t}$$

La cantidad de biomasa anual necesaria para el funcionamiento normal de la planta, es de:

**7648 toneladas de biomasa**

## 2.2. Ciclo de Rankine

Para el cálculo del ciclo de Rankine se calculan los parámetros característicos de presión, temperatura, entalpía y entropía de cada uno de los puntos que intervienen en el ciclo, así como la clasificación del estado del agua-vapor en cada punto.

Para obtener los valores de los parámetros característicos, se utilizan las tablas de saturación del agua.

➤ **Punto 2:**

El punto 2 se sitúa en el punto de salida de la caldera y entrada a la turbina. Los valores de presión y temperatura de partida se toman de los parámetros característicos de la salida de vapor de la caldera de combustión.

<b>PUNTO 2</b>	
Estado:	Vapor sobrecalentado $T_2 > T_{sat_2}$
$P_2$	45 bar
$T_2$	450°C
$T_{sat_2}$	257,5°C
$h_2$	3322,96 kJ/kg
$S_2$	6,88 kJ/kg K

**Tabla 2.1** - Cálculo del ciclo de Rankine (punto 2).

Puesto que la temperatura de salida de la caldera es superior a la temperatura de saturación del agua-vapor, el estado del vapor, en este caso, es vapor sobrecalentado.

➤ **Punto 3:**

El punto 3 se sitúa en el punto de salida de la turbina y entrada al condensador. El proceso termodinámico entre los puntos 2 y 3 es un proceso isoentrópico, por lo que la entropía permanece constante. El condensador trabaja a una presión de 0,1 bar.



<b>PUNTO 3</b>	
Estado:	Líquido-vapor $S_3 < S_g$
$P_3$	0,1 bar
$T_3$	45,81°C ( $T^a$ de condensación)
$h_3$	2180,35 kJ/kg
$S_3=S_2$	6,88 kJ/kg K
<b>Parámetros obtenidos de tablas:</b>	
$v_f$	$1,0102 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$
$h_f$	191,83 kJ/kg
$h_g$	2584,7 kJ/kg
$S_f$	0,6493 kJ/kg K
$S_g$	8,1502 kJ/kg K

**Tabla 2.2** - Cálculo del ciclo de Rankine (punto 3).

Puesto que nos encontramos en estado líquido-vapor, no podemos obtener el valor de la entalpía de forma tabulada, sino que se deben aplicar las siguientes fórmulas:

$$X = \frac{S_3 - S_f}{S_{fg}}$$

$$h_3 = h_f + X \cdot h_{fg}$$

Donde:

X	es la calidad de la mezcla líquido-vapor	
S	es la entropía correspondiente al punto de estudio	[kJ/kg K]
$S_f$	es la entropía correspondiente al estado "líquido saturado"	[kJ/kg K]
$S_{fg}$	es la diferencia de entropía entre líquido y vapor saturado	[kJ/kg K]
h	es la entalpía correspondiente al punto de estudio	[kJ/kg]
$h_f$	es la entalpía correspondiente al estado "líquido saturado"	[kJ/kg]
$h_{fg}$	es la diferencia de entalpía entre líquido y vapor saturado	[kJ/kg]

$$X = \frac{6,88 - 0,6493}{8,1502 - 0,6493} = 0,831$$

$$h_3 = 191,83 + 0,831 \cdot (2584,7 - 191,83) = 2180,35 \text{ kJ/kg}$$

➤ **Punto 4:**

El punto 4 se sitúa en el punto de salida del condensador y entrada a la bomba. El proceso termodinámico entre los puntos 3 y 4 es un proceso isobárico, por lo que la presión permanece constante, así como la temperatura. El condensador trabaja a una presión de 0,1 bar.

<b>PUNTO 4</b>	
Estado:	Líquido saturado
$P_4=P_3$	0,1 bar
$T_4=T_3$	45,81°C
$h_4=h_f$	191,83 kJ/kg
$S_4=S_f$	0,6493 kJ/kg K

**Tabla 2.3** - Cálculo del ciclo de Rankine (punto 4).

➤ **Punto 1':**

El punto 1' se sitúa en el punto de salida de la bomba y entrada al economizador. El proceso termodinámico entre los puntos 4 y 1' es un proceso isoentrópico, por lo que la entropía permanece constante.

<b>PUNTO 1'</b>	
Estado:	Líquido subenfriado
$P_{1'}=P_2$	45 bar
$h_{1'}$	196,37 kJ/kg
$S_{1'}=S_4$	0,6493 kJ/kg K

**Tabla 2.4** - Cálculo del ciclo de Rankine (punto 1').

Para obtener el valor de la entalpía, se realiza la suma entre la entalpía del punto anterior y el trabajo realizado por la bomba para aumentar la presión entre ambos puntos.

$$h_{1'} = W_B + h_4 = v_{f4} \cdot (P_{1'} - P_4) \cdot 100 + h_4$$

Donde:

- h es la entalpía correspondiente al punto indicado [kJ/kg]
- P es la presión correspondiente al punto indicado [bar]
- $v_f$  es el volumen específico del líquido saturado [m<sup>3</sup>/kg]

$$h_{1'} = 1,0102 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 0,1) \cdot 100 + 191,83 = 196,37 \text{ kJ/kg}$$

➤ **Punto 1:**

El punto 1 se sitúa en el punto de salida del economizador y entrada la caldera. El proceso termodinámico entre los puntos 1' y 1 se realiza con un aumento de temperatura.

<b>PUNTO 1</b>	
Estado:	Líquido saturado
$P_{1'}=P_2$	45 bar
$T_1=T_{sat1}$	257,5°C
$h_1=h_f$	1121,9 kJ/kg
$S_1=S_f$	2,8610 kJ/kg K

**Tabla 2.5** - Cálculo del ciclo de Rankine (punto 1).

➤ **Punto 2':**

El punto 2' se sitúa en el interior de la caldera. El proceso termodinámico entre los puntos 1 y 2' se realiza de forma que la temperatura y la presión sean constantes.

<b>PUNTO 2'</b>	
Estado:	Vapor saturado
$P_{2'}=P_2$	45 bar
$T_{2'}=T_{sat1}$	257,5°C
$h_{2'}=h_g$	2798,3 kJ/kg
$S_{2'}=S_g$	6,0199 kJ/kg K

**Tabla 2.6** - Cálculo del ciclo de Rankine (punto 2').

El proceso siguiente que cierra el ciclo, entre los puntos 2' y 2 es un proceso de aumento de temperatura de forma exponencial hasta alcanzar la temperatura de salida del vapor de la caldera, en el punto 2.

### 2.3. Instalación eléctrica de servicios auxiliares

#### 2.3.1. Circuitos de alumbrado

➤ **Método de cálculo**

La potencia asignada en la previsión de cargas de los circuitos de alumbrado ordinario ha sido obtenida mediante la comprobación de los niveles de alumbrado necesarios en cada estancia. Para ello, se ha utilizado el programa de cálculo DIALux para la comprobación de

cumplimiento de los niveles mínimos luminotécnicos especificados en la norma UNE 12464-1 de iluminación de los lugares de trabajo en interiores, recogidos en una versión de dicha norma realizada por el fabricante Philips.

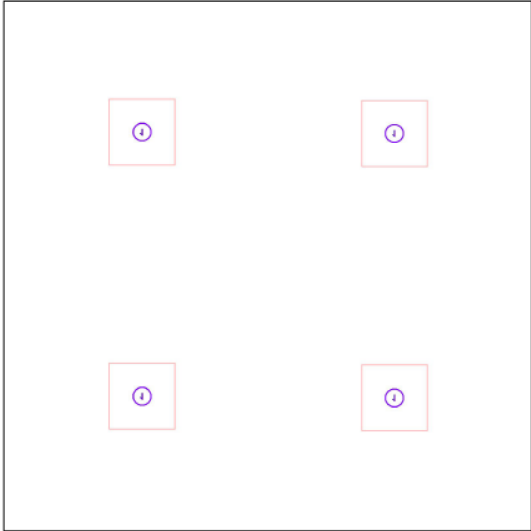
Tipo de zona	Actividad	Em (lux)
Oficina	Archivo, copias, etc.	300
	Escritura, lectura y tratamiento de datos	500
	Dibujo técnico	750
	Puestos de trabajo de CAD	500
	Salas de conferencias y reuniones	500
	Mostrador de recepción	300
	Archivos	200
Zonas comunes	Áreas de circulación y pasillos	100
	Salas de descanso	100
	Vestuarios, salas de lavado, servicios	200
	Cantinas, despensas	200
Actividades industriales y artesanales: Centrales de energía eléctrica	Planta de suministro de combustible	50
	Salas de máquinas	200
	Salas laterales (bombas, condensadores, etc.)	200
	Salas de control	500
	Alojamiento de la caldera	100

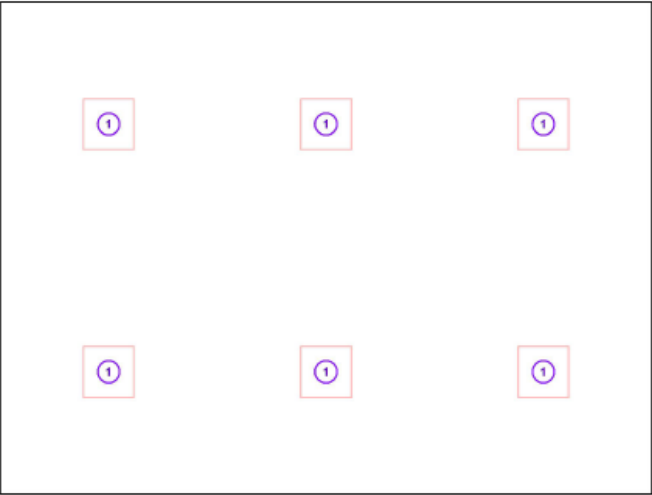
**Tabla 2.7** - Niveles mínimos de intensidad lumínica media en función de la actividad a realizar.

**Fuente:** Extracto de la versión de Philips de la norma UNE 12464-1. Iluminación de los lugares de trabajo en interiores.

Con el objetivo de cumplir con estos niveles mínimos de intensidad lumínica media, se realiza el estudio lumínico de cada estancia, para obtener el número, tipo y disposición de luminarias para conseguir el objetivo marcado.

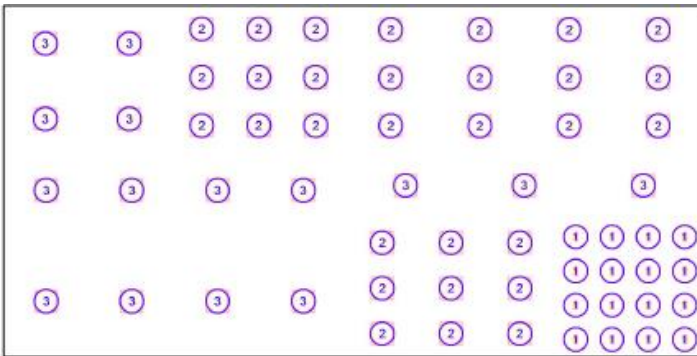
➤ **Estudio lumínico**

EDIFICIO DE CONTROL	
<p><b>Disposición de luminarias:</b></p> 	<p><b>Tipo de luminaria:</b></p> <p>PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO</p> <p><b>Potencia total:</b></p> <p>4 x 93 W = 372 W</p> <p><b>Em (lux):</b></p> <p>415</p> <p><b>Clasificación de la sala:</b></p> <p>Mostrador de recepción (oficina)</p> <p><b>Resultado:</b></p> <p>415 &gt; 300 CUMPLE</p>

EDIFICIO DE BÁSCULA	
<p><b>Disposición de luminarias:</b></p> 	<p><b>Tipo de luminaria:</b></p> <p>PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO</p> <p><b>Potencia total:</b></p> <p>6 x 93 W = 558 W</p> <p><b>Em (lux):</b></p> <p>356</p> <p><b>Clasificación de la sala:</b></p> <p>Mostrador de recepción (oficina)</p> <p><b>Resultado:</b></p> <p>356 &gt; 300 CUMPLE</p>

**EDIFICIO DE OFICINA**

**Disposición de luminarias:**



- 1 - PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
- 2 - PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
- 3 - PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO

**ESTANCIA Nº1**

Despacho 1



**Tipo de luminaria:**

PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2

**Potencia total:**

$9 \times 52,5 \text{ W} = 472,5 \text{ W}$

**Em (lux):**

723

**Clasificación de la sala:**

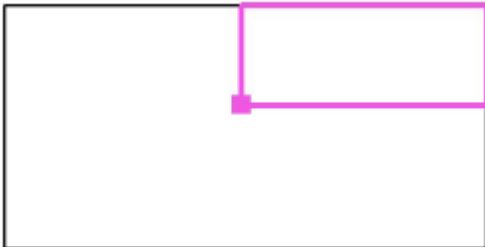
Escritura, lectura y tratamiento de datos (oficina)

**Resultado:**

723 > 500 CUMPLE

**ESTANCIA Nº2**

Sala de reuniones y conferencias



**Tipo de luminaria:**

PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2

**Potencia total:**

$12 \times 52,5 \text{ W} = 630 \text{ W}$

**Em (lux):**

529

**Clasificación de la sala:**

Sala de conferencias y reuniones

**Resultado:**

529 > 500 CUMPLE

**ESTANCIA Nº3**

Despacho 2



**Tipo de luminaria:**

PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2

**Potencia total:**

$9 \times 52,5 \text{ W} = 472,5 \text{ W}$

**Em (lux):**


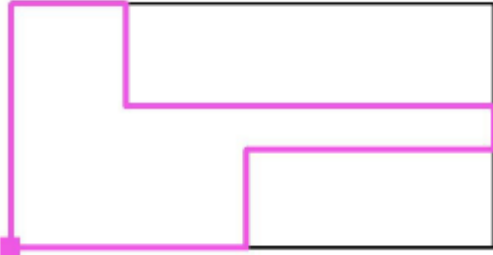
651

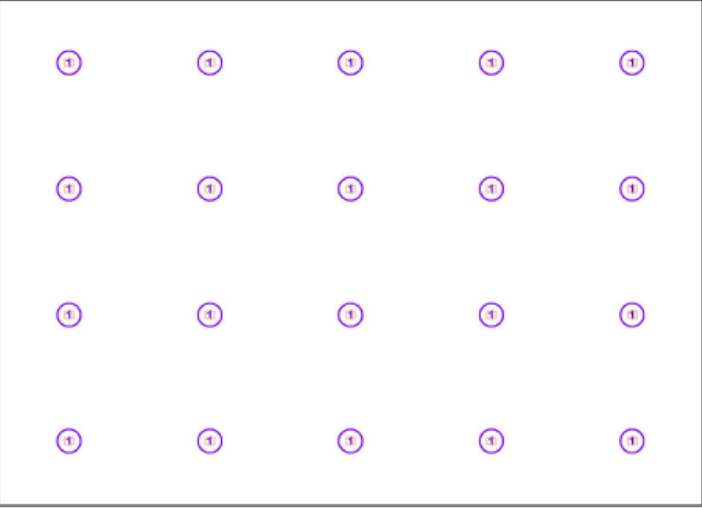
**Clasificación de la sala:**

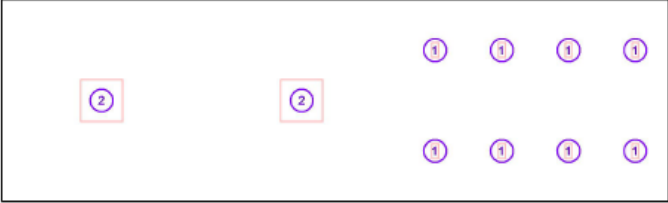


Escritura, lectura y tratamiento de datos (oficina)

**Resultado:**


651 > 500 CUMPLE

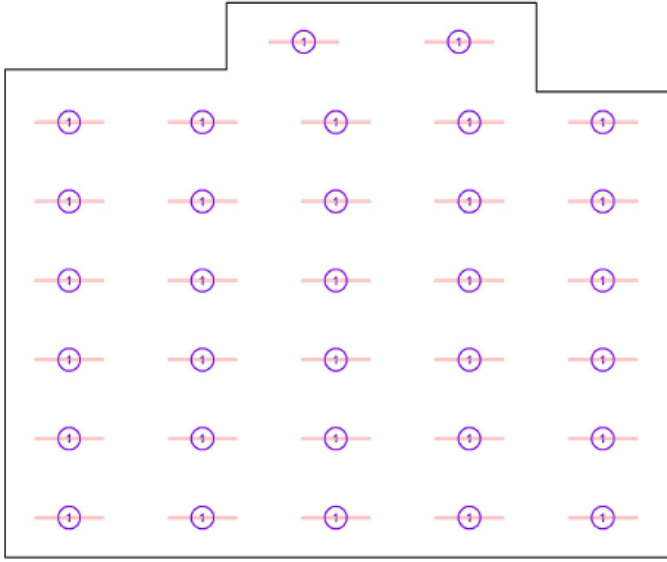
<b>ESTANCIA N°4</b>	
Aseos	<b>Tipo de luminaria:</b>
	PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
	<b>Potencia total:</b>
	16 X 33 W = 528 W
	<b>Em (lux):</b>
	306
	<b>Clasificación de la sala:</b>
	Vestuarios, salas de lavado, servicios (zonas comunes)
<b>Resultado:</b>	
306 > 200 CUMPLE	
<b>ESTANCIA N°5</b>	
Recepción y pasillo	<b>Tipo de luminaria:</b>
	PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO
	<b>Potencia total:</b>
	15 X 93 W = 1395 W = 1,395 kW
	<b>Em (lux):</b>
	455
	<b>Clasificación de la sala:</b>
	Mostrador de recepción (oficina)
<b>Resultado:</b>	
455 > 300 CUMPLE	

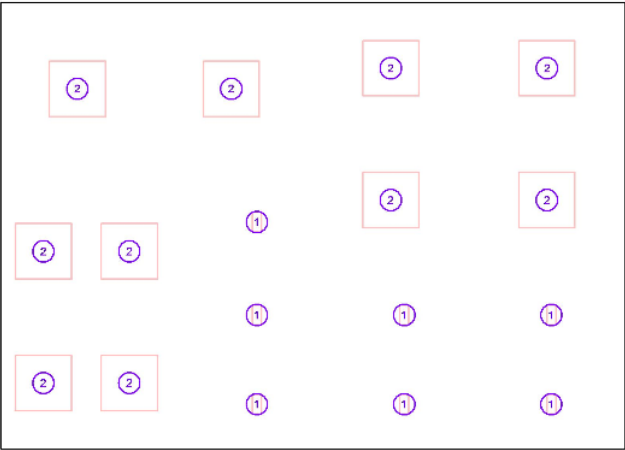

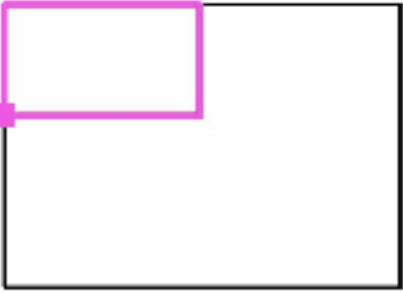
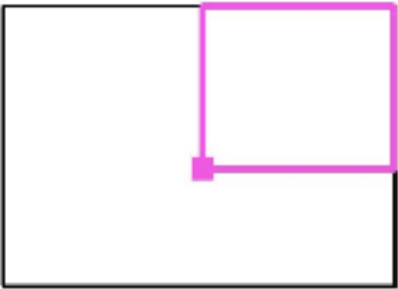
NAVE DE ALMACENAMIENTO	
<b>Disposición de luminarias:</b> 	<b>Tipo de luminaria:</b>
	PHILIPS BY470P 1 xECO170S/840 HRO GC
	<b>Potencia total:</b>
	20 x 120 W = 2400 W = 2,4 kW
	<b>Em (lux):</b>
	333
	<b>Clasificación de la sala:</b>
	Salas de máquinas (centrales de energía eléctrica)
	<b>Resultado:</b>
	333 > 200 CUMPLE

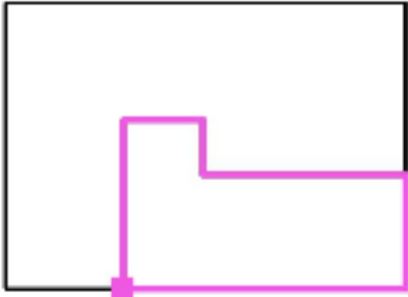
NAVE DE GENERACIÓN (sala común y aseos)	
<b>Disposición de luminarias:</b>	
	1 - PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W 2 - PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
<b>ESTANCIA N°1</b>	<b>Tipo de luminaria:</b>
Aseos	PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
	<b>Potencia total:</b>
	8 x 33 W = 264 W
	<b>Em (lux):</b>
	209
	<b>Clasificación de la sala:</b>
Vestuarios, salas de lavado, servicios (zonas comunes)	<b>Resultado:</b>
	209 > 200 CUMPLE
<b>ESTANCIA N°2</b>	<b>Tipo de luminaria:</b>
Sala común	PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
	<b>Potencia total:</b>
	2 x 52,5 W = 105 W
	<b>Em (lux):</b>
	210
	<b>Clasificación de la sala:</b>
Cantinas, despensas (zonas comunes)	<b>Resultado:</b>
	210 > 200 CUMPLE



NAVE DE GENERACIÓN (sala de control)	
<b>Disposición de luminarias:</b> 	
	<b>Tipo de luminaria:</b> PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MLO
	<b>Potencia total:</b> $6 \times 93 \text{ W} = 558 \text{ W}$
	<b>Em (lux):</b> 511
	<b>Clasificación de la sala:</b> Salas de control (centrales de energía eléctrica)
	<b>Resultado:</b> $511 > 500$ CUMPLE

NAVE DE GENERACIÓN (zona de maquinaria y generación eléctrica)	
<b>Disposición de luminarias:</b> 	
	<b>Tipo de luminaria:</b> PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR +GTX260 58W L1
	<b>Potencia total:</b> $32 \times 110 \text{ W} = 3520 \text{ W} = 3,52 \text{ kW}$
	<b>Em (lux):</b> 245
	<b>Clasificación de la sala:</b> Salas de máquinas y alojamiento de la caldera (centrales de energía eléctrica)
	<b>Resultado:</b> $245 > 200$ CUMPLE

EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN	
<b>Disposición de luminarias:</b> 	
1 - PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W 2 - PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2	
<b>ESTANCIA Nº1</b> Sala de control	<b>Tipo de luminaria:</b> PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
	<b>Potencia total:</b> 4 x 52,5 W = 210 W
	<b>Em (lux):</b> 800
	<b>Clasificación de la sala:</b> Salas de control (centrales de energía eléctrica)
	<b>Resultado:</b> 800 > 500 CUMPLE
<b>ESTANCIA Nº2</b> Sala del transformador de S.S.A.A	<b>Tipo de luminaria:</b> PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
	<b>Potencia total:</b> 2 x 52,5 W = 105 W
	<b>Em (lux):</b> 372
	<b>Clasificación de la sala:</b> Salas de máquinas (centrales de energía eléctrica)
	<b>Resultado:</b> 372 > 200 CUMPLE
<b>ESTANCIA Nº3</b> Sala de celdas de MT	<b>Tipo de luminaria:</b> PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
	<b>Potencia total:</b> 4 x 52,5 W = 210 W
	<b>Em (lux):</b> 576
	<b>Clasificación de la sala:</b> Salas de control (centrales de energía eléctrica)
	<b>Resultado:</b> 576 > 500 CUMPLE

<b>ESTANCIA N°4</b> Hall de entrada al edificio	<b>Tipo de luminaria:</b>
	PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
	<b>Potencia total:</b>
	7 x 33 W = 231 W
	<b>Em (lux):</b>
	213
	<b>Clasificación de la sala:</b>
	Área de circulación y pasillos (zonas comunes)
	<b>Resultado:</b>
213 > 100 CUMPLE	

El resultado de este estudio se utiliza para realizar la previsión de cargas de los circuitos de alumbrado ordinario y el listado de luminarias utilizadas para dichos circuitos.

### 2.3.2. Circuitos de fuerza

#### 2.3.2.1 Climatización

Como sistema de climatización se va a instalar una bomba de calor para proporcionar calefacción y aire acondicionado, en los edificios de control, báscula y oficina.

La potencia calorífica por unidad de superficie necesaria en puestos de trabajo en los que las personas están sentadas se estima como 80 W/m<sup>2</sup>.

$$P_{\text{calorífica}} = 80 \text{ W/m}^2 \cdot S$$

Donde:

- $P_{\text{calorífica}}$  es la potencia de calor necesaria para aclimatar [W]
- $S$  es la superficie construida total a aclimatar [m<sup>2</sup>]

La superficie construida total será la suma de las superficies de los tres edificios a aclimatar:

$$S = S_{\text{sala de control}} + S_{\text{sala de báscula}} + S_{\text{sala de oficina}} = 25 \text{ m}^2 + 48 \text{ m}^2 + 200 \text{ m}^2 = 273 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, la potencia calorífica total necesaria a proporcionar por la bomba de calor será:

$$P_{\text{calorífica}} = 80 \text{ W/m}^2 \cdot 273 \text{ m}^2 = 21840 \text{ W} = 21,84 \text{ kW}$$

Las bombas de calor tienen un coeficiente de operatividad medio de 3,5. El coeficiente de operatividad o COP es el resultado del cociente entre la potencia calorífica y la potencia eléctrica consumida para generar esa potencia calorífica.

$$\text{COP} = \frac{P_{\text{calorífica}}}{P_{\text{eléctrica}}} = 3,5$$

Por lo que, para obtener la potencia nominal de la bomba de calor, se utiliza la siguiente expresión:

$$P_{\text{eléctrica}} = \frac{P_{\text{calorífica}}}{\text{COP}} = \frac{21,84 \text{ kW}}{3,5} = 6,25 \text{ kW}$$

Se escoge una potencia nominal de 7 kW para el sistema de climatización de servicios auxiliares, con un factor de potencia de 0,85 habitual en motores eléctricos.

### 2.3.3. Cálculo de secciones de la instalación de servicios auxiliares

El cálculo de secciones de los conductores pertenecientes a la instalación en baja tensión de servicios auxiliares se realiza mediante tramos de conductor entre distintas partes de la instalación.

El método de cálculo consiste en asignar una sección al conductor de cada tramo de modo que se compruebe dicha sección escogida atendiendo a dos criterios:

- Criterio de intensidad máxima admisible.
- Criterio de caída de tensión máxima.

#### 2.3.3.1. Criterio de intensidad máxima admisible

La sección del conductor debe garantizar que la intensidad del calibre de la protección automática magnetotérmica o fusible en su defecto que protege el conductor, intensidad máxima que podrá pasar por dicho conductor, es inferior a la intensidad máxima admisible por el conductor.

$$I_{\text{protección}} < I_{\text{máx admisible del conductor}}$$

Esta intensidad máxima admisible por el conductor, depende de la sección, del tipo de instalación adoptada para ese conductor, del material del conductor y del aislamiento, y de la configuración adoptada (cable trifásico, monofásico, multiconductor, etc.)

Para obtener esta intensidad máxima admisible se aplica lo establecido en la norma europea UNE-HD 60364-5-52:2014 "Instalaciones eléctricas de baja tensión. Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones".

➤ **Métodos de instalación de conductores en instalaciones interiores en BT:**

<b>MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE CONDUCTORES</b>	
<b>LETRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
A1	- Conductores unipolares aislados en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes - Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes - Conductores dentro de los marcos de las puertas o de las ventanas
A2	- Cables multiconductores en conductos empotrados en paredes térmicamente aislante
B1	- Conductores aislados en conductos sobre pared de madera o mampostería - Cables unipolares o multipolares en huecos de obra de fábrica - Cables unipolares aislados en conductos dentro de huecos de obra de fábrica - Cables uni o multiconductores en falsos techos o suelos técnicos - Cables unipolares aislados o Cables unipolares en canal protectora suspendida
B2	- Cables multiconductores en conductos sobre una pared de madera o mampostería - Cables multiconductores en conductos empotrados en obra - Cables multiconductores en canal protectora suspendida
C	- Cables unipolares o multipolares sobre paredes de madera o mampostería - Cables multiconductores directamente bajo un techo de madera - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas no perforadas - Cables uni o multiconductores empotrados directamente en paredes
D1	- Cables multiconductores en conductos enterrados
D2	- Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente enterrados
E	- Cables multiconductores al aire libre (distancia a la pared no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable) - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de escalera - Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador
F	- Se aplica a los mismos sistemas que el tipo E con sección del conductor es superior a 25 mm <sup>2</sup> - Cables unipolares en contacto mutuo al aire libre (distancia al muro no inferior al diámetro del cable)
G	Cables unipolares espaciados al aire libre (distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable)

**Tabla 2.8** - Métodos de instalación de conductores en instalaciones interiores.

**Fuente:** Norma UNE-HD 60364-5-52:2014. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.

En esta instalación se adoptan dos métodos de instalación:

- Tipo E: instalación superficial de cables multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- Tipo D1: instalación subterránea de cables multiconductores enterrados bajo tubo.

➤ **Intensidades máximas admisibles por los conductores con instalación superficial:**

INTENSIDADES MÁXIMAS PARA CONDUCTORES DE COBRE CON INSTALACIÓN NO ENTERRADA (A)																		
Método	Número de conductores y tipo de aislamiento																	
A1		3x PVC	2x PVC				3x XLPE		2x XLPE									
A2	3x PVC	2x PVC			3x XLPE		2x XLPE											
B1				3x PVC		2x PVC					3x XLPE				2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC					3x XLPE		2x XLPE							
C						3x PVC				2x PVC			3x XLPE			2x XLPE		
E								3x PVC				2x PVC			3x XLPE		2x XLPE	
F										3x PVC				2x PVC		3x XLPE		2x XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Sección (mm2)	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	-
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	-
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	-	-	-	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
50	-	-	-	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	-	-	-	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	-	-	-	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	-	-	-	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	-	-	-	-	-	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
185	-	-	-	-	-	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	-	-	-	-	-	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

**Tabla 2.9** - Intensidades máximas admisibles de conductores de cobre con instalación superficial.

**Fuente:** Norma UNE-HD 60364-5-52:2014. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.

En esta instalación, los conductores con instalación superficial realizan instalación tipo E, con conductor de cobre y aislamiento de polietileno reticulado XLPE.

- Para tramos de conductor trifásico ➔ la condición de instalación es la condición 10b (columna nº16).

- Para tramos d conductor monofásico → la condición de instalación es la condición 12 (columna nº18).

➤ **Intensidades máximas admisibles por los conductores con instalación subterránea y enterrada bajo tubo. Instalación tipo D1:**

<b>INTENSIDADES MÁXIMAS PARA CONDUCTORES CON INSTALACIÓN ENTERRADA Y ENTUBADA (A)</b>					
<b>Método D1</b>	<b>COBRE</b>			<b>ALUMINIO</b>	
<b>Sección (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>3xXLPE</b>	<b>2xXLPE</b>	<b>Sección (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>3xXLPE</b>	<b>2xXLPE</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1,5	23	27	1,5	-	-
2,5	30	36	2,5	23	27
4	39	46	4	30	36
6	48	58	6	37	44
10	64	77	10	49	58
16	82	100	16	62	77
25	105	130	25	82	98
35	130	155	35	98	120
50	155	183	50	115	139
70	190	225	70	15	170
95	225	265	95	175	205
120	260	305	120	200	230
150	300	340	150	230	265
185	335	385	185	260	295
240	400	440	240	305	30
300	455	500	300	350	385
400	530	570	400	405	445
500	610	660	500	465	510
630	710	735	630	530	575
Condiciones de cálculo:	Resistividad térmica del terreno: 1,5 Km/W				
	Temperatura del terreno: 25°C				
	Profundidad de la instalación: 70 cm				

**Tabla 2.10** - Intensidades máximas admisibles de conductores con instalación subterránea enterrada entubada.

**Fuente:** Norma UNE-HD 60364-5-52:2014. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.

En esta instalación, los tramos de conductor correspondientes al tipo de instalación D1, pueden ser de cobre monofásicos o trifásicos o de aluminio trifásicos. Todos los tramos tienen conductores con aislamiento de polietileno reticulado.

- Para tramos de conductor de cobre → la condición de instalación es la condición 2 para tramos trifásicos y la condición 3 para tramos monofásicos.
- Para tramos de conductor de aluminio → la condición de instalación es la condición 5 para tramos trifásicos.

### 2.3.3.2. Criterio de caída de tensión máxima

La sección del conductor debe garantizar que la caída de tensión desde el origen de la instalación hasta el receptor más alejado de cada circuito sea inferior a la caída de tensión máxima admitida en instalaciones consumidoras en baja tensión.

La caída de tensión máxima  $\Delta U$  está definida en la instrucción técnica ITC-19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La caída de tensión máxima, desde el origen de la instalación siendo éste la salida del transformador de servicios auxiliares, hasta el receptor más alejado de cada circuito de potencia, para establecimiento industriales es:

- $\Delta U = 4,5 \%$  Para receptores pertenecientes a circuitos de alumbrado.
- $\Delta U = 6,5 \%$  Para receptores pertenecientes a los demás circuitos.

La caída de tensión en un tramo de conductor se obtiene con las siguientes expresiones:

- Para tramos de instalación trifásica: 
$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot S}$$
- Para tramos de instalación monofásica: 
$$\Delta U = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot S}$$

Donde:

$\Delta U$	es la caída de tensión	[V]
L	es la longitud del conductor	[m]
I	es la intensidad nominal	[A]
$\cos \varphi$	es el factor de potencia	
S	es la sección del conductor	[mm <sup>2</sup> ]
$\sigma$	es la conductividad eléctrica del conductor	[m/Ωmm <sup>2</sup> ]



La conductividad del conductor depende del material del mismo y está medida a una temperatura de 20°C. La conductividad del cobre es 56 m/Ωmm<sup>2</sup>, mientras que la conductividad del aluminio es 35 m/Ωmm<sup>2</sup>.

Para obtener el valor porcentual de la caída de tensión, valor con el que debemos comparar con la caída de tensión máxima, utilizamos la siguiente expresión:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{V} \cdot 100$$

Donde:

$\Delta U$ (%)	es la caída de tensión porcentual	[%]
$\Delta U$	es la caída de tensión	[V]
V	es la tensión de alimentación del tramo de cálculo	[V]

El sumatorio de caídas de tensión en valor de tensión en valor porcentual, por tramos, desde el origen de la instalación a la salida del transformador hasta el receptor último de cada circuito de potencia no puede superar los límites establecidos para la caída de tensión máxima.

El criterio de caída máxima de tensión es más restrictivo en cuanto al cálculo y comprobación de secciones.

### 2.3.3.3. Cálculo de secciones en motores eléctricos

En la ITC-47 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, se establece que los conductores que alimentan a circuitos de potencia que contienen motores como receptores deberán sobredimensionar su intensidad nominal de la siguiente manera para el cálculo de secciones de conductores:

- Los conductores que alimentan a un solo motor, aumentará su intensidad de cálculo en relación al 125% con respecto a la intensidad nominal a plena carga de dicho motor.
- Los conductores que alimentan a varios motores, aumentarán su intensidad de cálculo en relación al sumatorio del 125% de la intensidad nominal del motor de mayor potencia y las intensidades nominales a plena carga del resto de motores. Es decir, solamente se aumenta la intensidad del motor de mayor potencia, tomando la intensidad del resto como la nominal a plena carga.

#### **2.3.3.4. Cálculo de secciones del tramo de acometida de la instalación**

El tramo de acometida de la instalación receptora de servicios auxiliares se dimensiona mediante la máxima intensidad que pueda dejar pasar el elemento más restrictivo de la instalación, en este caso, el transformador de servicios auxiliares. Por lo tanto, la intensidad nominal correspondiente al tramo de acometida será la intensidad nominal del secundario del transformador de servicios auxiliares.

#### **2.3.3.5. Resultados obtenidos del cálculo y comprobación de secciones**

##### **2.3.3.5.1. Comprobación de secciones por intensidad máxima admisible**

En este apartado se incluye una tabla de cálculo y comprobación de secciones de todos los tramos en los que se divide la instalación receptora.

CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DE SECCIONES DE LA INSTALACIÓN DE SERVICIOS AUXILIARES POR INTENSIDADES ADMISIBLES																		
Inicio	Final	Línea	Fase	Pn (kW)	cos φ	I (A)	L (m)	Material (Cu/Al)	Protección (A)	Tipo de instalación	Condiciones instalación	Nº columna	Sección (mm2)	Imáx conductor (A)	Tensión (V)	ΔU (V)	ΔU (%)	Conductor utilizado
Transformador S.S.A.A	CPM	Ac	RST	160	1	230	50	Al	-	Subterránea	5	5	150	230	400	2,37	0,59	AL XZ1 (S)
C. GENERAL S.S.A.A	C. GENERAL S.S.A.A	DI	RST	100,014	0,89	161,38	10	Cu	200	Subterránea	2	2	95	225	400	0,47	0,12	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. CONTROL	L1	R	3,594	0,93	16,89	116,65	Cu	25	Subterránea	3	3	10	77	230	6,51	2,83	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. OFICINA	L2	RST	14,097	0,91	22,36	66,28	Cu	40	Subterránea	2	2	6	48	400	6,95	1,74	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. BÁSCULA	L3	R	3,45	0,93	16,07	21,27	Cu	25	Subterránea	3	3	4	46	230	2,85	1,24	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. ALMACÉN	L4	RST	11,11	0,90	17,86	34,26	Cu	32	Subterránea	2	2	4	39	400	4,25	1,06	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. GENERACIÓN 1	L5	RST	18,823	0,91	29,86	0,74	Cu	40	Superficial	10b	16	6	49	400	0,10	0,03	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. GENERACIÓN 2	L6	RST	17	0,85	29,04	18,42	Cu	32	Superficial	10b	16	4	38	400	3,49	0,87	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. EXTERIOR 1	L7	RST	11	0,85	18,68	28,87	Cu	50	Superficial	10b	16	10	68	400	1,42	0,35	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. EXTERIOR 2	L8	RST	18,02	0,86	30,16	30,98	Cu	32	Superficial	10b	16	4	38	400	6,23	1,56	RZ1-K (AS)
C. GENERAL S.S.A.A	C. TRANSFORMACIÓN	L9	RST	2,92	0,92	4,60	35,53	Cu	25	Subterránea	2	2	2,5	30	400	1,85	0,46	RZ1-K (AS)
C. CONTROL	C1	L10	R	0,372	0,9	1,80	10	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,39	0,17	RZ1-K (AS)
C. CONTROL	C2	L11	R	0,022	1	0,10	10	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,02	0,01	RZ1-K (AS)
C. CONTROL	C3	L12	R	2,3	0,9	11,11	10	Cu	16	Superficial	12	18	1,5	23	230	2,38	1,04	RZ1-K (AS)
C. CONTROL	C4	L13	R	0,9	0,9	4,35	10	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,93	0,41	RZ1-K (AS)
C. OFICINA	C5	L14	S	1,575	0,9	7,61	15	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	2,45	1,06	RZ1-K (AS)
C. OFICINA	C6	L15	S	1,923	0,9	9,29	30	Cu	10	Superficial	12	18	2,5	32	230	3,58	1,56	RZ1-K (AS)
C. OFICINA	C7	L16	S	0,099	1	0,43	30	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,31	0,13	RZ1-K (AS)
C. OFICINA	C8	L17	S	3,5	0,9	16,91	30	Cu	16	Superficial	12	18	2,5	32	230	6,52	2,84	RZ1-K (AS)
C. OFICINA	C9	L18	RST	7	0,85	14,86	10	Cu	16	Superficial	10b	16	1,5	20	400	2,60	0,65	RZ1-K (AS)
C. BÁSCULA	C10	L19	R	0,558	0,9	2,70	10	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,58	0,25	RZ1-K (AS)
C. BÁSCULA	C11	L20	R	0,022	1	0,10	10	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,02	0,01	RZ1-K (AS)
C. BÁSCULA	C12	L21	R	2,87	0,9	13,86	10	Cu	16	Superficial	12	18	1,5	23	230	2,97	1,29	RZ1-K (AS)
C. ALMACÉN	C13	L22	T	2,4	0,9	11,59	60	Cu	16	Superficial	12	18	4	44	230	5,59	2,43	RZ1-K (AS)
C. ALMACÉN	C14	L23	T	0,11	1	0,48	60	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,68	0,30	RZ1-K (AS)
C. ALMACÉN	C15	L24	RST	2,2	0,84	4,73	40	Cu	10	Superficial	10b	16	1,5	20	400	3,27	0,82	RZ1-K (AS)
C. ALMACÉN	C16	L25	T	2,4	0,9	11,59	60	Cu	16	Superficial	12	18	2,5	32	230	8,94	3,89	RZ1-K (AS)
C. ALMACÉN	C17	L26	RST	4	0,85	8,49	20	Cu	10	Superficial	10b	16	1,5	20	400	2,98	0,74	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C18	L27	S	0,927	0,9	4,48	20	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	1,92	0,83	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C19	L28	S	0,066	1	0,29	15	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,10	0,04	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C20	L29	T	2,2	0,85	11,25	10	Cu	16	Superficial	12	18	1,5	23	230	2,28	0,99	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C21	L30	T	2	0,85	10,23	20	Cu	16	Superficial	12	18	1,5	23	230	4,14	1,80	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C22	L31	R	1,76	0,9	8,50	30	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	5,47	2,38	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C23	L32	R	1,76	0,9	8,50	30	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	5,47	2,38	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C24	L33	R	0,055	1	0,24	30	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,17	0,07	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C25	L34	R	0,055	1	0,24	30	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,17	0,07	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C26	L35	S	2	0,85	10,23	40	Cu	16	Superficial	12	18	1,5	23	230	8,28	3,60	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 1	C27	L36	RST	8	0,85	13,58	40	Cu	16	Superficial	10b	16	1,5	20	400	9,52	2,38	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 2	C28	L37	RST	5	0,8	11,28	5	Cu	16	Superficial	10b	16	1,5	20	400	0,93	0,23	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 2	C29	L38	RST	2,2	0,88	4,51	8	Cu	10	Superficial	10b	16	1,5	20	400	0,65	0,16	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 2	C30	L39	RST	8,8	0,85	18,68	30	Cu	20	Superficial	10b	16	2,5	28	400	5,89	1,47	RZ1-K (AS)
C. GENERACIÓN 2	SAI (C31)	L40	S	2	1	8,70	15	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	3,11	1,35	RZ1-K (AS)
C. EXTERIOR 1	C31	L41	S	1	0,85	5,12	5	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,52	0,23	RZ1-K (AS)
C. EXTERIOR 1	C32	L42	RST	11	0,85	23,35	10	Cu	25	Subterránea	2	2	2,5	30	400	2,46	0,61	RZ1-K (AS)
C. EXTERIOR 2	C33	L43	RST	4,1	0,85	8,70	50	Cu	10	Subterránea	2	2	1,5	23	400	7,63	1,91	RZ1-K (AS)
C. EXTERIOR 2	C34	L44	RST	4,4	0,85	9,34	30	Cu	10	Subterránea	2	2	1,5	23	400	4,91	1,23	RZ1-K (AS)
C. EXTERIOR 2	C35	L45	T	1,52	0,9	7,34	100	Cu	10	Subterránea	3	3	6	58	230	3,93	1,71	RZ1-K (AS)
C. EXTERIOR 2	C36	L46	RST	8	0,85	16,98	30	Cu	20	Subterránea	2	2	1,5	23	400	8,93	2,23	RZ1-K (AS)
C. TRANSFORMACIÓN	C37	L47	R	0,525	0,9	2,54	15	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,82	0,35	RZ1-K (AS)
C. TRANSFORMACIÓN	C38	L48	R	0,033	1	0,14	15	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,05	0,02	RZ1-K (AS)
C. TRANSFORMACIÓN	C39	L49	S	0,231	0,9	1,12	10	Cu	10	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,24	0,10	RZ1-K (AS)
C. TRANSFORMACIÓN	C40	L50	S	0,011	1	0,05	10	Cu	-	Superficial	12	18	1,5	23	230	0,01	0,00	RZ1-K (AS)
C. TRANSFORMACIÓN	C41	L51	T	2	0,85	10,23	20	Cu	16	Superficial	12	18	1,5	23	230	4,14	1,80	RZ1-K (AS)
C. TRANSFORMACIÓN	C42	L52	RST	0,12	0,85	0,25	8	Cu	10	Superficial	10b	16	1,5	20	400	0,04	0,01	RZ1-K (AS)

- En color azul claro, el calibre de la protección.  
- En azul oscuro, el valor de la intensidad máxima admisible por el conductor.  
- Se comprueba el cálculo de secciones atendiendo al criterio de intensidad máxima admisible.

### 2.3.3.5.2. Comprobación de secciones por caída de tensión máxima

En este apartado se recogen las caídas de tensión entre el origen de la instalación, el transformador de servicios auxiliares, y el último receptor de cada circuito de potencia, así como la comprobación del cumplimiento de las caídas de tensión máximas en cada tramo.

COMPROBACIÓN DE SECCIONES POR CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA					
Tramo		$\Delta U$ (V)	$\Delta U$ (%)	Tipo de circuito	$\Delta U_{m\acute{a}x}$ (%)
Inicio	Final				
Transformador	C1	9,74	3,71	Alumbrado	4,5
Transformador	C2	9,37	3,55	Alumbrado	4,5
Transformador	C3	11,73	4,58	Fuerza	6,5
Transformador	C4	10,28	3,95	Fuerza	6,5
Transformador	C5	12,24	3,51	Alumbrado	4,5
Transformador	C6	13,38	4,01	Alumbrado	4,5
Transformador	C7	10,10	2,58	Alumbrado	4,5
Transformador	C8	16,31	5,28	Fuerza	6,5
Transformador	C9	12,40	3,10	Fuerza	6,5
Transformador	C10	6,27	2,20	Alumbrado	4,5
Transformador	C11	5,71	1,96	Alumbrado	4,5
Transformador	C12	8,66	3,24	Fuerza	6,5
Transformador	C13	12,68	4,20	Alumbrado	4,5
Transformador	C14	7,77	2,07	Alumbrado	4,5
Transformador	C15	10,36	2,59	Fuerza	6,5
Transformador	C16	16,03	5,66	Fuerza	6,5
Transformador	C17	10,06	2,52	Fuerza	6,5
Transformador	C18	4,86	1,57	Alumbrado	4,5
Transformador	C19	3,05	0,78	Alumbrado	4,5
Transformador	C20	5,22	1,73	Fuerza	6,5
Transformador	C21	7,09	2,54	Fuerza	6,5
Transformador	C22	8,41	3,11	Alumbrado	4,5
Transformador	C23	8,41	3,11	Alumbrado	4,5
Transformador	C24	3,12	0,81	Alumbrado	4,5
Transformador	C25	3,12	0,81	Alumbrado	4,5
Transformador	C26	11,23	4,34	Fuerza	6,5
Transformador	C27	12,47	3,12	Fuerza	6,5
Transformador	C28	7,27	1,82	Fuerza	6,5
Transformador	C29	6,99	1,75	Fuerza	6,5
Transformador	C30	12,23	3,06	Fuerza	6,5
Transformador	C31	9,96	3,16	Fuerza	6,5
Transformador	C32	6,71	1,68	Fuerza	6,5
Transformador	C33	16,70	4,17	Fuerza	6,5

COMPROBACIÓN DE SECCIONES POR CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA					
Tramo		$\Delta U$ (V)	$\Delta U$ (%)	Tipo de circuito	$\Delta U_{m\acute{a}x}$ (%)
Inicio	Final				
Transformador	C34	13,98	3,50	Fuerza	6,5
Transformador	C35	13,00	3,98	Alumbrado	4,5
Transformador	C36	18,00	4,50	Fuerza	6,5
Transformador	C37	5,51	1,53	Alumbrado	4,5
Transformador	C38	4,74	1,20	Alumbrado	4,5
Transformador	C39	4,93	1,28	Alumbrado	4,5
Transformador	C40	4,70	1,18	Alumbrado	4,5
Transformador	C41	8,83	2,97	Fuerza	6,5
Transformador	C42	4,73	1,18	Fuerza	6,5

**Tabla 2.11** - Comprobación de caídas de tensión en la instalación de S.S.A.A.

#### 2.3.4. Equilibrado de fases

En este apartado se garantiza el equilibrio de cargas entre las tres fases activas de la instalación trifásica, fases R, S, y T.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión justifica la necesidad de equilibrar las cargas en las fases activas existentes en las instalaciones eléctricas interiores.

Los 42 circuitos de los que se dispone en esta instalación, están alimentados de manera monofásica, entre una de las tres fases activas y el neutro, o de manera trifásica a través de las tres fases.

A continuación, se comprueba que dichos circuitos están alimentados de tal manera que se garantice el equilibrio entre las tres fases, ya que las mismas tendrán una carga asignada similar entre ellas con un porcentaje de error máximo del 4,1%, error que se considera despreciable.

La potencia que se asigna a cada fase de circuitos monofásicos y a las tres fases de circuitos trifásicos es:

ASIGNACIÓN DE POTENCIAS A CADA FASE			
FASE R:		FASE S:	
C. CONTROL	3,594 kW	C. OFICINA	7,097 kW
C. BÁSCULA	3,45 kW	C. GENERACIÓN 1	(0,927 + 2) kW
C. GENERACIÓN 1	(1,76 + 0,055 + 1,76 + 0,055) kW	C. GENERACIÓN 2	1 kW
C. TRANSFORMACIÓN	(0,525 + 0,033) kW	C. TRANSFORMACIÓN	(0,231 + 0,011) kW
FASE T:		FASES RST:	
C. ALMACÉN	(4,8 + 0,11) kW	C. OFICINA	7 kW
C. GENERACIÓN 1	(2 + 2,2) kW	C. ALMACÉN	6,2 kW
C. EXTERIOR 2	1,52 kW	C. GENERACIÓN 1	8 kW
C. TRANSFORMACIÓN	2 kW	C. GENERACIÓN 2	16 kW
		C. EXTERIOR 1	11 kW
		C. EXTERIOR 2	16,5 kW
		C. TRANSFORMACIÓN	0,12 kW

**Tabla 2.12** - Asignación de potencia a cada una o las tres fases activas.

Por lo tanto, la potencia total asignada a cada fase, consiguiendo un sistema trifásico equilibrado en la instalación de servicios auxiliares es:

<b>POTENCIA FASE R:</b>	<b>11,23 kW</b>		
<b>POTENCIA FASE T:</b>	<b>12,63 kW</b>		
<b>POTENCIA FASE S:</b>	<b>11,26 kW</b>		
<b>POTENCIA TRIFÁSICA:</b>	<b>64,82 kW</b>		
<b>POTENCIA POR FASE:</b>	<b>21,61 kW</b>		
		<b>FASE R</b>	<b>32,84 kW</b>
		<b>FASE S</b>	<b>32,87 kW</b>
		<b>FASE T</b>	<b>34,24 kW</b>
		<b>SISTEMA TRIFÁSICO EQUILIBRADO</b>	

**Tabla 2.13** - Comprobación de equilibrio de cargas entre las fases activas.

### 2.3.5. Intensidad nominal de los fusibles de seguridad de la CPM

Para la selección de la intensidad nominal de los fusibles utilizados para proteger la instalación eléctrica en baja tensión de los servicios auxiliares, los cuales van alojados en la Caja de Protección y Medida, se debe comprobar el cumplimiento de dos condiciones.

#### 1) Primera condición:

Los fusibles deben permitir el paso de la intensidad nominal necesaria por la instalación de consumo sin permitir el paso de una intensidad superior a la intensidad máxima admisible por el conductor utilizado en el tramo en el que se encuentran los mismos.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Donde:

- $I_b$  es la intensidad nominal de la instalación de consumo. [A]
- $I_n$  es la intensidad nominal de los fusibles que protegen la instalación. [A]
- $I_z$  es la intensidad máxima admisible por el conductor de acometida al cuadro general de servicios auxiliares. [A]

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

**Tabla 2.14** - Valores normalizados de intensidad nominal de fusibles.

Intensidad nominal de la instalación	$I_b = 161,38 \text{ A}$
Intensidad máxima admisible por el conductor de cobre de $150 \text{ mm}^2$	$I_z = 225 \text{ A}$
Intensidad nominal de los fusibles	$I_n = 200 \text{ A}$
$161,38 \text{ A} \leq 200 \text{ A} \leq 225 \text{ A}$	

**Tabla 2.15** - Comprobación del cumplimiento de la primera condición para el cálculo de fusibles en BT.

**2) Segunda condición:**

La intensidad de fusión de los fusibles debe ser inferior que la intensidad máxima admisible con un aumento del 45%.

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

Donde;

- $I_f$  es la intensidad de fusión del fusible [A]
- $I_z$  es la intensidad máxima admisible por el conductor de acometida al cuadro general de servicios auxiliares [A]

La intensidad de fusión es proporcional a la intensidad nominal de la siguiente manera:

$I_n$ (A)	Tiempo convencional (h)	$k$ Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 I_n$

**Tabla 2.16** - Relación entre la intensidad de fusión e intensidad nominal de un fusible.

Intensidad nominal de los fusibles	$I_n = 200 \text{ A}$
Intensidad máxima admisible por el conductor de cobre de $150 \text{ mm}^2$	$I_z = 225 \text{ A}$
Intensidad de fusión	$I_f = 1,6 \cdot I_n = 1,6 \cdot 200 \text{ A} = 320 \text{ A}$
$320 \text{ A} \leq 1,45 \cdot 225 \text{ A} \rightarrow 320 \text{ A} \leq 326,25 \text{ A}$	

**Tabla 2.17** - Comprobación del cumplimiento de la segunda condición para el cálculo de fusibles en BT.

## 2.4. Línea eléctrica aérea de MT de conexión a red

### 2.4.1. Cálculos mecánicos

#### 2.4.1.1. Vano de regulación y tracción máxima en conductores

➤ **Vano de regulación:** 
$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a_n^3}{\sum a_n}}$$

Donde:

$a_r$  es el vano de regulación [m]

$a_n$  es el valor del vano horizontal [m]

$$a_r = \sqrt{\frac{130^3 + 125^3}{130 + 125}} = 127,57 \text{ m}$$



➤ **Tracción máxima de los conductores de fase:**  $T_c = \frac{CR}{cs}$

Donde:

$T_c$	es la tracción máxima en los conductores	[daN]
$CR$	es la carga de rotura del conductor utilizado	[daN]
$cs$	es el coeficiente de seguridad	

$$T_c = \frac{1629}{3} = 543 \text{ daN}$$

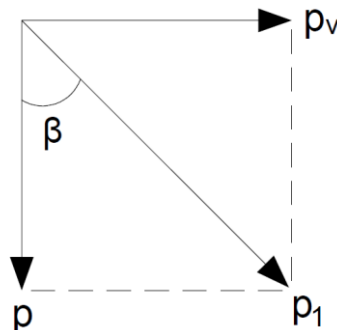
### 2.4.1.2. Sobrecarga de viento sobre los conductores

Puesto que se trata de una línea que no es de categoría especial, la velocidad del viento a tomar en cuenta es:

$$V_v = 120 \text{ km/h}$$

El peso total o equivalente  $p_1$  a tomar en cuenta es el debido al peso propio del conductor  $p$  y al peso debido a la acción del viento  $p_v$  de forma horizontal.

El peso equivalente total es la resultante entre las componentes horizontal del peso de la acción del viento y vertical del peso del conductor.



**Figura 2.1** - Descomposición del peso equivalente total cuando existe sobrecarga de viento sobre una línea aérea.

El peso debido a la acción del viento, es decir, la componente horizontal se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$p_v = d \cdot 60 \cdot \left( \frac{V_v}{120} \right)^2$$

Donde:

$p_v$	es el peso debido a la acción del viento	[daN/m]
$d$	es el diámetro del conductor	[m]
$V_v$	es la velocidad del viento	[km/h]

$$p_v = 9,45 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 = 0,567 \text{ daN/m}$$

El peso resultante de ambas componentes vertical y horizontal es:

$$p_1 = \sqrt{p^2 + p_v^2} = \sqrt{0,186^2 + 0,567^2} = 0,597 \text{ daN/m}$$

### 2.4.1.3. Sobrecarga de hielo sobre los conductores

La sobrecarga será la debida al peso del conductor y al peso que ejerce el manguito de hielo formado sobre el conductor.

Ambos pesos tienen la misma dirección vertical por lo que la resultante, es decir, el peso total de sobrecarga será la suma de ambos pesos.

Puesto que estamos en zona C, el peso del manguito de hielo se obtiene con la siguiente expresión:

$$p_h = 0,36 \cdot \sqrt{d}$$

Donde;

$p_h$	es el peso ejercido por el manguito de hielo	[daN/m]
$d$	es el diámetro del conductor	[mm]

$$p_h = 0,36 \cdot \sqrt{9,45} = 1,107 \text{ daN/m}$$

El peso total resultante es:

$$p_1 = p + p_h = 0,186 + 1,107 = 1,293 \text{ daN/m}$$

### 2.4.1.4. Tracción máxima admisible por los conductores

Para el cálculo de tracciones máximas en los conductores se realizan la siguiente hipótesis de cálculo:

ZONA C			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-20	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.

(1) La hipótesis de tracción máxima de hielo + viento se aplica a las líneas de categoría especial y a todas aquellas líneas que la norma particular de la empresa eléctrica así lo establezca o cuando el proyectista considere que la línea pueda encontrarse sometida a la citada carga combinada.

**Tabla 2.18** - Hipótesis de cálculo de tracciones máximas en conductores.

**Fuente:** ITC-LAT-07. Líneas aéreas con conductores desnudos. Apartado 3.2.1.

Se comprueba siempre la acción de los fenómenos vibratorios sobre los conductores a una temperatura de 15°C como otra hipótesis de cálculo.

Puesto que no se trata de una línea de categoría especial, solamente se aplican la hipótesis de viento y la hipótesis de hielo por separado, al vano más desfavorable de la línea aérea, en este caso es el vano 1, entre los apoyos A y B.

En todas las hipótesis de cálculo que se realizan a continuación, se comprueba que la tracción máxima en el punto medio y en el vértice del vano más desfavorable, en las condiciones de sobrecarga y temperatura impuestas por cada hipótesis, no superan en valor a la tracción máxima sobre los conductores en función de su carga de rotura  $T_c$ .

#### 1) Hipótesis de viento

La sobrecarga es debida al viento, por lo que el peso equivalente de los conductores junto con la acción del viento es:

$$p_1 = 0,597 \text{ daN / m}$$

Los valores geométricos de la curva del cable para el vano más desfavorable son:

- Distancia recta entre apoyos:

$$a' = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{130^2 + 8^2} = 130,25 \text{ m}$$

- Inclinación del cable:

$$\cos \beta = \frac{p}{p_1} = \frac{0,186}{0,597} = 0,312$$

$$\beta = \ar \cos(\cos \beta) = 71,84^\circ$$

- Desnivel y vano con sobrecarga de viento:

$$b_v = b \cdot \cos \beta = 8 \cdot 0,312 = 2,49 \text{ m}$$

$$a_v = \sqrt{a'^2 + b_v^2} = \sqrt{130,25^2 + 2,49^2} = 130,27 \text{ m}$$

- Tracción máxima en el punto medio del vano:

$$Tm_1 = \frac{1}{4} \cdot \left[ 2 \cdot Tc - p_1 \cdot b_v + \sqrt{(p_1 \cdot b_v - 2 \cdot Tc)^2 - 2 \cdot p_1^2 \cdot a'^2} \right]$$

$$Tm_1 = \frac{1}{4} \cdot \left[ 2 \cdot 543 - 0,597 \cdot 2,49 + \sqrt{(0,597 \cdot 2,49 - 2 \cdot 543)^2 - 2 \cdot 0,597^2 \cdot 130,25^2} \right] = 540,86 \text{ daN}$$

- Tracción máxima en el vértice del vano:

$$To_1 = Tm_1 \cdot \frac{a_v}{a'}$$

$$To_1 = 540,86 \cdot \frac{130,27}{130,25} = 540,96 \text{ daN}$$

## 2) Hipótesis de hielo

La sobrecarga La sobrecarga es debida al hielo, por lo que el peso equivalente de los conductores junto con el peso producido por el hielo depositado sobre los conductores es:

$$p_1 = 1,293 \text{ daN / m}$$

- Tracción máxima en el punto medio del vano:

$$Tm_1 = \frac{1}{4} \cdot \left[ 2 \cdot Tc - p_1 \cdot b + \sqrt{(p_1 \cdot b - 2 \cdot Tc)^2 - 2 \cdot p_1^2 \cdot a'^2} \right]$$

$$Tm_1 = \frac{1}{4} \cdot \left[ 2 \cdot 543 - 1,293 \cdot 8 + \sqrt{(1,293 \cdot 8 - 2 \cdot 543)^2 - 2 \cdot 1,293^2 \cdot 130,25^2} \right] = 531,16 \text{ daN}$$

- Tracción máxima en el vértice del vano:

$$To_1 = Tm_1 \cdot \frac{a}{a'}$$

$$To_1 = 531,16 \cdot \frac{130}{130,25} = 530,16 \text{ daN}$$

### 3) Hipótesis de fenómenos vibratorios

No se toma en cuenta ningún tipo de sobrecarga sobre los conductores, el peso a tomar en cuenta es únicamente el nominal del conductor.

$$p_1 = p = 0,186 \text{ daN/m}$$

Para esta hipótesis la tracción máxima sobre los conductores a considerar es el 22% de la carga de rotura de los mismos.

$$Tc = 22\% CR = \frac{22}{100} \cdot 1629 = 358,38 \text{ daN}$$

- Tracción máxima en el punto medio del vano:

$$Tm_1 = \frac{1}{4} \cdot \left[ 2 \cdot Tc - p_1 \cdot b + \sqrt{(p_1 \cdot b - 2 \cdot Tc)^2 - 2 \cdot p_1^2 \cdot a^2} \right]$$

$$Tm_1 = \frac{1}{4} \cdot \left[ 2 \cdot 358,38 - 0,186 \cdot 8 + \sqrt{(0,186 \cdot 8 - 2 \cdot 358,38)^2 - 2 \cdot 0,186^2 \cdot 130,25^2} \right] = 357,43 \text{ daN}$$

- Tracción máxima en el vértice del vano:

$$To_1 = Tm_1 \cdot \frac{a}{a'}$$

$$To_1 = 357,43 \cdot \frac{130}{130,25} = 356,76 \text{ daN}$$

#### 2.4.1.5. Comparación entre hipótesis de cálculo de tracciones máximas

Para comparar las hipótesis de cálculo de tracciones máximas en los conductores, para obtener la hipótesis más desfavorable, se utiliza la ecuación de cambio de condiciones al vano de regulación. Se tienen dos estados, estado 1 y estado 2, en el que cada hipótesis a comparar se asigna a un estado.

$$To_2^2 \cdot (To_2 + A) = B$$

Donde:

$T_{o2}$  es la fuerza de tracción en el vértice del estado 2 [daN]

A se obtiene con la siguiente expresión:

$$A = \frac{a_r^2 \cdot p_1^2}{24 \cdot T_{o1}^2} \cdot E \cdot S + E \cdot S \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_{o1} \quad [\text{daN}]$$

B se obtiene con la siguiente expresión:

$$B = \frac{a_r^2 \cdot p_2^2}{24} \cdot E \cdot S \quad [\text{daN}^3]$$

$a_r$  es el vano de regulación [m]

$p$  es el peso total del estado correspondiente [daN/m]

$T_{o1}$  es la tracción máxima en el vértice del estado 1 [daN]

$E$  es el módulo de elasticidad teórico del conductor [daN/mm<sup>2</sup>]

$S$  es la sección total del conductor [mm<sup>2</sup>]

$\alpha$  es el coeficiente de dilatación lineal [°C<sup>-1</sup>]

$\Theta$  es la temperatura de cálculo del estado correspondiente [°C]

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- ✓ Se deben definir a qué hipótesis corresponde cada estado de comparación.
- ✓ Se obtiene la tracción máxima en el vértice del estado 2, con la ecuación del cambio de condiciones.
- ✓ Se compara el valor de la tracción máxima en el vértice proveniente de la ecuación de cambio de condiciones con el valor de la misma obtenida en la hipótesis de cálculo correspondiente.
  - Si  $T_{o2}$  (ecuación) >  $T_{o2}$  (hipótesis del estado 2) → Hipótesis más desfavorable=2
  - Si  $T_{o2}$  (ecuación) <  $T_{o2}$  (hipótesis del estado 2) → Hipótesis más desfavorable=1
- ✓ Se comparan todas las hipótesis hasta obtener la más desfavorable entre las tres: viento, hielo y fenómenos vibratorios.

➤ **Comparación entre hipótesis de viento e hipótesis de hielo:**

- Estado 1: hipótesis de viento
- Estado 2: hipótesis de hielo

$$A = \frac{127,57^2 \cdot 0,597^2}{24 \cdot 540,96^2} \cdot 7900 \cdot 54,60 + 7900 \cdot 54,60 \cdot 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot (-20 - (-15)) - 540,96 = -225,93 \text{ daN}$$

$$B = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24} \cdot 7900 \cdot 54,60 = 4,89 \cdot 10^8 \text{ daN}^3$$

- Ecuación de cambio de condiciones:

$$To_2^2 \cdot (To_2 - 225,93) = 4,89 \cdot 10^8$$

$$To_2 = 870,8 \text{ daN}$$

- Comparación:

$$870,8 \text{ daN} > 530,16 \text{ daN} \rightarrow \text{Hipótesis más desfavorable} = \text{HIELO } (-20^\circ\text{C})$$

➤ **Comparación entre hipótesis de hielo e hipótesis de fenómenos vibratorios:**

- Estado 1: hipótesis de hielo
- Estado 2: hipótesis de fenómenos vibratorios

$$A = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24 \cdot 530,16^2} \cdot 7900 \cdot 54,60 + 7900 \cdot 54,60 \cdot 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot (15 - (-20)) - 530,16 = 1497,95 \text{ daN}$$

$$B = \frac{127,57^2 \cdot 0,186^2}{24} \cdot 7900 \cdot 54,60 = 10,12 \cdot 10^6 \text{ daN}^3$$

- Ecuación de cambio de condiciones:

$$To_2^2 \cdot (To_2 + 1497,95) = 10,12 \cdot 10^6$$

$$To_2 = 80,08 \text{ daN}$$

- Comparación

$$80,08 \text{ daN} < 356,76 \text{ daN} \rightarrow \text{Hipótesis más desfavorable} = \text{HIELO } (-20^\circ\text{C})$$

### 2.4.1.6. Flechas máximas de los conductores

Para obtener las flechas máximas producidas en los vanos de la línea, se utilizan tres hipótesis de cálculo en las que se marca un estado 1 de referencia correspondiente al estado de la hipótesis más desfavorable en cuanto al cálculo de tracciones máximas. En este caso el estado de referencia es la hipótesis de hielo a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , con los siguientes valores de tracciones máximas:

$$T_{m1}=531,16 \text{ daN}$$

$$T_{o1}=530,16 \text{ daN}$$

Las hipótesis de cálculo para flechas máximas son las siguientes, en función del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión:

<b>Hipótesis de viento</b>	$T^a = 15^{\circ}\text{C}$	Sobrecarga de viento sobre los conductores con velocidad del viento de 120 km/h.
<b>Hipótesis de temperatura</b>	$T^a = 50^{\circ}\text{C}$	Sin sobrecarga, tomando únicamente el propio peso de los conductores.
<b>Hipótesis de hielo</b>	$T^a = 0^{\circ}\text{C}$	Sobrecarga de manguito de hielo sobre los conductores.

**Tabla 2.19** - Hipótesis de cálculo de flechas máximas en los vanos.

El procedimiento a seguir en las hipótesis de cálculo es el siguiente:

- ✓ Mediante la ecuación de cambio de condiciones, entre el estado de referencia y el estado correspondiente a la hipótesis de cálculo, se obtiene la tracción máxima en el vértice de la hipótesis de cálculo.
- ✓ Se obtiene el valor de la flecha vertical en cada una de las hipótesis para el vano de regulación.
- ✓ Se obtiene la hipótesis más desfavorable en cuando a flechas máximas, en la que la flecha vertical para el vano de regulación sea mayor.
- ✓ Se obtiene con los datos de la hipótesis más desfavorable en cuando a flechas máximas, las flechas de cada uno de los vanos componentes de la línea.



**1) Hipótesis de viento a 15°C:**

- Estado 1: hipótesis de hielo a -20°C
- Estado 2: hipótesis de viento a 15°C

$$A = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24 \cdot 530,16^2} \cdot 7900 \cdot 54,60 + 7900 \cdot 54,60 \cdot 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot (15 - (-20)) - 530,16 = 1497,95 \text{ daN}$$

$$B = \frac{127,57^2 \cdot 0,597^2}{24} \cdot 7900 \cdot 54,60 = 10,42 \cdot 10^7 \text{ daN}^3$$

- Ecuación de cambio de condiciones:

$$To_2^2 \cdot (To_2 + 1497,95) = 10,42 \cdot 10^7$$

$$To_2 = 244,54 \text{ daN}$$

- Flecha del vano de regulación:

$$fr_{inclinada} = \frac{p_2 \cdot a_r^2}{8 \cdot To_2} = \frac{0,597 \cdot 127,57^2}{8 \cdot 244,54} = 4,97 \text{ m}$$

$$fr_{vertical} = fr_{inclinada} \cdot \cos \beta = 4,97 \cdot 0,312 = 1,55 \text{ m}$$

**2) Hipótesis de temperatura a 50°C:**

- Estado 1: hipótesis de hielo a -20°C
- Estado 2: hipótesis de temperatura a 50°C

$$A = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24 \cdot 530,16^2} \cdot 7900 \cdot 54,60 + 7900 \cdot 54,60 \cdot 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot (50 - (-20)) - 530,16 = 1786,3 \text{ daN}$$

$$B = \frac{127,57^2 \cdot 0,186^2}{24} \cdot 7900 \cdot 54,60 = 10,12 \cdot 10^6 \text{ daN}^3$$

- Ecuación de cambio de condiciones:

$$To_2^2 \cdot (To_2 + 1786,3) = 10,12 \cdot 10^6$$

$$To_2 = 73,761 \text{ daN}$$

- Flecha del vano de regulación:

$$fr_{vertical} = \frac{p_2 \cdot a_r^2}{8 \cdot To_2} = \frac{0,186 \cdot 127,57^2}{8 \cdot 73,761} = 5,13 \text{ m}$$

**3) Hipótesis de hielo a 0°C:**

- Estado 1: hipótesis de hielo a -20°C
- Estado 2: hipótesis de hielo a 0°C

$$A = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24 \cdot 530,16^2} \cdot 7900 \cdot 54,60 + 7900 \cdot 54,60 \cdot 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot (0 - (-20)) - 530,16 = 1374,37 \text{ daN}$$

$$B = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24} \cdot 7900 \cdot 54,60 = 49,9 \cdot 10^7 \text{ daN}^3$$

- Ecuación de cambio de condiciones:

$$T_{o_2}^2 \cdot (T_{o_2} + 1374,37) = 49,9 \cdot 10^7$$

$$T_{o_2} = 514,05 \text{ daN}$$

- Flecha del vano de regulación:

$$f_{r_{\text{vertical}}} = \frac{p_2 \cdot a_r^2}{8 \cdot T_{o_2}} = \frac{1,293 \cdot 127,57^2}{8 \cdot 514,05} = 5,12 \text{ m}$$

Por lo tanto, la hipótesis más desfavorable en cuando a flechas máximas del vano de regulación, es la hipótesis de temperatura, sin aplicar sobrecarga sobre el conductor y con una temperatura de 50°C, con una flecha máxima del vano de regulación de 5,13 m.

Utilizando esta hipótesis más desfavorable calculamos las flechas de los vanos 1 y 2 de la línea utilizando las siguientes expresiones:

Flecha del vano →

$$f = \frac{p \cdot a^2}{8 \cdot T_m}$$

Tracción máxima en el punto medio del vano →

$$T_m = T_o \cdot \frac{a'}{a}$$

<b>FLECHA MÁXIMA DEL VANO 1</b>	<b>FELCHA MÁXIMA DEL VANO 2</b>
$a_1 = 130 \text{ m}$	$a_2 = 125 \text{ m}$
$a'_1 = \sqrt{130^2 + 8^2} = 130,25 \text{ m}$	$a'_2 = \sqrt{125^2 + 6^2} = 125,14 \text{ m}$
$p = 0,186 \text{ daN/m}$	$p = 0,186 \text{ daN/m}$
$T_{m_1} = 73,90 \text{ daN}$	$T_{m_2} = 73,84 \text{ daN}$
$f_1 = 5,33 \text{ m}$	$f_2 = 4,93 \text{ m}$

**Tabla 2.20** - Flechas máximas de los vanos de la línea.

**2.4.1.7. Cálculos mecánicos del día del tendido**

Las características estimadas para el día del tendido de la línea aérea son las siguientes:

Sobrecarga	Sin sobrecarga
Peso a considerar	Peso del conductor
Temperatura	15°C

**Tabla 2.21** - Características generales estimadas para el día del tendido de la línea.

**2.4.1.7.1. Tracción en el vértice**

Mediante la ecuación del cambio de condiciones obtenemos la tracción en el vértice el día del tendido utilizando como estado de referencia la hipótesis de cálculo más desfavorable en cuanto a tracciones máxima.

- Estado 1: hipótesis de hielo a -20°C
- Estado 2: día del tendido a 15°C

$$A = \frac{127,57^2 \cdot 1,293^2}{24 \cdot 530,16^2} \cdot 7900 \cdot 54,60 + 7900 \cdot 54,60 \cdot 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot (15 - (-20)) - 530,16 = 1497,95 \text{ daN}$$

$$B = \frac{127,57^2 \cdot 0,186^2}{24} \cdot 7900 \cdot 54,60 = 10,12 \cdot 10^6 \text{ daN}^3$$

- Ecuación de cambio de condiciones:

$$To_2^2 \cdot (To_2 + 1497,95) = 10,12 \cdot 10^6$$

$$To_2 = 80,08 \text{ daN}$$

**2.4.1.7.2. Flecha del vano de regulación y flechas de cada vano**

- Flecha del vano de regulación:

$$fr = \frac{p_2 \cdot a_r^2}{8 \cdot To_2} = \frac{0,186 \cdot 127,57^2}{8 \cdot 80,08} = 4,725 \text{ m}$$

Para obtener las flechas de cada uno de los vanos componentes de la línea, se utilizan las siguientes expresiones:

Flecha del vano →  $f = \frac{p \cdot a^2}{8 \cdot Tm}$

Tracción máxima en el punto medio del vano →  $T_m = T_o \cdot \frac{a'}{a}$

DÍA DEL TENDIDO	
FLECHA VANO 1	FELCHA VANO 2
$a_1 = 130 \text{ m}$	$a_2 = 125 \text{ m}$
$a'_1 = \sqrt{130^2 + 8^2} = 130,25 \text{ m}$	$a'_2 = \sqrt{125^2 + 6^2} = 125,14 \text{ m}$
$p = 0,186 \text{ daN/m}$	$p = 0,186 \text{ daN/m}$
$T_{m1} = 80,234 \text{ daN}$	$T_{m2} = 80,17 \text{ daN}$
$f_1 = 4,92 \text{ m}$	$f_2 = 4,54 \text{ m}$

**Tabla 2.22** - Flechas de los vanos el día del tendido de la línea.

Pero estas flechas de los vanos no son muy útiles ni prácticas para los instaladores de la línea, por lo que se calculan a continuación las flechas vistas desde cada apoyo para cada vano, dato bastante práctico para el correcto y simple tendido de la línea.

**2.4.1.7.3. Flechas de los vanos vistas desde los apoyos**

Las flechas de los vanos vistas desde los apoyos son valores muy orientativos a la hora de realizar el tendido de la línea aérea, para lograr un mejor resultado por los instaladores de la misma.

➤ **Ordenadas en el punto medio de cada vano:**

$$y_m = \frac{T_m}{p}$$

Donde:

- $y_m$  es la ordenada en el punto medio del vano [m]
- $T_m$  es la tracción en el punto medio del vano [daN]
- $p$  es el peso del conductor el día del tendido [daN/m]

Los valores obtenidos por las ordenadas, así como las abscisas son valores tomados desde un origen de cotas que no coincide con el origen de cotas tomado a nivel del mar, pero que nos sirve para ver diferencias entre ellas.

La ordenada en el punto medio es la distancia desde ese origen de cotas hasta el conductor en el punto medio del vano.

➤ **Ordenada en el vértice el día del tendido:**

El vértice se encuentra en un punto que no coincide con el centro del vano dado que los apoyos no están al mismo nivel y no hay simetría, por lo tanto, la ordenada en el vértice es la distancia desde el origen de cotas de ordenadas y el conductor en el vértice del vano.

$$h = \frac{T_0}{p}$$

Donde:

- h es la ordenada en el vértice [m]
- T<sub>0</sub> es la tracción en el vértice el día del tendido [daN]
- p es el peso propio del conductor el día del tendido [daN/m]

➤ **Ordenadas de cada apoyo para cada uno de los vanos:**

Las ordenadas de cada apoyo para cada uno de los vanos se obtienen de la siguiente manera:

$$y = y_m + f \pm \frac{b}{2}$$

Donde:

- y es la ordenada indicando en sus subíndices el apoyo y el vano correspondiente. [m]
- y<sub>m</sub> es la ordenada del punto medio del vano correspondiente [m]
- f es la flecha del vano correspondiente [m]
- b es el desnivel del vano correspondiente con su signo [m]
- ± suma cuando se calcula la ordenada del vano a la izquierda del apoyo  
resta cuando se calcula la ordenada del vano a la derecha del apoyo

➤ **Resultados de ordenadas:**

CÁLCULO DE ORDENADAS	VANO 1	VANO 2
<b>En el punto medio:</b>	y <sub>m1</sub> = 431,37 m	y <sub>m2</sub> = 431,02 m
<b>En los apoyos:</b>	y <sub>A1</sub> = 432,29 m	y <sub>B2</sub> = 432,56 m
	y <sub>B1</sub> = 440,29 m	y <sub>C2</sub> = 438,56 m
<b>En el vértice el día del tendido:</b>	$h = \frac{80,08 \text{ daN}}{0,186 \text{ daN/m}} = 430,54 \text{ m}$	

Tabla 2.23 - Ordenadas.

➤ **Flechas de los vanos vistas desde cada apoyo:**

Una vez conocidas las ordenadas en el vértice y en cada apoyo, se pueden obtener las flechas de cada vano en cada apoyo de forma sencilla mediante la siguiente expresión.

$$f = y - h$$

Donde:

- f es la flecha de un apoyo y un vano determinado [m]
- y es la ordenada del apoyo y vano correspondiente [m]
- h es la ordenada en el vértice en el vano de regulación [m]

FELCHAS VISTAS DESDE CADA APOYO	
VANO 1	VANO 2
$f_{A1} = 1,75 \text{ m}$	$f_{B2} = 2,02 \text{ m}$
$f_{B1} = 9,75$	$f_{C2} = 8,02 \text{ m}$

**Tabla 2.24** - Flechas vistas desde los apoyos el día del tendido.

➤ **Abscisas en el punto medio de cada vano:**

La abscisa en el punto medio de cada vano se obtiene con la siguiente expresión:

$$x_m = h \cdot \operatorname{sh} \frac{\frac{b}{2 \cdot h}}{\operatorname{sh} \frac{a}{2 \cdot h}}$$

Donde:

- $x_m$  es el valor de la abscisa en el punto medio del vano [m]
- h es la ordenada en el vértice el día del tendido [m]
- b es el desnivel existente en el vano [m]
- a es el valor del vano correspondiente [m]

➤ **Abscisas de cada apoyo para cada uno de los vanos:**

La abscisa en cada apoyo y vano se obtiene con la siguiente expresión:

$$x = x_m \pm \frac{a}{2}$$

Donde:

- x es el valor de la abscisa en el apoyo correspondiente [m]
- $x_m$  es el valor de la abscisa en el punto medio del vano [m]
- a es el valor del vano correspondiente [m]
- $\pm$  suma si se calcula la ordenada a la izquierda del apoyo y resta al contrario.

➤ **Resultados de abscisas:**

<b>CÁLCULO DE ABSCISAS</b>	<b>VANO 1</b>	<b>VANO 2</b>
<b>En el punto medio:</b>	$x_{m1} = 26,41 \text{ m}$	$x_{m2} = 20,6 \text{ m}$
<b>En los apoyos:</b>	$x_{A1} = -38,59 \text{ m}$	$x_{B2} = -41,9 \text{ m}$
	$x_{B1} = 91,41 \text{ m}$	$x_{C2} = 83,1 \text{ m}$

**Tabla 2.25 -** Abscisas.

**2.4.1.7.4. Longitud de conductor**

La longitud necesaria para la línea eléctrica aérea de nueva extensión se obtiene con la siguiente expresión:

$$L = \sqrt{b^2 + 2 \cdot h^2 \cdot \left( \cosh \frac{a}{h} - 1 \right)}$$

Donde:

- L es la longitud de conductor utilizado para el tendido [m]
- a y b son los valores del vano y desnivel, respectivamente [m]
- h es la ordenada en el vértice del vano de regulación [m]

Por tanto, debe obtenerse una longitud de conductor para cada uno de los vanos que componen la línea eléctrica aérea, para obtener seguidamente la longitud total de conductor.

➤ Longitud del vano 1:

$$L_1 = \sqrt{8^2 + 2 \cdot 430,54^2 \cdot \left( \cosh \frac{130}{430,54} - 1 \right)} = 130,74 \text{ m}$$

➤ Longitud del vano 2:

$$L_2 = \sqrt{6^2 + 2 \cdot 430,54^2 \cdot \left( \cosh \frac{125}{430,54} - 1 \right)} = 125,58 \text{ m}$$

➤ Longitud total del conductor:

$$L = L_1 + L_2 = 256,32 \text{ m}$$

**2.4.1.8. Cálculos mecánicos de los apoyos**

**2.4.1.8.1. Eolovano y gravivano**

El cálculo del eolovano y gravivano se obtiene para cada uno de los apoyos que intervienen en la línea aérea.

El eolovano es la longitud de vano horizontal a considerar para determinar el esfuerzo que se transmite al apoyo debido a la acción del viento sobre los conductores. El eolovano se obtiene como la semisuma de los vanos contiguos al apoyo.

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Donde:

$a_v$  es el eolovano [m]

$a_1$  y  $a_2$  son los vanos contiguos derecho e izquierdo al apoyo [m]

El gravivano es la longitud que determina la acción de peso que los cables transmiten al apoyo, coincide con la distancia horizontal entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo.

APOYO A	APOYO B	APOYO C
$a_{vA} = \frac{15 + 130}{2} = 72,5\text{ m}$	$a_{vB} = \frac{130 + 125}{2} = 127,5\text{ m}$	$a_{vC} = \frac{125 + 10}{2} = 67,5\text{ m}$
$a_{gA} = x_{A1} + \frac{15}{2} = 46,09\text{ m}$	$a_{gB} = x_{B1} + x_{B2} = 133,31\text{ m}$	$a_{gC} = x_{C2} + \frac{10}{2} = 88,1\text{ m}$

**Tabla 2.26** - Eolovano y gravivano en cada apoyo.

**2.4.1.8.2. Hipótesis de cálculo mecánico de apoyos**

Las hipótesis de cálculo para apoyos dependen de la zona en la que se encuentra la línea, del tipo de apoyo y del tipo de cadena de aisladores utilizada en el apoyo.

En la línea de estudio los apoyos son de alineación con cadena de aisladores en suspensión, ubicados en zona C, por lo tanto, las hipótesis de cálculo a tener en cuenta son las establecidas en la siguiente tabla:



		HIPÓTESIS NORMALES (cs = 1.5)		HIPÓTESIS ANORMALES (cs = 1.2)	
TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS - VIENTO	2ª HIPÓTESIS - HIELO	3ª HIPÓTESIS - DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES	4ª HIPÓTESIS - ROTURA DE CONDUCTORES
Apoyo de alineación con cadena en suspensión	V (vertical)	Cargas permanentes considerados los cables sometidos a una sobrecarga de viento	Cargas permanentes considerando los conductores sometidos a una sobrecarga de hielo	Cargas permanentes considerando los conductores sometidos a una sobrecarga de hielo	Cargas permanentes considerando los conductores sometidos a una sobrecarga de hielo
	T (transversal)	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad de 120 km/h sobre los conductores	-	-	-
	L (longitudinal)	-	-	Desequilibrio de tracciones	Rotura de conductores

Tabla 2.27 - Hipótesis de cálculo mecánico para apoyos.

Fuente: ITC-LAT-07. Líneas aéreas con conductores desnudos. Apartado 3.5.3.

**1) Hipótesis de viento**

➤ **Esfuerzos verticales:**

Son los esfuerzos debidos al peso total de los conductores, junto con otros elementos que puedan ejercer un peso propio. Se desprecia el peso propio ejercido por la cadena de aisladores de suspensión.

➤ Peso total vertical (daN) ➔  $P_T = 3 \cdot P_c = 3 \cdot p \cdot a_g$

Donde:

- p es el peso del conductor utilizado [daN/m]
- a<sub>g</sub> es el gravivano del apoyo correspondiente [m]

➤ Esfuerzo vertical (daN) →  $F_v = P_T \cdot cs$

Donde:

$cs$  es el coeficiente de seguridad a cumplir en función del tipo de hipótesis. En las hipótesis normales tiene un valor de 1,5 mientras que en las hipótesis anormales tiene un valor de 1,2.

Este esfuerzo vertical total debe ser soportado por el apoyo escogido.

➤ **Esfuerzos transversales:**

Son los debidos a la acción del viento sobre los conductores, sobre el apoyo u sobre otros elementos. Se desprecia la acción del viento que se pueda ejercer sobre la cadena de aisladores en suspensión.

➤ Acción del viento sobre los conductores →  $F_{vc} = p_v \cdot a_v$

Donde:

$F_{vc}$  es el esfuerzo transversal sobre los conductores [daN]  
 $p_v$  es el peso debido a la acción del viento [daN/m]  
 $a_v$  es el eolovano del apoyo correspondiente [m]

➤ **Esfuerzo útil horizontal resultante:**

Momento flector resultante → es debido a las fuerzas verticales y a las fuerzas transversales.

El momento flector debido a las fuerzas verticales es el que genera el peso de los conductores con respecto al empotramiento del apoyo es:

$$Mf_v = Pc \cdot \sum D$$

Donde:

$Mf_v$  es el momento flector debido a fuerzas verticales [daNm]  
 $Pc$  es el peso de los conductores;  $Pc = p \cdot a_g$  [daN]  
 $D$  es la distancia horizontal desde la fuerza hasta el empotramiento, origen de momentos. [m]

El momento flector debido a las fuerzas transversales, es decir a la acción del viento sobre conductores y apoyo con respecto al empotramiento del apoyo es:

$$Mf_T = F_{vc} \cdot \sum H$$

Donde:

$Mf_T$	es el momento flector debido a fuerzas transversales	[daNm]
$F_{vc}$	es la fuerza transversal debida al viento sobre los conductores	[daN]
H	altura desde los conductores hasta el empotramiento	[m]

El momento flector resultante es la suma de los dos anteriores:

$$Mf = Mf_v + Mf_T$$

Con este momento flector resultante total, se obtiene la fuerza equivalente horizontal:

$$Feq_H = \frac{Mf}{H_u}$$

Donde:

$Feq_H$	es la fuerza horizontal equivalente	[daN]
Mf	es el momento flector resultante	[daNm]
$H_u$	es la altura útil del apoyo dado	[m]

Por lo tanto, la fuerza útil horizontal es la resultante de aplicar el coeficiente de seguridad a la fuerza equivalente horizontal:

$$Fu_H = Feq_H \cdot cs$$

Este esfuerzo útil horizontal debe ser soportado por el apoyo escogido.

## 2) Hipótesis de hielo

### ➤ Esfuerzos verticales:

Son los esfuerzos debidos al peso total de los conductores, junto con el peso ejercido por el manguito de hielo depositado sobre los conductores y sobre otros posibles elementos. Se

desprecia el peso ejercido por el manguito de hielo sobre aisladores y herrajes de la cadena de aisladores.

➤ **Peso total vertical (daN) →**  $P_T = 3 \cdot P_{ch} = 3 \cdot (p + p_h) \cdot a_g$

Donde:

$p$	es el peso del conductor utilizado	[daN/m]
$p_h$	es el peso del manguito de hielo sobre el conductor	[daN/m]
$a_g$	es el gravivano del apoyo correspondiente	[m]

➤ **Esfuerzo vertical (daN) →**  $F_v = P_T \cdot cs$

Donde:

$cs$	es el coeficiente de seguridad a cumplir en función del tipo de hipótesis. En las hipótesis normales tiene un valor de 1,5 mientras que en las hipótesis anormales tiene un valor de 1,2.
------	--

Este esfuerzo vertical total debe ser soportado por el apoyo escogido.

➤ **Esfuerzo útil horizontal resultante:**

Momento flector resultante → debido únicamente a fuerzas verticales existentes:

$$M_f = M_{f_v} = P_c \cdot \sum D$$

Donde;

$M_{f_v}$	es el momento flector debido a fuerzas verticales	[daNm]
$P_c$	es el peso de los conductores; $P_c = p \cdot a_g$	[daN]
$D$	es la distancia horizontal desde la fuerza hasta el empotramiento, origen de momentos.	[m]

Con este momento flector resultante total, se obtiene la fuerza equivalente horizontal:

$$F_{eq_H} = \frac{M_f}{H_u}$$

Donde:

$F_{eq_H}$	es la fuerza horizontal equivalente	[daN]
$M_f$	es el momento flector resultante	[daNm]
$H_u$	es la altura útil del apoyo dado	[m]

Por lo tanto, la fuerza útil horizontal es la resultante de aplicar el coeficiente de seguridad a la fuerza equivalente horizontal:

$$F_{u_H} = F_{eq_H} \cdot cs$$

Este esfuerzo útil horizontal debe ser soportado por el apoyo escogido.

### 3) Hipótesis de desequilibrio de tracciones

#### ➤ Esfuerzos verticales:

Se consideran los mismos esfuerzos verticales que los considerados en la segunda hipótesis de hielo.

#### ➤ Esfuerzos longitudinales:

Los esfuerzos longitudinales a considerar son los provocados por el desequilibrio de tracciones, los cuales se obtienen como el 8% del valor de la tracción máxima en el vértice en la hipótesis de hielo de tracciones máximas admisibles a -20°C.

$$F_d = 8\% T_{oh}$$

Donde:

$F_d$  es el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones [daN]

$T_{oh}$  es la tracción en el vértice de la hipótesis para el cálculo de tracciones máximas admisibles, de viento o de hielo. [daN]

#### ➤ Esfuerzo útil horizontal resultante:

Momento flector resultante → el momento flector resultante es el debido a fuerzas verticales y longitudinales.

El momento flector debido a fuerzas verticales se obtiene como se ha visto en las hipótesis anteriores.

El momento flector longitudinal se obtiene de la siguiente manera, y es perpendicular al momento flector debido a fuerzas verticales.

$$M_{f_L} = F_d \cdot \sum H$$

Donde:

$Mf_L$	es el momento flector debido a fuerzas longitudinales	[daNm]
$F_d$	es la fuerza longitudinal por desequilibrio de tracciones	[daN]
$H$	altura desde los conductores hasta el empotramiento	[m]

El momento flector resultante es:

$$Mf = \sqrt{Mf_v^2 + Mf_L^2}$$

Con este momento flector resultante total, se obtiene la fuerza equivalente horizontal:

$$F_{eq_H} = \frac{Mf}{H_u}$$

Donde:

$F_{eq_H}$	es la fuerza horizontal equivalente	[daN]
$Mf$	es el momento flector resultante	[daNm]
$H_u$	es la altura útil del apoyo dado	[m]

Por lo tanto, la fuerza útil horizontal es la resultante de aplicar el coeficiente de seguridad a la fuerza equivalente horizontal:

$$F_{u_H} = F_{eq_H} \cdot cs$$

Este esfuerzo útil horizontal debe ser soportado por el apoyo escogido.

Debido al desequilibrio de tracciones es posible que se origine un momento torsor, sin embargo, no es necesario su comprobación debido a que la hipótesis de rotura de conductores es siempre más desfavorable en cuando a momentos torsos.

#### 4) Hipótesis de rotura de conductores

##### ➤ Esfuerzos verticales:

Se consideran los mismos esfuerzos verticales que los considerados en la segunda hipótesis de hielo.

##### ➤ Esfuerzos longitudinales:

Son los esfuerzos que aparecen a causa de la rotura de uno o varios conductores. La rotura de conductores origina la aparición de momentos flectores y torsos, por lo que hay que comprobar que el esfuerzo útil horizontal debido a momentos flectores y el esfuerzo útil torsor

debido a momentos torsores, en la situación más desfavorable, van a ser soportados por el apoyo escogido.

El esfuerzo longitudinal a considerar es el correspondiente al 50% del valor de la tracción máxima en el vértice en la hipótesis de hielo de tracciones máximas admisibles a -20°C, debido a que se supone la utilización de varillas de protección en el amarre del conductor al aislador.

$$Fr = 50\% Toh$$

Donde:

Fr es el esfuerzo longitudinal por rotura de conductores [daN]  
 Toh es la tracción en el vértice de la hipótesis de hielo a -20°C para el cálculo de tracciones máximas admisibles [daN]

➤ **Esfuerzo útil horizontal resultante:**

Momento flector resultante → es debido a las fuerzas verticales y longitudinales, de la misma manera vista en las hipótesis anteriores.

$$Mf_v = Pc \cdot \sum D$$

$$Mf_L = Fr \cdot \sum H$$

$$Mf = \sqrt{Mf_v^2 + Mf_L^2}$$

El cálculo del momento flector debe realizarse tomando en cuenta la rotura de uno o varios conductores, de la forma más desfavorable en cuanto al momento flector. No se tomará en cuenta la reducción de carga debido a la rotura del conductor.

Con este momento flector se obtiene la fuerza horizontal equivalente y útil, fuerza que deberá soportar el apoyo escogido.

$$F_{eq_H} = \frac{Mf}{Hu}$$

$$Fu_H = F_{eq_H} \cdot cs$$

➤ **Esfuerzo torsor resultante:**

Momento torsor → es el debido a la rotura de algún o algunos conductores. El momento torsor debe obtenerse considerando la rotura de uno o varios conductores, de la forma más desfavorable en cuanto al momento torsor.

El momento torsor se obtiene con la siguiente expresión:

$$M_t = Fr \cdot \sum D$$

Donde:

$M_t$	es el momento torsor	[daNm]
$Fr$	es el esfuerzo longitudinal correspondiente	[daN]
$D$	es la distancia horizontal desde los conductores hasta el empotramiento, origen de momentos.	[m]

Una vez obtenido el momento torsor resultante, se obtiene la fuerza equivalente torsora debida a dicho momento:

$$F_{eq_t} = \frac{M_t}{D_u}$$

Donde:

$F_{eq_t}$	es la fuerza torsora equivalente	[daN]
$M_t$	es el momento torsor resultante	[daNm]
$D_u$	es la distancia útil desde un conductor hasta el apoyo	[m]

Por lo tanto, la fuerza útil torsora es la resultante de aplicar el coeficiente de seguridad a la fuerza equivalente:

$$F_{u_t} = F_{eq_t} \cdot cs$$

Este esfuerzo torsor debe ser soportado por el apoyo escogido.

#### 2.4.1.8.3. Tabla de cálculo mecánico de apoyos

A continuación, se adjunta una tabla de cálculo mecánico para cada apoyo, de manera que se compruebe el soporte de los esfuerzos generados en los mismos.



APOYO A C-1000 APOYO DE ALINEACIÓN CON CADENAS DE AISLADORES DE SUSPENSIÓN					
HIPÓTESIS 1					
V	PT=	25,718	daN		
	Fv=	38,577	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
T	Fvc=	41,108	daN		
	MfT=	1874,502	daN*m		
	Mf=	1874,502	daN*m		
	Feq=	150,562	daN		
	Fu(horizontal)=	225,844	daN	<	1000 daN
HIPÓTESIS 2					
V	PT=	178,738	daN		
	Fv=	268,106	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
HIPÓTESIS 3					
V	PT=	178,738	daN		
	Fv=	214,485	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
L	Fd=	42,412	daN		
	MfL=	1934,007	daN*m		
	Mf=	1934,007	daN*m		
	Feq=	155,342	daN		
	Fu(horizontal)=	186,410	daN	<	1000 daN
HIPÓTESIS 4					
V	PT=	178,738	daN		
	Fv=	214,485	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
L	Fr=	265,078	daN		
	MfL=	4029,181	daN*m	Rotura de cualquier conductor, están todos a la misma altura.	
	Feq=	323,629	daN		
	Fu(horizontal)=	388,355	daN	<	1000 daN
	Mt=	530,155	daN*m	Rotura de un conductor de uno de los extremos a 2 metros.	
	Feq=	265,078	daN		
	Fu(torsora)=	318,093	daN	<	700 daN

**Tabla 2.28** - Tabla de cálculo mecánico del apoyo A.

APOYO B C-3000 APOYO DE ALINEACIÓN CON CADENAS DE AISLADORES DE SUSPENSIÓN					
HIPÓTESIS 1					
V	PT=	74,387	daN		
	Fv=	111,580	daN	<	800 daN
	Mfv=	0			
T	Fvc=	72,293	daN		
	MfT=	3296,538	daN*m		
	Mf=	3296,538	daN*m		
	Feq=	278,189	daN		
	Fu(horizontal)=	417,283	daN	<	3000 daN
HIPÓTESIS 2					
V	PT=	516,978	daN		
	Fv=	775,467	daN	<	800 daN
	Mfv=	0			
HIPÓTESIS 3					
V	PT=	516,978	daN		
	Fv=	620,373	daN	<	800 daN
	Mfv=	0			
L	Fd=	42,412	daN		
	MfL=	1934,007	daN*m		
	Mf=	1934,007	daN*m		
	Feq=	163,207	daN		
	Fu(horizontal)=	195,849	daN	<	3000 daN
HIPÓTESIS 4					
V	PT=	516,978	daN		
	Fv=	620,373	daN	<	800 daN
	Mfv=	0			
L	Fr=	265,078	daN		
	MfL=	4029,181	daN*m	Rotura de cualquier conductor, están todos a la misma altura.	
	Feq=	340,015	daN		
	Fu(horizontal)=	408,018	daN	<	3000 daN
	Mt=	530,155	daN*m	Rotura de un conductor de uno de los extremos a 2 metros.	
	Feq=	265,078	daN		
	Fu(torsora)=	318,093	daN	<	1400 daN

Tabla 2.29 - Tabla de cálculo mecánico del apoyo B.

APOYO C C-1000 APOYO DE ALINEACIÓN CON CADENAS DE AISLADORES DE SUSPENSIÓN					
HIPÓTESIS 1					
V	PT=	49,160	daN		
	Fv=	73,740	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
T	Fvc=	38,273	daN		
	MfT=	1745,226	daN*m		
	Mf=	1745,226	daN*m		
	Feq=	140,179	daN		
	Fu(horizontal)=	210,268	daN	<	1000 daN
HIPÓTESIS 2					
V	PT=	341,653	daN		
	Fv=	512,479	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
HIPÓTESIS 3					
V	PT=	341,653	daN		
	Fv=	409,983	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
L	Fd=	42,412	daN		
	MfL=	1934,007	daN*m		
	Mf=	1934,007	daN*m		
	Feq=	155,342	daN		
	Fu(horizontal)=	186,410	daN	<	1000 daN
HIPÓTESIS 4					
V	PT=	341,653	daN		
	Fv=	409,983	daN	<	600 daN
	Mfv=	0			
L	Fr=	265,078	daN		
	MfL=	4029,181	daN*m	Rotura de cualquier conductor, están todos a la misma altura.	
	Feq=	323,629	daN		
	Fu(horizontal)=	388,355	daN	<	1000 daN
	Mt=	530,155	daN*m	Rotura de un conductor de uno de los extremos a 2 metros.	
	Feq=	265,078	daN		
	Fu(torsora)=	318,093	daN	<	700 daN

Tabla 2.30 - Tabla de cálculo mecánico del apoyo C.

### 2.4.1.9. Cálculo de cimentaciones de los apoyos

La cimentación realizada para cada apoyo debe garantizar el cumplimiento de la verificación al vuelco por la fórmula de Sulzberger con un coeficiente de seguridad de 1,5.

➤ **Fórmula de Sulzberger:**

- Momento al vuelco → 
$$M_v = F \cdot \left( H_L + \frac{2}{3} \cdot h \right) = F \cdot \left( H - \frac{1}{3} \cdot h \right)$$

Donde:

$M_v$	es el momento de vuelco	[daNm]
$F$	es el esfuerzo nominal del poste elegido	[daN]
$H_L$	es la altura libre del poste	[m]
$H$	es la altura total del poste	[m]
$h$	es la profundidad del macizo de hormigón	[m]

- Momento estabilizador al vuelco → 
$$M_e = 139 \cdot k \cdot a \cdot h^4 + 2200 \cdot a^3 \cdot h \cdot 0,4$$

Donde:

$M_e$	es el momento estabilizador al vuelco	[daNm]
$a$	es la anchura del macizo	[m]
$h$	es la profundidad del macizo de hormigón	[m]
$k$	es el coeficiente de compresibilidad del terreno	[kg/cm x cm <sup>2</sup> ]

- Coeficiente de seguridad → 
$$cs = \frac{M_e}{M_v} \geq 1,5$$

➤ **Resultados obtenidos del cálculo de cimentaciones para cada apoyo:**

APOYO A						
Esfuerzo nominal	F	1000	daN	Mv	13133,33	daN*m
Altura total	H	14	m			
Coefficiente compresibilidad	k	12	kg/cm x cm2	Me	95421,98	daN*m
Ancho del macizo	a	1,2	m			
Profundidad del macizo	h	2,6	m	cs	7,27	> 1.5
APOYO B						
Esfuerzo nominal	F	3000	daN	Mv	39400,00	daN*m
Altura total	H	14	m			
Coefficiente compresibilidad	k	12	kg/cm x cm2	Me	95421,98	daN*m
Ancho del macizo	a	1,2	m			
Profundidad del macizo	h	2,6	m	cs	2,42	> 1.5
APOYO C						
Esfuerzo nominal	F	1000	daN	Mv	13133,33	daN*m
Altura total	H	14	m			
Coefficiente compresibilidad	k	12	kg/cm x cm2	Me	95421,98	daN*m
Ancho del macizo	a	1,2	m			
Profundidad del macizo	h	2,6	m	cs	7,27	> 1.5

**Tabla 2.31** - Tabla de cálculo y comprobación de cimentaciones.

**2.4.1.10. Verificación de puesta a tierra**

Para la verificación de la correcta instalación de puesta a tierra deben conocerse las características propias de la red eléctrica proporcionadas por la compañía distribuidora.

- ✓ Intensidad máxima de falta a tierra ➔  $I_{\text{máx\_falta}} = 250 \text{ A}$
- ✓ Tiempo de duración de la falta ➔  $t_f = 0,7 \text{ segundos}$

**2.4.1.10.1. Verificación por tensiones de contacto admisibles**

Para cumplir con esta verificación, el aumento de la tensión del potencial de tierra debe ser inferior a la tensión de contacto máxima admisible en la línea.

$$U_E < U_C$$

➤ **Tensión de contacto aplicada admisible:**

Duración de la corriente de falta $t_f$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible $U_{ca}$ (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
>10.00	50

**Tabla 2.32** - Tensión de contacto aplicada admisible.

**Fuente:** ITC-LAT-07. Líneas aéreas con conductores desnudos. Apartado 7.3.4.1.

Puesto que la duración de la falta, característica específica de la red eléctrica de UFD, es de 0,7 segundos, la tensión de contacto aplicada admisible, interpolando entre valores de 0,5 y 1 segundo de tiempo de falta, es:

$$U_{ca} = 165,2 \text{ V}$$

➤ **Tensión de contacto máxima admisible:**

$$U_C = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho}{Z_B} \right]$$

Donde:

- $U_C$  es la tensión máxima de contacto admisible [V]
- $U_{ca}$  es la tensión de contacto aplicada admisible [V]
- $R_{a1}$  es la resistencia de un calzado estimada en  $2000 \Omega$  [Ω]
- $R_{a2}$  es la resistencia a tierra del punto de contacto.  
Se estima como 3 veces la resistividad del terreno. [Ω]
- $Z_B$  es la impedancia que presenta el cuerpo humano.  
Se estima como una resistencia de valor  $1000 \Omega$  [Ω]
- $\rho$  es la resistividad media del terreno [Ωm]

$$U_C = 165,2 \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 500}{1000} \right] = 454,3 \text{ V}$$

➤ **Aumento de potencia de tierra:**

$$U_E = I_E \cdot R_p$$

Donde:

- $U_E$  es el aumento del potencial de tierra [V]
- $I_E$  es la corriente a tierra en línea. Coincide con la corriente de falta a tierra por no existir conductor de tierra. [A]
- $R_p$  es la resistencia a tierra del apoyo a dimensionar [Ω]

La corriente de falta a tierra se obtiene con las siguientes expresiones:

$$I_F = I_E = \frac{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n}{\sqrt{(3 \cdot R)^2 + \left(\frac{1}{w \cdot C}\right)^2}}$$

$$C = \frac{I_{\text{máx\_falta}}}{\sqrt{3} \cdot c \cdot U_n \cdot w}$$

$$R = K_r \cdot \rho$$

Donde:

- $I_E$  es la intensidad o corriente de falta a tierra [A]
- $c = 1,1$
- $U_n$  es la tensión nominal de la línea aérea [V]
- $R$  es la resistencia del sistema de puesta a tierra [Ω]
- $w$  es la frecuencia nominal de la red [Hz]
- $C$  es la capacidad total de la línea con defecto a tierra [F]
- $I_{\text{máx\_falta}}$  es la intensidad máxima de defecto a tierra [A]
- $K_r$  es el coeficiente de resistencia de la puesta a tierra  $\left[ \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \right]$
- $\rho$  es la resistividad del suelo o del terreno [Ωm]

$$R = 0,1057 \cdot 500 = 52,85 \Omega$$

$$C = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 20000 \cdot 50} = 131,2 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 131,2 \mu\text{F}$$

$$I_E = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot 20000}{\sqrt{(3 \cdot 52,85)^2 + \left(\frac{1}{50 \cdot 131,2 \cdot 10^{-6}}\right)^2}} = 173,25 \text{ A}$$

$$U_E = 173,25 \cdot 20 = 3465 \text{ V}$$

➤ **Conclusión:**

Como conclusión, no cumplimos con los requisitos de verificación de la instalación de puesta a tierra, debido a que el aumento del potencial de tierra es superior a la tensión de contacto máxima admisible.

$$U_E = 3465 \text{ V} > U_C = 454.3 \text{ V}$$

Para solucionar el problema se recurre al empleo de la medida adicional de utilizar una capa de recubrimiento de hormigón con una resistividad de 3000 Ωm, de 20 cm de espesor. Además, la utilización de una acera equipotencial alrededor de la malla de puesta a tierra garantiza el cumplimiento de los requisitos de tensión de contacto por medidas auxiliares.

**2.4.1.10.2. Verificación por tensiones de paso admisibles**

Puesto que se garantiza el cumplimiento de las tensiones de contacto mediante medidas auxiliares, se debe garantizar el cumplimiento del requisito de las tensiones de paso aplicadas.

Los valores de las tensiones de paso máximas admisibles para apoyos frecuentados con calzado dependen de la resistividad del terreno natural, entre 200 y 1500 Ωm. Se toman todos los apoyos como frecuentados con calzado para simplificar el cálculo y sobredimensionar la instalación para garantizar la seguridad de las personas.

Tensiones de paso admisibles	Símbolo	Unidades	Valor
Resistividad del terreno natural	ρ	Ωm	500
Tensión de paso admisible terreno-terreno	Up <sub>t-t</sub> (con calzado)	V	10400
Tensión de paso admisible acera-terreno	Up <sub>a-t</sub> (con calzado)	V	18018

**Tabla 2.33** - Tensiones de paso admisibles para apoyos frecuentados con calzado y resistividad del terreno entre 200 y 1500 Ωm.

**Fuente:** Proyecto tipo de línea aérea facilitado por Unión Fenosa Distribución.



Debe verificarse que las tensiones de paso que presenta la instalación de puesta a tierra son inferiores a las tensiones de paso máximas admisibles por la misma.

$$U'p_{t-t} < Up_{t-t}$$

$$U'p_{a-t} < Up_{a-t}$$

Donde:

$Up_{t-t}$  y  $Up_{a-t}$  son las tensiones de paso máximas admisibles [V]  
 $U'p_{t-t}$  y  $U'p_{a-t}$  son las tensiones de paso existentes [V]

➤ **Tensiones de paso de la instalación:**

$$U'p_{t-t} = K_{pt-t} \cdot \rho \cdot I_E$$

$$U'p_{a-t} = K_{pa-t} \cdot \rho \cdot I_E$$

Donde:

$I_E$  es la corriente de falta a tierra [A]  
 $\rho$  es la resistividad del terreno [ $\Omega m$ ]

$K_{pt-t}$  y  $K_{pa-t}$  son los coeficientes de tensión de paso debida a la instalación de puesta a tierra  $\left[ \frac{V}{\Omega \cdot m \cdot A} \right]$

➤ **Conclusión:**

Podemos verificar el cumplimiento de las tensiones de paso admisibles.

$$U'p_{t-t} = 0,0216 \cdot 500 \cdot 173,25 = 1871,1V < 10400 V$$

$$U'p_{a-t} = 0,0538 \cdot 500 \cdot 173,25 = 4660,425 V < 18018 V$$

**2.4.1.11. Distancias de seguridad mínimas establecidas**

➤ **Distancias mínimas entre conductores:**

La separación mínima entre conductores de fase de la línea aérea, se determina mediante la siguiente expresión:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

Donde:

$D$  es la separación entre conductores de fase [m]  
 $K$  es el coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento  
 $K'$  es el coeficiente dependiente de la tensión nominal de la línea

- F es flecha máxima obtenida en las hipótesis de cálculo [m]
- L es la longitud de la cadena de suspensión [m]  
Si la cadena de aisladores es de amarre se toma L=0.
- D<sub>pp</sub> es la distancia mínima aérea en función del conductor [m]

Los valores de las variables dependientes del tipo de conductor y de la tensión nominal de la línea se establecen en la siguiente tabla:

<b>Conductor LA-56</b>	
<b>Un = 20kV</b>	
<b>K</b>	0,65
<b>K'</b>	0,75
<b>D<sub>pp</sub></b>	0,25

**Tabla 2.34** - Variables del conductor LA-56.

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{5,13 + 0,590} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,74 \text{ metros}$$

Como el tipo de cruceta utilizada en los apoyos tiene una distancia entre conductores de 2 metros, cumplimos con la distancia mínima exigida.

➤ **Distancias entre los conductores y el terreno:**

La altura de los apoyos debe ser la necesaria para que los conductores en todo momento, incluso en el punto de su flecha máxima, estén a una distancia mínima de cualquier punto en el terreno o superficie de agua no navegable de 6 metros. Esta distancia puede reducirse en un metro si se trata de lugares de difícil acceso.

Con el tipo de apoyo y cruceta elegido en cada uno de los apoyos, se cumplen estas distancias mínimas.

**2.4.2. Cálculos eléctricos**

**2.4.2.1. Intensidad máxima del conductor**

El valor de la intensidad máxima admisible para un conductor se deduce a partir de la densidad máxima de corriente y viene definida por el tipo de conductor.

Para un conductor LA-56 ➔  $I_{m\acute{a}x} = 199,35 \text{ A}$

### 2.4.2.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

La intensidad de cortocircuito se obtiene en función de la duración del cortocircuito y del tipo de conductor utilizado. En la siguiente tabla se muestran los valores de las intensidades de cortocircuito máximas admisibles, proporcionados por la compañía distribuidora en su proyecto tipo de una línea eléctrica aérea.

Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores (kA)									
Cond.	Duración del cortocircuito (s)								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	2	3
LA-56	14,58	10,31	8,42	7,29	5,95	5,15	4,61	3,26	2,66
LA-110	29,22	20,66	16,87	14,61	11,93	10,33	9,24	6,53	5,33
LARL-56	14,97	10,59	8,65	7,49	6,11	5,29	4,74	3,35	2,73
LARL-125	34,08	24,10	19,68	17,04	13,91	12,05	10,78	7,62	6,22

Tabla 2.35 - Intensidades de cortocircuito frente al tiempo de duración del cortocircuito.

Fuente: Proyecto tipo de línea aérea de Unión Fenosa Distribución.

### 2.4.2.3. Resistencia y reactancia inductiva

Si se desea conocer la resistencia del conductor a temperaturas distintas de 20°C, se debe utilizar la siguiente expresión:

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20))$$

Donde:

- R es la resistencia a la temperatura deseada [Ω/km]
- R<sub>20</sub> es la resistencia a la temperatura de 20°C [Ω/km]
- α es el coeficiente de temperatura del conductor a 20°C.  
Para aluminio tiene un valor de 0,00403 [°C<sup>-1</sup>]
- θ es la temperatura de servicio del conductor [°C]

La reactancia inductiva de la línea aérea, por unidad de longitud y por fase, se obtiene de la siguiente manera:

$$X = 2\pi \cdot f \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot n} + 4.605 \cdot \log \frac{2 \cdot D_m}{d} \right) \cdot 10^{-4}$$

Donde:

- X es la reactancia por unidad de longitud [Ω/km]
- f es la frecuencia de la red [Hz]
- n es el número de conductores por fase

- d es el diámetro del conductor [mm]  
 D<sub>m</sub> es la separación media geométrica entre conductores. [mm]

La separación media geométrica entre conductores obtiene con la siguiente expresión, para un circuito simple con un conductor por fase, en función de la separación existente entre los conductores de fase.

$$D_m = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{31}}$$

Donde:

- d es la distancia de separación entre los conductores de fase de la línea en milímetros

Puesto que la separación entre los conductores de fase depende de la cruceta, la separación media geométrica es:

$$D_m = \sqrt[3]{2000 \cdot 2000 \cdot 4000} = 2519,84 \text{ mm} = 2,52 \text{ m}$$

Por lo tanto, la reactancia inductiva de la línea eléctrica es:

$$X = 2\pi \cdot 50 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 1} + 4,605 \cdot \log \frac{2 \cdot 2519,84}{9,45} \right) \cdot 10^{-4} = 0,41 \Omega / \text{km}$$

#### 2.4.2.4. Potencia máxima a transportar

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{\text{máx}} \cdot \cos \varphi$$

Donde:

- P<sub>máx</sub> es la máxima potencia a transportar por la línea [kW]  
 U<sub>n</sub> es la tensión nominal de la línea [kV]  
 I<sub>máx</sub> es la corriente máxima admisible por el conductor [A]  
 cos φ es el factor de potencia medio de la instalación

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 199,35 \cdot 0,9 = 6215,12 \text{ kW}$$

#### 2.4.2.5. Caída de tensión

Para determinar la caída de tensión es necesario conocer los datos de potencia a transportar por la línea e intensidad nominal de la línea. La potencia a transportar por la línea se fija en:

$$P = 2 \text{ MW} = 2000 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la intensidad nominal que circula por la línea para esta potencia transportada es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,9} = 64,15 \text{ A}$$

La caída de tensión a lo largo de la línea se obtiene con la siguiente expresión:

$$\Delta U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U_n^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

Donde:

$\Delta U$ (%)	es la caída de tensión porcentual	[%]
P	es la potencia transportada por la línea	[kW]
L	es la longitud de la línea	[km]
$U_n$	es la tensión nominal de la línea	[kV]
R y X	son la resistencia y reactancia por unidad de longitud	[ $\Omega$ /km]
$\varphi$	es el ángulo correspondiente al factor de potencia	[°]

$$\Delta U(\%) = \frac{2000 \cdot 0,256}{10 \cdot 20^2} \cdot (0,613 + 0,41 \cdot \operatorname{tg}(\ar \cos 0,9)) = 0,11\%$$

La caída de tensión a través de la línea es despreciable.

#### 2.4.2.6. Pérdida de potencia

La pérdida de potencia a través de la línea, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot L$$

Donde:

$\Delta P$	es la pérdida de potencia a través de la línea	[W]
R	es la resistencia eléctrica del conductor por unidad de longitud	[ $\Omega$ /km]
I	es la intensidad nominal de la línea	[A]
L	es la longitud de conductor utilizado en la línea	[km]

$$\Delta P = 3 \cdot 0,613 \cdot 64,15^2 \cdot 0,256 = 1937,38 \text{ W} = 1,94 \text{ kW}$$

La pérdida de potencia expresada en porcentaje se obtiene con la siguiente expresión:

$$\Delta P(\%) = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100$$

Donde:

$\Delta P$ (%)	es la pérdida de potencia porcentual	[%]
$\Delta P$	es la pérdida de potencia en unidades de potencial	[kW]

P es la estimación de potencia transportada por la línea [kW]

$$\Delta P (\%) = \frac{1,94}{2000} \cdot 100 = 0.097 \% \approx 0.1\%$$

La pérdida de potencia producida a través de la línea eléctrica aérea es despreciable.

## 2.5. Subestación transformadora

### 2.5.1. Ventilación en el edificio de transformación

Según la recomendación técnica NTP 742 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo sobre “Ventilación general de edificios”, basada en lo establecido en la norma UNE-EN 13779:2008 sobre “Ventilación en edificios no residenciales”, el caudal mínimo de aire a extraer para conseguir la correcta ventilación de edificios no residenciales por cada unidad de superficie del edificio es de:

$$Q_{\text{aire\_min}} = 2 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}^2$$

El aire interior en función de su calidad se ha clasificado como IDA 3, es decir, un aire interior con calidad intermedia.

El caudal total de aire a extraer por cada hora se obtiene con la siguiente expresión:

$$Q_{\text{aire}} = Q_{\text{aire\_min}} \cdot S$$

Donde:

$Q_{\text{aire}}$  es el caudal de aire a atraer por hora [m<sup>3</sup>/h]

$Q_{\text{aire\_min}}$  es el caudal de aire mínimo a extraer por unidad de superficie [m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>]

S es la superficie total del edificio de cálculo [m<sup>2</sup>]

$$Q_{\text{aire}} = 2 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{m}^2 \cdot 35 \text{ m}^2 = 70 \text{ m}^3 / \text{h}$$

**2.5.2. Intensidades nominales de la subestación**

Transformador	Nivel de tensión	Potencia	Intensidad nominal
Transformador principal	Primario: 20 kV	S = 1600 kVA	$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 20} = 46,19 \text{ A}$
	Secundario: 6 kV		$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 6} = 153,96 \text{ A}$
Transformador de S.S.A.A	Primario: 20 kV	S = 160 kVA	$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 20} = 4,62 \text{ A}$
	Secundario: 400 V		$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 230 \text{ A}$

**Tabla 2.36** - Intensidades nominales subestación transformadora.

**2.5.3. Intensidades de cortocircuito de la subestación**

Transformador	Nivel de tensión	Potencia	Intensidad nominal
Transformador principal	Primario: 20 kV	S <sub>cc</sub> = 350 MVA	$I_{ccp} = \frac{350 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10103,6 \text{ A} = 10,103 \text{ kA}$
	Secundario: 6 kV		$I_{ccs} = 153,96 \cdot \frac{100}{6} = 2566 \text{ A} = 2,57 \text{ kA}$
Transformador de S.S.A.A	Primario: 20 kV	S <sub>cc</sub> = 350 MVA	$I_{ccp} = \frac{350 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20} = 10103,6 \text{ A} = 10,103 \text{ kA}$
	Secundario: 400 V		$I_{ccs} = 230 \cdot \frac{100}{4} = 5750 \text{ A} = 5,75 \text{ kA}$

**Tabla 2.37** - Intensidades de cortocircuito subestación transformadora.

**2.5.4. Comprobación de diseño del embarrado de 20 kV**

➤ **Densidad de corriente máxima admisible:**

Se debe cumplir la condición de que la densidad de corriente en el embarrado sea inferior a la densidad de corriente máxima admisible por el conductor.

$$\delta < \delta_{m\acute{a}x}$$

La densidad de corriente es la magnitud vectorial que define el valor de intensidad por cada unidad de superficie.

La densidad de corriente se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{I_n}{S}$$

Donde:

$\delta$	es la densidad de corriente	[A/mm <sup>2</sup> ]
$I_n$	es la intensidad nominal de servicio del embarrado	[A]
$S$	es la sección nominal del conductor de la barra	[mm <sup>2</sup> ]

$$\delta = \frac{400}{201,06} = 1,99 \text{ A/mm}^2$$

La densidad de corriente máxima admisible por el conductor, está definida en las normativas DIN, para una temperatura ambiente de 35 °C y una temperatura del embarrado de 65 °C, para conductor de cobre de diámetro de 16 mm e intensidad nominal máxima de 464 A.

$$\delta_{\text{máx}} = 2,31 \text{ A/mm}^2$$

Por lo tanto, se comprueba el correcto diseño por motivos de densidad de corriente máxima admisible.

$$\delta = 1,99 \text{ A/mm}^2 < \delta_{\text{máx}} = 2,31 \text{ A/mm}^2$$

#### ➤ **Solicitud electrodinámica:**

Para comprobar el diseño correcto del embarrado de media tensión, debe comprobarse que la carga de fatiga máxima producida en el embarrado es inferior a la fatiga de rotura del material utilizado para dicho embarrado. Para ello se deben realizar los siguientes cálculos:

- Esfuerzo producido.

$$F = 2,04 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{I_{\text{cc}}^2 (\text{límite electrodinámico}) \cdot L}{d}$$

Donde:

$F$	es la fuerza producida en el embarrado	[kg]
$I_{\text{ee}}$	es el valor de intensidad del límite elástico	[A]
$L$	es la longitud del embarrado	[m]
$d$	es la distancia existente entre fases del embarrado	[m]

$$F = 2,04 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 8}{0,8} = 326,4 \text{ kg}$$

- Esfuerzo transmitido al apoyo del embarrado.



$$M_{\text{máx}} = \frac{F}{2} \cdot 60$$

$$M_{\text{máx}} = \frac{326,4}{2} \cdot 60 = 9792 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

- Módulo resistente de cada una de las barras.

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

Donde:

W es el módulo resistente de la barra [mm<sup>3</sup>]

d es el diámetro de las barras que forman el embarrado [mm]

$$W = \frac{\pi \cdot 16^3}{32} = 402,12 \text{ mm}^3$$

- Fatiga máxima producida en el embarrado.

$$r_{\text{máx}} = \frac{M_{\text{máx}}}{W} = \frac{9792}{402,12} = 24,35 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

- Fatiga de rotura del conductor.

La fatiga de rotura es el valor de fatiga el valor en el cual, si es alcanzado y prolongado, el conductor se romperá.

La fatiga del conductor utilizado de cobre semiduro, con diámetro de 16 mm es de 28 kg/mm<sup>2</sup>.

Se comprueba el correcto diseño de la instalación del embarrado principal en la subestación, debido a que la fatiga máxima producida en el embarrado no es superior a la fatiga de rotura del conductor.

#### ➤ **Solicitud térmica:**

Para comprobar el diseño correcto del embarrado en función de la solicitud térmica, debe comprobarse que la sobreintensidad máxima admisible durante 1 segundo que se puede producir en el embarrado de media tensión sea superior a la intensidad nominal de límite térmico del mismo.

$$I = S \cdot \alpha \cdot \sqrt{\frac{\delta}{t}}$$

Donde:

- I es la sobreintensidad máxima admisible por la instalación [A]
- S es la sección del conductor que forma el embarrado [mm<sup>2</sup>]
- $\alpha$  tiene un valor constante de 13 para cobre
- $\delta$  tiene un valor de 180° para conductores de cobre inicialmente a T<sup>a</sup> ambiente
- t es el tiempo de duración del cortocircuito [s]

$$I = 201,06 \cdot 13 \cdot \sqrt{\frac{180}{1}} = 35067,54 \text{ A} = 35,067 \text{ kA}$$

La intensidad de límite térmico de los conductores es de 16 kA.

### 2.5.5. Dimensionado de la red general de tierra

El cálculo y diseño de la red general de tierra de la subestación transformadora se realiza en función de lo establecido en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en su instrucción técnica ITC-RAT-13 y siguiendo la norma IEEE 80-2000 del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

#### 2.5.5.1. Datos iniciales

##### Características del terreno:

- Resistividad del suelo  $\rho = 50 \Omega \cdot \text{m}$
- Resistividad superficial de la capa de grava  $\rho_s = 3000 \Omega \cdot \text{m}$
- Profundidad de la capa de grava  $h_s = 10 \text{ cm} = 0,1\text{m}$
- Peso medio de una persona a efectos de cálculo  $P = 50 \text{ kg}$

##### Características geométricas de la malla:

- Profundidad de enterramiento de la malla  $h = 50 \text{ cm} = 0,5\text{m}$
- Medidas de la malla  $L_x = 40 \text{ m}$   
 $L_y = 35 \text{ m}$   
 $A = 1400 \text{ m}^2$
- Medidas de las celdas reticulares de la malla  $D_x = 5 \text{ m}$   
 $D_y = 5 \text{ m}$

- Medidas de las picas: longitud y número  $L_e = 2\text{ m}$   
 $e = 4\text{ picas}$

**Características de la red:**

- Frecuencia de la red  $f = 50\text{ Hz}$
- Intensidad de defecto a tierra  $I_f = 250\text{ A}$
- Tiempo de duración del defecto a tierra  $t_f = 0,7\text{ s}$
- Cociente entre reactancia y resistencia  $X/R = 20$
- Intensidad máxima de cortocircuito  $I_{cc} = 10,103\text{ kA}$

**Características de los conductores de la malla:**

$$\alpha_r = 0,00393\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$K_0 = 234\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_r = 1,7241\text{ }\mu\Omega \cdot \text{cm}$$

$$\text{TCAP} = 3,422\text{ J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$T_m = 1083\text{ }^\circ\text{C}$$

$$r = 4\text{ mm}$$

$$S = 50\text{ mm}^2$$

**2.5.5.2. Tensiones tolerables**

➤ **Según lo establecido en las normas de IEEE 80-2000:**

- Factor de reducción debido al espesor de la capa superficial.

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 \cdot h_s + 0,09}$$

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{50}{3000}\right)}{2 \cdot 0,1 + 0,09} = 0,695$$

- Tensión de contacto tolerable.

$$E_{\text{contacto}60} = \frac{(1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot 0,116}{\sqrt{t_f}}$$

$$E_{\text{contacto50}} = \frac{(1000 + 1,5 \cdot 0,695 \cdot 3000) \cdot 0,116}{\sqrt{0,7}} = 572,26 \text{ V}$$

- Tensión de paso tolerable.

$$E_{\text{paso50}} = \frac{(1000 + 6 \cdot Cs \cdot \rho_s) \cdot 0,116}{\sqrt{t_f}}$$

$$E_{\text{paso50}} = \frac{(1000 + 6 \cdot 0,695 \cdot 3000) \cdot 0,116}{\sqrt{0,7}} = 1873,11 \text{ V}$$

➤ **Según lo establecido en la ITC-RAT 13:**

- Factor de reducción debido al espesor de la capa superficial.

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right)$$

$$Cs = 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{50}{3000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106} \right) = 0,66$$

- Tensión de contacto tolerable.

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{1000 + 1,5 \cdot \rho_s \cdot Cs}{1000} \right]$$

$$U_c = 165,2 \cdot \left[ 1 + \frac{1000 + 1,5 \cdot 3000 \cdot 0,66}{1000} \right] = 821,044 \text{ V}$$

- Tensión de paso tolerable.

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{4000 + 6 \cdot \rho_s \cdot Cs}{1000} \right]$$

$$U_p = 10 \cdot 165,2 \cdot \left[ 1 + \frac{4000 + 6 \cdot 3000 \cdot 0,66}{1000} \right] = 27885,76 \text{ V}$$

Las tensiones máximas admisibles por el criterio de la norma IEEE 80-2000 son más restrictivas.

### 2.5.5.3. Configuración inicial

➤ **Sección mínima de los conductores de malla:**

- Frecuencia angular.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314 \text{ rad/s}$$

- Constante de tiempo de la componente de corriente directa.

$$T_a = \frac{X/R}{\omega}$$

$$T_a = \frac{20}{314} = 0,0637 \text{ segundos}$$

- Factor de decremento para la intensidad asimétrica de cortocircuito.

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot t_f}{T_a}}\right)}$$

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{0,0637}{0,7} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 0,7}{0,0637}}\right)} = 1,045$$

- Sección mínima del conductor de malla (según IEEE 80-2000).

$$A = I_{cc} \cdot D_f \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_f \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_s}\right)}}$$

$$A = 10,103^2 \cdot 1,045 \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{3,422 \cdot 10^{-4}}{0,7 \cdot 0,00393 \cdot 50}\right) \cdot \ln\left(\frac{243 + 1083}{234 + 40}\right)}} = 31,37 \text{ mm}^2$$

- Sección mínima del conductor de malla (según ITC-RAT13).

$$A = I_{cc} \cdot D_f \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{2 \cdot t_f \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_s}\right)}}$$

- Sección mínima establecida por la ITC-RAT 13: La sección mínima que deben tener los conductores que forman la malla de puesta a tierra es de 50 mm<sup>2</sup> para conductores cilíndricos con diámetros mínimo de 4 mm.

➤ **Geometría de la red de puesta a tierra:**

- Número de conductores de la malla.

$$n_x = \frac{L_x}{D_x} + 1$$

$$n_y = \frac{L_y}{D_y} + 1$$

$$n_x = \frac{40}{5} + 1 = 9$$

$$n_y = \frac{35}{5} + 1 = 8$$

- Espaciado entre conductores de malla.

$$D'_x = \frac{L_x}{n_x - 1}$$

$$D'_y = \frac{L_y}{n_y - 1}$$

$$D'_x = \frac{40}{9 - 1} = 5 \text{ m}$$

$$D'_y = \frac{35}{8 - 1} = 5 \text{ m}$$

- Espaciado medio entre los conductores de la malla.

$$D = \frac{L_x + L_y}{n_x + n_y - 2}$$

$$D = \frac{40 + 35}{9 + 8 - 2} = 5 \text{ m}$$

- Longitud total del conductor horizontal de la red.

$$L_C = L_x \cdot n_x + L_y \cdot n_y$$

$$L_C = 40 \cdot 9 + 35 \cdot 8 = 640 \text{ m}$$

- Área total de la malla de puesta a tierra.

$$A = L_x \cdot L_y$$

$$A = 40 \cdot 35 = 1400 \text{ m}^2$$

#### 2.5.5.4. Tensiones de paso y contacto

- Longitud efectiva del enterramiento para la tensión de contacto.

$$L_M = L_C + \left[ 1,55 + 1,22 \cdot \left( \frac{L_e}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \cdot e \cdot L_e$$

$$L_M = 640 + \left[ 1,55 + 1,22 \cdot \left( \frac{2}{\sqrt{40^2 + 35^2}} \right) \right] \cdot 4 \cdot 2 = 652,77 \text{ m}$$

- Longitud efectiva de enterramiento para la tensión de paso.

$$L_S = 0,75 \cdot L_C + 0,85 \cdot e \cdot L_e$$

$$L_S = 0,75 \cdot 640 + 0,85 \cdot 4 \cdot 2 = 486,8 \text{ m}$$

- Número efectivo de conductores paralelos.

$$n_a = \frac{L_c}{L_x + L_y} = \frac{640}{40 + 35} = 8,53$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_x + L_y}{2 \cdot \sqrt{A}}} = \sqrt{\frac{40 + 35}{2 \cdot \sqrt{1400}}} = 1,001$$

$$n_c = n_d = 1$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 8,54$$

- Factor de irregularidad.

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n = 0,644 + 0,148 \cdot 8,54 = 1,91$$

- Factor debido a la utilización de picas en las esquinas.

$$K_{ii} = 1$$

- Factor de profundidad.

$$K_h = \sqrt{1+h} = \sqrt{1+0,5} = 1,225$$

- Factor de espaciamiento para la tensión de contacto.

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left\{ \ln \left[ \frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D+2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right] + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left[ \frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right] \right\}$$

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left\{ \ln \left[ \frac{5^2}{16 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} + \frac{(5+2 \cdot 0,5)^2}{8 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} - \frac{0,5}{4 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} \right] + \frac{1}{1,225} \cdot \ln \left[ \frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot 8,54 - 1)} \right] \right\} = 0,75$$

- Factor de espaciamiento para la tensión de paso.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ \frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[ \frac{1}{2 \cdot 0,5} + \frac{1}{5+0,5} + \frac{1}{5} \cdot (1 - 0,5^{8,54-2}) \right] = 0,44$$



- Tensión máxima de contacto en la instalación.

$$E_m = \frac{K_m \cdot K_i \cdot \rho \cdot I_f}{L_M}$$

$$E_m = \frac{0,75 \cdot 1,91 \cdot 50 \cdot 250}{652,77} = 27,43 \text{ V}$$

- Tensión máxima de paso en la instalación.

$$E_s = \frac{K_s \cdot K_i \cdot \rho \cdot I_f}{L_s}$$

$$E_s = \frac{0,44 \cdot 1,91 \cdot 50 \cdot 250}{486,8} = 21,58 \text{ V}$$

#### 2.5.5.5. Comprobación de tensiones de paso y de contacto

Para comprobar el correcto diseño de la instalación de puesta a tierra de la subestación transformadora, se debe comprobar que las tensiones de paso y de contacto máximas producidas en la instalación son inferiores que las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles por el tipo de configuración adoptada para la instalación.

Por lo tanto, se cumple que:

$$E_m = 27,43 \text{ V} < E_{\text{contacto}50} = 572,26 \text{ V}$$

$$E_s = 21,58 \text{ V} < E_{\text{paso}50} = 1873,11 \text{ V}$$

#### 2.5.5.6. Resistencia de la red mallada de tierra

La resistencia del mallado que compone la red de tierra se obtiene, en función de lo establecido en la norma IEEE 80-2000, se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$R = \rho \cdot \left[ \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20} \cdot A} \cdot \left( 1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde:

R	es la resistencia del mallado de la red de tierra	[ $\Omega$ ]
$\rho$	es la resistividad del terreno	[ $\Omega\text{m}$ ]
L	es la longitud total de conductor del mallado	[m]
A	es el área cubierta por la red mallada de tierra	[ $\text{m}^2$ ]
h	es la profundidad a la que se entierra la red mallada	[m]

$$R = 500 \cdot \left[ \frac{1}{640} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 1400}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{1 + 0,5 \cdot \sqrt{\frac{20}{1400}}} \right) \right] = 6,59 \Omega$$

Firmado:

Béjar, septiembre de 2017

ANAÏS CORMORANT BEGUIN

# CAPÍTULO III. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

### 3.1. Mediciones

➤ **Capítulo 1: Instalación eléctrica de servicios auxiliares:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
0101	Ud.	Fusible de cuchillas de intensidad nominal 200 A con bases portafusibles tipo BUC de 250 A. CRADY.	3
0102	Ud.	Contador trifásico de medida de energía eléctrica. HAGER.	1
0103	Ud.	Envolvente metálica para Caja de Protección y Medida. CLAVED familia ARED model AC50554.	1
0104	Ud.	Envolvente metálica para alojamiento de cuadros de distribución de energía eléctrica. Medidas: 257x426x72 mm.	10
<b>Interruptores automáticos magnetotérmicos:</b>			
0105	Ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 10 A	12
0106	Ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 16 A	10
0107	Ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 20 A	2
0108	Ud.	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 25 A	2
0109	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 10 A	6
0110	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 16 A	3
0111	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 20 A	3
0112	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 25 A	5
0113	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 32 A	6
0114	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 40 A	2
0115	Ud.	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 125 A	1
<b>Interruptores diferenciales:</b>			
0116	Ud.	Interruptor diferencial bipolar de 25 A y sensibilidad de 30 mA	3
0117	Ud.	Interruptor diferencial bipolar de 25 A y sensibilidad de 300 mA	2
0118	Ud.	Interruptor diferencial bipolar de 40 A y sensibilidad de 30 mA	4
0119	Ud.	Interruptor diferencial bipolar de 40 A y sensibilidad de 300 mA	1
Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.			171

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
0120	Ud.	Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A y sensibilidad de 30 mA	1
0121	Ud.	Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A y sensibilidad de 300 mA	7
0122	Ud.	Interruptor diferencial tetrapolar de 40 A y sensibilidad de 300 mA	2
0123	Ud.	Sistema de Alimentación Ininterrumpida monofásico de 2000 VA	1
<b>Canalizaciones:</b>			
0124	m	Sistema de canalización superficial: bandeja de rejilla suspendido del techo	910
0125	m	Sistema de canalización entubada	560
<b>Conductores:</b>			
0126	m	Conductor de aluminio AL XZ1 (S) 1x150 mm <sup>2</sup>	150
0127	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x1,5 mm <sup>2</sup>	1944
0128	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x2,5 mm <sup>2</sup>	542,12
0129	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x4 mm <sup>2</sup>	497,18
0130	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x6 mm <sup>2</sup>	468,08
0131	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x10 mm <sup>2</sup>	348,78
0132	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x95 mm <sup>2</sup>	40
<b>Mecanismos:</b>			
0133	Ud.	Interruptor	16
0134	Ud.	Toma de corriente monofásica	56
0135	Ud.	Toma de corriente trifásica	4
<b>Luminarias:</b>			
0136	Ud.	PHILIPS BRP775 FG T25 1xLED59-4S DS50	40
0137	Ud.	PHILIPS BY470P 1xECO170S/840 HRO GC	20
0138	Ud.	PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W	31
0139	Ud.	PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2	42

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
0140	Ud.	PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MILO	31
0141	Ud.	PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR+GTX260 58W L1	32
0142	Ud.	Luminaria de emergencia 11 W	42

➤ **Capítulo 2: Subestación transformadora:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Adecuación de la subestación:</b>			
0201	Ud.	Columna metálica para pórticos de acero galvanizado en caliente con protección contra corrosión	2
0202	Ud.	Dintel para pórtico de acero galvanizado en caliente con protección contra corrosión. Incluye herrajes y tornillería.	1
0203	Ud.	Apoyos metálicos de acero galvanizado en caliente con protección contra corrosión para soporte de aparamenta	20
0204	m <sup>3</sup>	Excavación para cimentación de la subestación	750
0205	m <sup>3</sup>	Cimentación de la subestación en hormigón armado con canalizaciones de PVC preparadas para el paso de cableado	225
0206	Ud.	Estructura metálica del embarrado de 20 kV. Incluye juego de tres barras simple de tubo macizo de cobre semiduro de 16 mm de diámetro. Incluye herrajes y tornillería.	1
0207	m	Enrejado metálico de 2,5 metros de altura para el cierre perimetral de la subestación. Incluye puerta de acceso metálica.	110
0208	Ud.	Unión entre estructuras metálicas	1
<b>Sistema de ventilación del edificio de transformación:</b>			
0209	Ud.	Sistema de ventilación por extracción. Incluye extractor axial, mural y de tipo helicoidal SODECA de 0,12 kW para extracción de aire	1
<b>Transformadores:</b>			
0210	Ud.	Transformador principal ORMAZABAL, trifásico con neutro accesible en el secundario, refrigeración por aceite y de 1600 kVA de potencia nominal. Incluye foso de recogida de aceite, bancada de soporte del transformador y herrajes y conexiones necesarias.	1

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
0211	Ud.	Transformador de S.S.A.A ORMAZABAL, trifásico con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural por aceite y de 160 kVA de potencia nominal. Incluye bancada de soporte del transformador y herrajes y conexiones necesarias.	1
<b>Celdas de media tensión:</b>			
0212	Ud.	Celda de protección de transformador CGMCOSMOS-P de 24 kV	1
0213	Ud.	Celda de protección de transformador CGMCOSMOS-P de 12 kV	1
0214	Ud.	Celda de medida CGMCOSMOS-M de 24 kV	1
0215	Ud.	Celda de medida CGMCOSMOS-M de 12 kV	1
0216	Ud.	Celda de protección con interruptor automático CGMCOSMOS-V de 12 kV	1
0217	Ud.	Celda de línea CGMCOSMOS-L de 24 kV	1
0218	Ud.	Celda de línea CGMCOSMOS-L de 12 kV	1
0219	Ud.	Celda de remonte de cables CGMCOSMOS-RC de 12 kV	1
<b>Protecciones en media tensión:</b>			
0220	Ud.	Seccionador de columnas giratorias unipolar de 24 kV de tensión asignada ARTECHE	9
0221	Ud.	Interruptor-seccionador automático tripolar de 24 kV de tensión asignada ARTECHE	2
0222	Ud.	Transformador de tensión inductivo unipolar con aislamiento en papel-aceite de 24 kV de tensión asignada ARTECHE	3
0223	Ud.	Transformador de intensidad unipolar con aislamiento seco de resina cicloasfáltica de 24 kV de tensión asignada ARTECHE	6
0224	Ud.	Interruptor tripolar de protección en baja tensión de intensidad nominal de 265 A	1
<b>Conductores:</b>			
0225	m	Conductor de aluminio AL VOLTALENE H de tensión 12/20 kV en instalación al aire con sección de 150 mm <sup>2</sup>	360
0226	m	Conductor de aluminio AL VOLTALENE H de tensión 12/20 kV en instalación enterrada con sección de 150 mm <sup>2</sup>	150
<b>Red de tierra:</b>			
0227	m <sup>3</sup>	Excavación para red de puesta a tierra	700
0228	m	Anillo de conductor cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección enterrado	150
0229	m	Mallado de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección formando celdas 15 de 5x5 metros	485
Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.			174

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
0230	m <sup>3</sup>	Capa de recubrimiento de hormigón de 10 cm de espesor sobre el mallado de tierra	140
0231	Ud.	Electrodo de puesta a tierra de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud	4
0232	m	Conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección para la conexión a tierra de los equipos	150
0233	m	Tubo flexible de PVC de 21 mm de diámetro para atravesar la capa de recubrimiento de hormigón	150

➤ **Capítulo 3: Línea eléctrica aérea de conexión a red:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Apoyos:</b>			
0301	Ud.	Apoyo de alineación C-1000-14 formado por torre metálica de celosía de 14 metros de altura y 1000 daN de esfuerzo útil, tres cadenas de dos aisladores de vidrio en suspensión, cruceta tipo bóveda. Incluye excavación, cimentación y red de puesta a tierra del apoyo.	2
0302	Ud.	Apoyo de alineación C-3000-14 formado por torre metálica de celosía de 14 metros de altura y 3000 daN de esfuerzo útil, tres cadenas de dos aisladores de vidrio en suspensión, cruceta tipo bóveda. Incluye excavación, cimentación y red de puesta a tierra del apoyo.	1
<b>Conductor:</b>			
0303	m	Línea eléctrica aérea trifásica de media tensión (20 kV) con conductor de aluminio LA-56 con sección de 46,80 mm <sup>2</sup> de aluminio, 7,79 mm <sup>2</sup> de acero y 54,60 mm <sup>2</sup> de sección total. Incluye tendido, tensado y retencionado.	855

➤ **Capítulo 4: Línea eléctrica de generación:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
0401	m	Línea eléctrica de media tensión de generación en instalación directamente enterrada en el terreno a una profundidad de un metro. Conductor AL VOLTALENE H 1x95/16 de 95 mm <sup>2</sup> de sección con tensión asignada de 3,6/6 kV.	180



➤ **Capítulo 5: Instalación contra incendios:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Señalización:</b>			
0501	Ud.	Señalización de recorrido de evacuación de PVC con medidas 224x224 mm	30
0502	Ud.	Señal con rótulo "SALIDA" de PVC con medidas 105x300 mm	6
0503	Ud.	Señal con rótulo "SIN SALIDA" de PVC con medidas 105x300 mm	12
0504	Ud.	Señalización de presencia de extintor, de PVC con medidas 420x420 mm	13
0505	Ud.	Señalización de presencia de boca de incendio equipada de PVC con medidas 210x210 mm	2
0506	Ud.	Señalización de presencia de pulsador de alarma manual de PVC con medidas 210x210 mm	5
<b>Elementos de protección activa contra incendios:</b>			
0507	Ud.	Sistema de protección activa mediante pulsador manual de alarma de incendio. Incluye sistema de alarma interior	5
0508	Ud.	Boca de incendio equipada BIE de tipo 45 mm horizontal con puerta ciega y 20 metros de manguera	2
0509	Ud.	Sistema de protección activa mediante extintor de polvo tivalente ABC, 6 kg y eficacia 21A-113B	13
<b>Central de detección y alarma contra incendios:</b>			
0510	Ud.	Central de detección y alarma de incendio para 8 zonas. Incluye módulo de comunicaciones	1
<b>Red de abastecimiento de agua para alimentación de BIEs:</b>			
0511	m	Tubería de alimentación de agua potable con instalación enterrada de acero galvanizado sin soldadura de 80 mm de diámetro	411
0512	m	Tubería de alimentación de agua potable con instalación enterrada de acero galvanizado sin soldadura de 50 mm de diámetro	35
0513	Ud.	Codo de 90° de acero galvanizado de 80 mm de diámetro	4
0514	Ud.	Codo de 90° de acero galvanizado de 50 mm de diámetro	1
0515	Ud.	Té de derivación a ramal para conducciones hidráulicas de 80 mm de diámetro	2
0516	Ud.	Cono reductor de diámetro de 80 a 50 mm	1

### 3.2. Cuadro de precios

➤ **Capítulo 1: Instalación eléctrica de servicios auxiliares:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
0101		Fusible de cuchillas de intensidad nominal 200 A con bases portafusibles tipo BUC de 250 A. CRADY.			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Fusible de cuchillas de 200 A	3	15,70	47,10
					<b>63,67</b>
0102		Contador trifásico de medida de energía eléctrica. HAGER.			
	h	Oficial 1ª electricista	1,55	15,90	24,65
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Contador trifásico de medida de energía eléctrica.	1	65,00	65,00
					<b>95,09</b>
0103		Envolvente metálica para Caja de Protección y Medida. CLAVED familia ARED model AC50554.			
	h	Oficial 1ª electricista	2,5	15,90	39,75
	h	Ayudante de electricista	1,4	13,60	19,04
	ud	Envolvente metálica para CPM	1	145,00	145,00
					<b>203,79</b>
0104		Envolvente metálica para alojamiento de cuadros de distribución de energía eléctrica. Medidas: 257x426x72 mm.			
	h	Oficial 1ª electricista	25	15,90	397,50
	h	Ayudante de electricista	14	13,60	190,40
	ud	Envolvente metálica para CPM	10	11,32	113,20
					<b>701,10</b>
		<b>Interruptores automáticos magnetotérmicos:</b>			
0105		Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 10 A			
	h	Oficial 1ª electricista	4,8	15,90	76,32
	h	Ayudante de electricista	1,2	13,60	16,32
	ud	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 10 A	12	29,23	350,76
					<b>443,40</b>
0106		Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 16 A			
	h	Oficial 1ª electricista	4,8	15,90	76,32
	h	Ayudante de electricista	1,2	13,60	16,32

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
	ud	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 16 A	10	29,73	297,30
					<b>389,94</b>
0107		Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 20 A			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 20 A	2	30,68	61,36
					<b>77,93</b>
0108		Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 25 A			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor magnetotérmico bipolar de intensidad nominal 25 A	2	31,07	62,14
					<b>78,71</b>
0109		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 10 A			
	h	Oficial 1ª electricista	2,4	15,90	38,16
	h	Ayudante de electricista	0,6	13,60	8,16
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 10 A	6	118,42	710,52
					<b>756,84</b>
0110		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 16 A			
	h	Oficial 1ª electricista	1,55	15,90	24,65
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 16 A	3	119,66	358,98
					<b>389,07</b>
0111		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 20 A			
	h	Oficial 1ª electricista	1,55	15,90	24,65
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 20 A	3	123,04	369,12
					<b>399,21</b>
0112		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 25 A			
	h	Oficial 1ª electricista	2	15,90	31,80
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 25 A	5	127,36	636,80
					<b>674,04</b>

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
0113		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 32 A			
	h	Oficial 1ª electricista	2,4	15,90	38,16
	h	Ayudante de electricista	0,6	13,60	8,16
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 32 A	6	133,08	798,48
					<b>844,80</b>
0114		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 40 A			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 40 A	2	157,56	315,12
					<b>331,69</b>
0115		Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 125 A			
	h	Oficial 1ª electricista	0,4	15,90	6,36
	h	Ayudante de electricista	0,2	13,60	2,72
	ud	Interruptor magnetotérmico tetrapolar de intensidad nominal 125 A	1	474,91	474,91
					<b>483,99</b>
		<b>Interruptores diferenciales:</b>			
0116		Interruptor diferencial bipolar de 25 A y sensibilidad de 30 mA			
	h	Oficial 1ª electricista	1,55	15,90	24,65
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor diferencial bipolar de 25 A y sensibilidad de 30 mA	3	187,75	563,25
					<b>593,34</b>
0117		Interruptor diferencial bipolar de 25 A y sensibilidad de 300 mA			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor diferencial bipolar de 25 A y sensibilidad de 300 mA	2	187,63	375,26
					<b>391,83</b>
0118		Interruptor diferencial bipolar de 40 A y sensibilidad de 30 mA			
	h	Oficial 1ª electricista	1,6	15,90	25,44
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor diferencial bipolar de 40 A y sensibilidad de 30 mA	4	193,53	774,12
					<b>805,00</b>
0119		Interruptor diferencial bipolar de 40 A y sensibilidad de 300 mA			

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
	h	Oficial 1ª electricista	0,4	15,90	6,36
	h	Ayudante de electricista	0,2	13,60	2,72
	ud	Interruptor diferencial bipolar de 40 A y sensibilidad de 300 mA	1	187,89	187,89
					<b>196,97</b>
0120		Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A y sensibilidad de 30 mA			
	h	Oficial 1ª electricista	0,4	15,90	6,36
	h	Ayudante de electricista	0,2	13,60	2,72
	ud	Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A y sensibilidad de 30 mA	1	288,98	288,98
					<b>298,06</b>
0121		Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A y sensibilidad de 300 mA			
	h	Oficial 1ª electricista	2,8	15,90	44,52
	h	Ayudante de electricista	0,7	13,60	9,52
	ud	Interruptor diferencial tetrapolar de 25 A y sensibilidad de 300 mA	7	246,46	1725,22
					<b>1779,26</b>
0122		Interruptor diferencial tetrapolar de 40 A y sensibilidad de 300 mA			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Interruptor diferencial tetrapolar de 40 A y sensibilidad de 300 mA	2	254,05	508,10
					<b>524,67</b>
0123		Sistema de Alimentación Ininterrumpida monofásico de 2000 VA			
	h	Oficial 1ª electricista	0,7	15,90	11,13
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Sistema de Alimentación Ininterrumpida monofásico de 2000 VA	1	411,50	411,50
					<b>428,07</b>
		<b>Canalizaciones:</b>			
0124		Sistema de canalización superficial: bandeja de rejilla suspendido del techo			
	h	Oficial 1ª electricista	90	15,90	1431,00
	h	Ayudante de electricista	90	13,60	1224,00
	m	Bandeja de rejilla	910	1,40	1274,00
					<b>3929,00</b>
0125		Sistema de canalización entubada			
	h	Oficial 1ª electricista	60	15,90	954,00
	h	Ayudante de electricista	60	13,60	816,00
	m	Tubo para canalización entubada y enterrada	560	0,94	526,40
					<b>2296,40</b>

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Conductores:</b>					
0126		Conductor de aluminio AL XZ1 (S) 1x150 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	30	15,90	477,00
	h	Ayudante de electricista	30	13,60	408,00
	m	Conductor de aluminio AL XZ1 (S) 1x150 mm <sup>2</sup>	150	5,27	790,50
					<b>1675,50</b>
0127		Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x1,5 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	120	15,90	1908,00
	h	Ayudante de electricista	120	13,60	1632,00
	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x1,5 mm <sup>2</sup>	1944	0,84	1632,96
					<b>5172,96</b>
0128		Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x2,5 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	60	15,90	954,00
	h	Ayudante de electricista	60	13,60	816,00
	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x2,5 mm <sup>2</sup>	542,12	1,15	623,44
					<b>2393,44</b>
0129		Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x4 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	55	15,90	874,50
	h	Ayudante de electricista	55	13,60	748,00
	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x2,5 mm <sup>2</sup>	497,18	1,37	681,14
					<b>2303,64</b>
0130		Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x6 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	50	15,90	795,00
	h	Ayudante de electricista	50	13,60	680,00
	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x6 mm <sup>2</sup>	468,08	1,84	861,27
					<b>2336,27</b>
0131		Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x10 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	40	15,90	636,00
	h	Ayudante de electricista	40	13,60	544,00
	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x10 mm <sup>2</sup>	348,78	2,84	990,54
					<b>2170,54</b>
0132		Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x95 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	8	15,90	127,20
	h	Ayudante de electricista	8	13,60	108,80
	m	Conductor de cobre RZ1-K (AS) 1x95 mm <sup>2</sup>	40	22,03	881,20
					<b>1117,20</b>
<b>Mecanismos:</b>					
0133		Interruptor			
	h	Oficial 1ª electricista	4,8	15,90	76,32
	h	Ayudante de electricista	0,7	13,60	9,52
	ud	Interruptor	16	6,03	96,48
					<b>182,32</b>
0134		Toma de corriente monofásica			
	h	Oficial 1ª electricista	12	15,90	190,80
	h	Ayudante de electricista	8	13,60	108,80

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
	ud	Toma de corriente monofásica	56	4,34	243,04
					<b>542,64</b>
0135		Toma de corriente trifásica			
	h	Oficial 1ª electricista	1,55	15,90	24,65
	h	Ayudante de electricista	0,4	13,60	5,44
	ud	Toma de corriente trifásica	4	7,79	31,16
					<b>61,25</b>
<b>Luminarias:</b>					
0136		PHILIPS BRP775 FG T25 1xLED59-4S DS50			
	h	Oficial 1ª electricista	8	15,90	127,20
	h	Ayudante de electricista	2,5	13,60	34,00
	ud	PHILIPS BRP775 FG T25 1xLED59-4S DS50	40	53,39	2135,60
					<b>2296,80</b>
0137		PHILIPS BY470P 1xECO170S/840 HRO GC			
	h	Oficial 1ª electricista	4	15,90	63,60
	h	Ayudante de electricista	1,55	13,60	21,08
	ud	PHILIPS BY470P 1xECO170S/840 HRO GC	20	87,48	1749,60
					<b>1834,28</b>
0138		PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W			
	h	Oficial 1ª electricista	6	15,90	95,40
	h	Ayudante de electricista	3,2	13,60	43,52
	ud	PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W	31	32,34	1002,54
					<b>1141,46</b>
0139		PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2			
	h	Oficial 1ª electricista	8	15,90	127,20
	h	Ayudante de electricista	2,5	13,60	34,00
	ud	PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2	42	48,74	2047,08
					<b>2208,28</b>
0140		PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MILO			
	h	Oficial 1ª electricista	6	15,90	95,40
	h	Ayudante de electricista	3,2	13,60	43,52
	ud	PHILIPS TPS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MILO	31	56,36	1747,16
					<b>1886,08</b>
0141		PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR+GTX260 58W L1			
	h	Oficial 1ª electricista	6	15,90	95,40
	h	Ayudante de electricista	3,2	13,60	43,52
	ud	PHILIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR+GTX260 58W L1	32	84,24	2695,68
					<b>2834,60</b>
0142		Luminaria de emergencia 11 W			
	h	Oficial 1ª electricista	3,5	15,90	55,65
	h	Ayudante de electricista	1,55	13,60	21,08

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Subtotal
	ud	Luminaria de emergencia 11 W	42	23,80	999,60
					<b>1076,33</b>
<b>TOTAL:</b>					<b>48409,42</b>

➤ **Capítulo 2: Subestación transformadora:**

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Subtotal
<b>Adecuación de la subestación:</b>					
0202		Columna metálica para pórticos de acero galvanizado en caliente con protección contra corrosión			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	2	18,23	36,46
	h	Ayudante instalador eléctrico	2	14,78	29,56
	ud	Columna metálica para pórtico	2	230,00	460,00
					<b>526,02</b>
0202		Dintel para pórtico de acero galvanizado en caliente con protección contra corrosión. Incluye herrajes y tornillería.			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,7	18,23	12,76
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,7	14,78	10,35
	ud	Herrajes, tornillería y accesorios	1	57,46	57,46
	ud	Dintel de acero galvanizado	1	125,00	125,00
					<b>205,57</b>
0203		Apoyo metálico de acero galvanizado en caliente con protección contra corrosión para soporte de aparamenta			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	6,5	18,23	118,50
	h	Ayudante instalador eléctrico	6,5	14,78	96,07
	ud	Herrajes, tornillería y accesorios	20	34,55	691,00
	ud	Apoyo metálico para soporte	20	172,41	3448,20
					<b>4353,77</b>
0204		Excavación para cimentación de la subestación			
	h	Oficial 1ª de construcción	7,5	18,54	139,05
	h	Peón ordinario de construcción	7,5	15,92	119,40
	m <sup>3</sup>	Excavación del terreno	750	18,63	13972,50
					<b>14230,95</b>
0205		Cimentación de la subestación en hormigón armado con canalizaciones de PVC preparadas para el paso de cableado			
	h	Oficial 1ª de construcción	10,5	18,54	194,67
	h	Peón ordinario de construcción	10,5	15,92	167,16
	m <sup>3</sup>	Cimentación de 30 cm de espesor	225	25,96	5841,00
					<b>6202,83</b>



<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
0206		Estructura metálica del embarrado de 20 kV. Incluye juego de tres barras simple de tubo macizo de cobre semiduro de 16 mm de diámetro. Incluye herrajes y tornillería.			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	3,5	18,23	63,81
	h	Ayudante instalador eléctrico	3,5	14,78	51,73
	ud	Estructura metálica y juego de barras simple	1	2704,55	2704,55
					<b>2820,09</b>
0207		Enrejado metálico de 2,5 metros de altura para el cierre perimetral de la subestación. Incluye puerta de acceso metálica.			
	h	Oficial 1ª de construcción	1,55	18,54	28,74
	h	Peón ordinario de construcción	1,55	15,92	24,68
	m	Enrejado metálico de 2,5 m de altura	110	4,81	529,10
					<b>582,51</b>
0208		Unión entre estructuras metálicas			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	1,55	18,23	28,26
	h	Ayudante instalador eléctrico	1,55	14,78	22,91
	ud	Unión entre estructuras metálicas	1	1803,03	1803,03
					<b>1854,20</b>
		<b>Sistema de ventilación del edificio de transformación:</b>			
0209		Sistema de ventilación por extracción. Incluye extractor axial, mural y de tipo helicoidal SODECA de 0,12 kW para extracción de aire			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,7	18,23	12,76
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,7	14,78	10,35
	ud	Accesorios y materiales	1	49,88	49,88
	ud	Extractor de aire	1	342,43	342,43
					<b>415,42</b>
		<b>Transformadores:</b>			
0210		Transformador principal ORMAZABAL, trifásico con neutro accesible en el secundario, refrigeración por aceite y de 1600 kVA de potencia nominal. Incluye foso de recogida de aceite, bancada de soporte del transformador y herrajes y conexiones necesarias.			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	4,8	18,23	87,50
	h	Ayudante instalador eléctrico	4,8	14,78	70,94
	ud	Excavación del foso de recogida de aceite en hormigón armado	1	5896,54	5896,54
	ud	Vigas de hormigón acero para soporte de la bancada	2	986,48	1972,96
	ud	Bancada de transformador	1	2423,00	2423,00
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Transformador trifásico de 1600 kVA	1	25789,56	25789,56

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
					<b>36575,18</b>
0211		Transformador de S.S.A.A ORMAZABAL, trifásico con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural por aceite y de 160 kVA de potencia nominal. Incluye bancada de soporte del transformador y herrajes y conexiones necesarias.			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	1,55	18,23	28,26
	h	Ayudante instalador eléctrico	1,55	14,78	22,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Transformador trifásico de 1600 kVA	1	5674,68	5674,68
					<b>6060,52</b>
		<b>Celdas de media tensión:</b>			
0212		Celda de protección de transformador CGMCOSMOS-P de 24 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	5768,98	5768,98
	ud	Conexiones, cableado y mandos	1	1432,50	1432,50
					<b>7549,35</b>
0213		Celda de protección de transformador CGMCOSMOS-P de 12 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	5192,08	5192,08
	ud	Conexiones, cableado y mandos	1	1432,50	1432,50
					<b>6972,45</b>
0214		Celda de medida CGMCOSMOS-M de 24 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	2456,87	2456,87
	ud	Celda de medida CGMCOSMOS-M de 24 kV	1	1432,50	1432,50
					<b>4237,24</b>
0215		Celda de medida CGMCOSMOS-M de 12 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	2211,18	2211,18
	ud	Celda de medida CGMCOSMOS-M de 12 kV	1	1432,50	1432,50
					<b>3991,56</b>
0216		Celda de protección con interruptor automático CGMCOSMOS-V de 12 kV			

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	6324,70	6324,70
	ud	Celda de protección con interruptor automático CGMCOSMOS-V de 12 kV	1	1432,50	1432,50
					<b>8105,07</b>
0217		Celda de línea CGMCOSMOS-L de 24 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	1548,23	1548,23
	ud	Celda de línea CGMCOSMOS-L de 24 kV	1	694,55	694,55
					<b>2590,65</b>
0218		Celda de línea CGMCOSMOS-L de 12 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	1323,75	1323,75
	ud	Celda de línea CGMCOSMOS-L de 12 kV	1	587,55	587,55
					<b>2259,17</b>
0219		Celda de remonte de cables CGMCOSMOS-RC de 12 kV			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,4	18,23	7,29
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,4	14,78	5,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Envolvente de la celda de media tensión	1	983,75	983,75
	ud	Celda de remonte CGMCOSMOS-RC de 12 kV	1	465,15	465,15
					<b>1796,77</b>
		<b>Protecciones en media tensión:</b>			
0220		Seccionador de columnas giratorias unipolar de 24 kV de tensión asignada ARTECHE			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	3,6	18,23	65,63
	h	Ayudante instalador eléctrico	3,6	14,78	53,21
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Seccionador de columnas giratorias unipolar de 24 kV	9	4045,00	36405,00
					<b>36858,51</b>
0221		Interruptor-seccionador automático tripolar de 24 kV de tensión asignada ARTECHE			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	1,55	18,23	28,26
	h	Ayudante instalador eléctrico	1,55	14,78	22,91
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Interruptor-seccionador automático tripolar de 24 kV	2	6640,00	13280,00

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
					<b>13665,84</b>
0222		Transformador de tensión inductivo unipolar con aislamiento en papel-aceite de 24 kV de tensión asignada ARTECHE			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	2,4	18,23	43,75
	h	Ayudante instalador eléctrico	2,4	14,78	35,47
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Transformador de tensión de 24 kV	3	891,16	2673,48
					<b>3087,37</b>
0223		Transformador de intensidad unipolar con aislamiento seco de resina cicloasfáltica de 24 kV de tensión asignada ARTECHE			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	3,6	18,23	65,63
	h	Ayudante instalador eléctrico	3,6	14,78	53,21
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	ud	Transformador de intensidad de 24 kV	6	873,97	5243,82
					<b>5697,33</b>
0224		Interruptor tripolar de protección en baja tensión de intensidad nominal de 265 A			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	0,7	18,23	12,76
	h	Ayudante instalador eléctrico	0,7	14,78	10,35
	ud	Accesorios y herramientas	1	34,67	34,67
	ud	Transformador de intensidad de 24 kV	1	243,66	243,66
					<b>301,44</b>
		<b>Conductores:</b>			
0225		Conductor de aluminio AL VOLTALENE H de tensión 12/20 kV en instalación al aire con sección de 150 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	14,4	15,90	228,96
	h	Ayudante de electricista	14,4	13,60	195,84
	m	Conductor AL VOLTALENE H 12/20 kV 1x150 mm <sup>2</sup>	360	10,23	3682,80
					<b>4107,60</b>
0226		Conductor de aluminio AL VOLTALENE H de tensión 12/20 kV en instalación enterrada con sección de 150 mm <sup>2</sup>			
	h	Oficial 1ª electricista	14,4	15,90	228,96
	h	Ayudante de electricista	14,4	13,60	195,84
	m	Excavación y zanja en el terreno	150	3,48	522,00
	m	Conductor AL VOLTALENE H 12/20 kV 1x150 mm <sup>2</sup>	150	10,23	1534,50
					<b>2481,30</b>
		<b>Red de tierra:</b>			
0227		Excavación para red de puesta a tierra			
	h	Oficial 1ª de construcción	7	18,54	129,78

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
	h	Peón ordinario de construcción	7	15,92	111,44
	m <sup>3</sup>	Excavación en el terreno	700	18,63	13041,00
					<b>13282,22</b>
0228		Anillo de conductor cobre densado de 50 mm <sup>2</sup> de sección enterrado			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	1,55	18,23	28,26
	h	Ayudante instalador eléctrico	1,55	14,78	22,91
	m	Anillo conductor de cobre desnudo 50 mm <sup>2</sup>	150	6,61	991,50
					<b>1042,67</b>
0229		Mallado de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección formando celdas 15 de 5x5 metros			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	3,6	18,23	65,63
	h	Ayudante instalador eléctrico	3,6	14,78	53,21
	m	Mallado de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> en celdas	485	6,61	3205,85
					<b>3324,69</b>
0230		Capa de recubrimiento de hormigón de 10 cm de espesor sobre el mallado de tierra			
	h	Oficial 1ª de construcción	1,55	18,54	28,74
	h	Peón ordinario de construcción	1,55	15,92	24,68
	m <sup>3</sup>	Capa de hormigón de 10 cm de espesor	140	12,70	1778,00
					<b>1831,41</b>
0231		Electrodo de puesta a tierra de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	2	18,23	36,46
	h	Ayudante instalador eléctrico	2	14,78	29,56
	m	Electrodo de puesta a tierra 14 mm	4	12,50	50,00
					<b>116,02</b>
0232		Conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección para la conexión a tierra de los equipos			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	6	18,23	109,38
	h	Ayudante instalador eléctrico	6	14,78	88,68
	m	Conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup>	150	6,61	991,50
					<b>1189,56</b>
0233		Tubo flexible de PVC de 21 mm de diámetro para atravesar la capa de recubrimiento de hormigón			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	6	18,23	109,38
	h	Ayudante instalador eléctrico	6	14,78	88,68
	m	Tubo de PVC 21 mm	150	1,10	165,00
					<b>363,06</b>
<b>TOTAL:</b>					<b>198678,31</b>

➤ **Capítulo 3: Línea eléctrica aérea de conexión a red:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
		<b>Apoyos:</b>			
0301		Apoyo de alineación C-1000-14 formado por torre metálica de celosía de 14 metros de altura y 1000 daN de esfuerzo útil, tres cadenas de dos aisladores de vidrio en suspensión, cruceta tipo bóveda. Incluye excavación, cimentación y red de puesta a tierra del apoyo.			
	h	Cuadrilla A	6	26,23	157,38
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	4	18,23	72,92
	h	Ayudante instalador eléctrico	4	14,78	59,12
	h	Oficial 1ª de construcción	2	18,54	37,08
	ud	Apoyo de alineación C-1000-14	2	854,00	1708,00
	ud	Cruceta tipo bóveda B-3	2	170,00	340,00
	ud	Aisaldor de vidrio U 70 BS	12	64,00	768,00
	m <sup>3</sup>	Excavación en el terreno	12	18,63	223,56
	m <sup>3</sup>	Macizo de hormigón formando la cimentación	8	12,70	101,60
	m	Conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección	40	6,61	264,40
	m	Barras cilíndricas de acero de 14 mm de diámetro formando mallado de puesta a tierra	120	4,46	535,20
	ud	Electrodo de puesta a tierra de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud	8	12,50	100,00
	m	Tubo flexible de PVC de 21 mm de diámetro para atravesar la capa de recubrimiento de hormigón	6	1,10	6,60
	m <sup>3</sup>	Capa superficial de hormigón armado de 10 cm de espesor	4	12,70	50,80
					<b>4424,66</b>
0302		Apoyo de alineación C-3000-14 formado por torre metálica de celosía de 14 metros de altura y 3000 daN de esfuerzo útil, tres cadenas de dos aisladores de vidrio en suspensión, cruceta tipo bóveda. Incluye excavación, cimentación y red de puesta a tierra del apoyo.			
	h	Cuadrilla A	3	26,23	78,69
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	2	18,23	36,46
	h	Ayudante instalador eléctrico	2	14,78	29,56
	h	Oficial 1ª de construcción	1	18,54	18,54
	ud	Apoyo de alineación C-1000-14	1	854,00	854,00
	ud	Cruceta tipo bóveda B-3	1	170,00	170,00
	ud	Aisaldor de vidrio U 70 BS	6	64,00	384,00
	m <sup>3</sup>	Excavación en el terreno	6	18,63	111,78
	m <sup>3</sup>	Macizo de hormigón formando la cimentación	4	12,70	50,80

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Subtotal
	m	Conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección	20	6,61	132,20
	m	Barras cilíndricas de acero de 14 mm de diámetro formando mallado de puesta a tierra	60	4,46	267,60
	ud	Electrodo de puesta a tierra de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud	4	12,50	50,00
	m	Tubo flexible de PVC de 21 mm de diámetro para atravesar la capa de recubrimiento de hormigón	3	1,10	3,30
	m <sup>3</sup>	Capa superficial de hormigón armado de 10 cm de espesor	2	12,70	25,40
					<b>2212,33</b>
<b>Conductor:</b>					
0303		Línea eléctrica aérea trifásica de media tensión (20 kV) con conductor de aluminio LA-56 con sección de 46,80 mm <sup>2</sup> de aluminio, 7,79 mm <sup>2</sup> de acero y 54,60 mm <sup>2</sup> de sección total. Incluye tendido, tensado y retencionado.	855		
	h	Cuadrilla A	7,5	26,23	196,73
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	7,5	18,23	136,73
	h	Ayudante instalador eléctrico	7,5	14,78	110,85
	m	Conductor de aluminio LA-56	855	9,50	8122,50
					<b>8566,80</b>
					<b>TOTAL: 15203,79</b>

➤ **Capítulo 4: Línea eléctrica de generación:**

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Precio	Subtotal
0401		Línea eléctrica de media tensión de generación en instalación directamente enterrada en el terreno a una profundidad de un metro. Conductor de aluminio AL VOLTALENE H 1x95/16 de 95 mm <sup>2</sup> de sección con tensión asignada de 3,6/6 kV.			
	h	Oficial 1ª instalador eléctrico	15	18,23	273,45
	h	Ayudante instalador eléctrico	15	14,78	221,70
	h	Oficial 1ª de construcción	15	9,50	142,50
	ud	Accesorios y herramientas	1	334,67	334,67
	m <sup>3</sup>	Excavación del terreno para realización de zanja a 1 m de profundidad	120	18,63	2235,60
	m	Conductor de aluminio AL VOLTALENE H 1x95/16 de 3,6/6 kV	180	5,97	1074,60
					<b>4282,52</b>
					<b>TOTAL: 4282,52</b>

➤ **Capítulo 5: Instalación contra incendios:**

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Señalización:</b>					
0501		Señalización de recorrido de evacuación de PVC con medidas 224x224 mm			
	h	Peón ordinario de construcción	3	15,92	47,76
	ud	Material de fijación de la placa de señalización	1	0,30	0,30
	ud	Señal de recorrido de evacuación	30	3,80	114,00
					<b>162,06</b>
0502		Señal con rótulo "SALIDA" de PVC con medidas 105x300 mm			
	h	Peón ordinario de construcción	0,6	15,92	9,55
	ud	Material de fijación de la placa de señalización	1	0,30	0,30
	ud	Señal de "SALIDA"	6	2,67	16,02
					<b>25,87</b>
0503		Señal con rótulo "SIN SALIDA" de PVC con medidas 105x300 mm			
	h	Peón ordinario de construcción	1,2	15,92	19,10
	ud	Material de fijación de la placa de señalización	1	0,30	0,30
	ud	Señal "SIN SALIDA"	12	3,80	45,60
					<b>65,00</b>
0504		Señalización de presencia de extintor, de PVC con medidas 420x420 mm			
	h	Peón ordinario de construcción	1,3	15,92	20,70
	ud	Material de fijación de la placa de señalización	1	0,30	0,30
	ud	Señalización de extintor de incendio	13	7,30	94,90
					<b>115,90</b>
0505		Señalización de presencia de boca de incendio equipada de PVC con medidas 210x210 mm			
	h	Peón ordinario de construcción	0,4	15,92	6,37
	ud	Material de fijación de la placa de señalización	1	0,30	0,30
	ud	Señalización de BIE	2	4,80	9,60
					<b>16,27</b>
0506		Señalización de presencia de pulsador de alarma manual de PVC con medidas 210x210 mm			
	h	Peón ordinario de construcción	0,7	15,92	11,14
	ud	Material de fijación de la placa de señalización	1	0,30	0,30
	ud	Señalización de pulsador manual de alarma	5	4,80	24,00
					<b>35,44</b>



<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Elementos de protección activa contra incendios:</b>					
0507		Sistema de protección activa mediante pulsador manual de alarma de incendio. Incluye sistema de alarma interior			
	h	Peón ordinario de construcción	0,7	15,92	11,14
	ud	Pulsador manual de alarma rearmable	5	13,10	65,50
	ud	Brida para precintar pulsador	5	5,08	25,40
	ud	Base de empotramiento y sujeción	5	10,00	50,00
	ud	Sirena o alarma interior óptica-acústica	3	37,30	111,90
					<b>263,94</b>
0508		Boca de incendio equipada BIE de tipo 45 mm horizontal con puerta ciega y 20 metros de manguera			
	h	Peón ordinario de construcción	1,55	15,92	24,68
	ud	BIE de tipo 45 mm	2	190,92	381,84
	ud	Base de empotramiento y sujeción	2	54,00	108,00
					<b>514,52</b>
0509		Sistema de protección activa mediante extintor de polvo tivalente ABC, 6 kg y eficacia 21A-113B			
	h	Peón ordinario de construcción	8	15,92	127,36
	ud	Extintor de polvos trivalente 21A-113B	13	35,84	465,92
	ud	Base de sujeción del extintor a la pared	13	11,19	145,47
					<b>738,75</b>
<b>Central de detección y alarma contra incendios:</b>					
0510		Central de detección y alarma de incendio para 8 zonas. Incluye módulo de comunicaciones			
	h	Peón ordinario de construcción	0,5	15,92	7,96
	ud	Central de alarma de incendios	1	275,66	275,66
	ud	Módulo de comunicaciones	1	110,32	110,32
					<b>393,94</b>
<b>Red de abastecimiento de agua para alimentación de BIEs:</b>					
0511		Tubería de alimentación de agua potable con instalación enterrada de acero galvanizado sin soldadura de 80 mm de diámetro			
	h	Oficial 1ª fontanero	6	17,82	106,92
	h	Ayudante de fontanero	6	16,10	96,60
	h	Peón ordinario de construcción	1,2	15,92	19,10
	m <sup>3</sup>	Arena de espesor 5-10 mm	80	12,02	961,60
	ud	Material de montaje y sujeción de la tubería	1	23,74	23,74
	m	Tubería de acero galvanizado de 80 mm de diámetro	411	29,78	12239,58
					<b>13447,54</b>

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Subtotal</b>
0512		Tubería de alimentación de agua potable con instalación enterrada de acero galvanizado sin soldadura de 50 mm de diámetro			
	h	Oficial 1ª fontanero	1,55	17,82	27,62
	h	Ayudante de fontanero	1,55	16,10	24,96
	h	Peón ordinario de construcción	0,3	15,92	4,78
	m <sup>3</sup>	Arena de espesor 5-10 mm	10,5	12,02	126,21
	ud	Material de montaje y sujeción de la tubería	1	16,55	16,55
	m	Tubería de acero galvanizado de 50 mm de diámetro	35	19,49	682,15
					<b>882,26</b>
0513		Codo de 90° de acero galvanizado de 80 mm de diámetro			
	h	Oficial 1ª fontanero	0,7	17,82	12,47
	h	Ayudante de fontanero	0,7	16,10	11,27
	ud	Materiales y accesorios de montaje	1	2,20	2,20
	ud	Codo de 90° de 80 mm de diámetro	4	4,15	16,60
					<b>42,54</b>
0514		Codo de 90° de acero galvanizado de 50 mm de diámetro			
	h	Oficial 1ª fontanero	0,2	17,82	3,56
	h	Ayudante de fontanero	0,2	16,10	3,22
	ud	Materiales y accesorios de montaje	1	0,55	0,55
	ud	Codo de 90° de 50 mm de diámetro	1	2,89	2,89
					<b>10,22</b>
0515		Té de derivación a ramal para conducciones hidráulicas de 80 mm de diámetro			
	h	Oficial 1ª fontanero	0,55	17,82	9,80
	h	Ayudante de fontanero	0,55	16,10	8,86
	ud	Materiales y accesorios de montaje	1	1,10	1,10
	ud	Té de derivación de 80 mm de diámetro	2	5,40	10,80
					<b>30,56</b>
0516		Cono reductor de diámetro de 80 a 50 mm			
	h	Oficial 1ª fontanero	0,2	17,82	3,56
	h	Ayudante de fontanero	0,2	16,10	3,22
	ud	Materiales y accesorios de montaje	1	6,54	6,54
	ud	Cono de reducción 80-50 mm	1	28,19	28,19
					<b>41,51</b>
<b>TOTAL:</b>					<b>16786,34</b>

**3.3. Presupuesto**

<b>Capítulo</b>	<b>Nombre del capítulo</b>	<b>Subtotal</b>	
1	Instalación eléctrica de servicios auxiliares	48409,42	€
2	Subestación transformadora	198678,31	€
3	Línea eléctrica aérea de conexión a red	15203,79	€
4	Línea eléctrica de generación	4282,52	€
5	Instalación contra incendios	16786,34	€
		<b>283360,38</b>	<b>€</b>
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>59505,68</b>	<b>€</b>
<b>PEM</b>	<b>Presupuesto de Ejecución Material:</b>	<b>342866,06</b>	<b>€</b>
<b>GG</b>	<b>Gastos generales (13%)</b>	<b>44572,59</b>	<b>€</b>
<b>BI</b>	<b>Beneficio industrial (7%)</b>	<b>24000,62</b>	<b>€</b>
<b>PEC</b>	<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata:</b>	<b>411439,27</b>	<b>€</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de cuatrocientos once mil cuatrocientos treinta y nueve euros con veintisiete céntimos.

Firmado:

Béjar, septiembre de 2017

ANAÍS CORMORANT BEGUIN

# CAPÍTULO IV.

# PLIEGO DE CONDICIONES

## **4.1. Condiciones generales**

### **4.1.1. Objeto del pliego de condiciones**

La finalidad del capítulo de pliego de condiciones es fijar los criterios de la relación establecida entre los agentes presentes en las obras a realizar definidas en el proyecto. Estas condiciones o criterios sirven de base a la hora de realizar el contrato de obra entre el propietario de la misma y el contratista.

### **4.1.2. Documentación del contrato de obra**

El contrato de obra está formado por un conjunto de documentos relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, siendo éstos los siguientes:

- Condiciones fijadas en el contrato de obra.
- Pliego de condiciones del proyecto.
- Documentación gráfica y escrita del proyecto.
- Memorias, anexos, mediciones y presupuestos reflejados en el proyecto de la obra.

En caso de discordancia entre los documentos del proyecto prevalecerán las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas en los planos.

### **4.1.3. Responsabilidad del contratista**

El contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en las condiciones establecidas en los documentos que componen el proyecto de la obra.

En caso de realizar la obra según lo establecido en estos documentos el contratista podrá estar obligado a la demolición y reconstrucción de las unidades de obra que hayan sido deficientes o mal ejecutadas. No será aceptado como excusa a ello el hecho de que la Dirección Facultativa haya aprobado la realización de dichas unidades, ni que las liquidaciones parciales de estas obras hayan sido efectuadas.

### **4.1.4. Modificaciones del proyecto**

El contratista tiene el derecho de requerir las instrucciones y aclaraciones necesarias para la correcta interpretación de las especificaciones a cumplir y poder realizar una correcta ejecución.

Cuando se tenga que realizar aclaraciones o modificaciones del documento de Pliego de Condiciones o del documento de Planos, éstas se realizarán por escrito al contratista, debiendo éste devolver una respuesta firmada.

## 4.2. Condiciones facultativas

### 4.2.1. Atribuciones

#### ➤ Proyectista:

Es el agente que tiene el objetivo de redactar el proyecto. Pueden haber distintos proyectistas, que redacten partes parciales del proyecto de forma coordinada con el autor del proyecto. Cada uno de los proyectistas asume la titularidad de cada parte o partes realizadas por él mismo en el proyecto.

El proyectista tiene las siguientes obligaciones:

- Redactar el proyecto completo o una o varias partes del mismo, de acuerdo con la normativa técnica vigente y de aplicación.
- Realizar el visado del proyecto en el colegio profesional del proyectista, entregando las copias autorizadas correspondientes al promotor.
- Definir el concepto global del proyecto a nivel gráfico y escrito con suficientes detalle, calculando los elementos fundamentales de la instalación.
- Concretar en el proyecto el emplazamiento de cuartos que contengan máquinas, transformadores, puntos de generación de energía eléctrica, sistemas de combustión, condensación y refrigeración. Concretar los esquemas generales y eléctricos de los elementos necesarios si es necesario para llevar a cabo el objetivo del proyecto.
- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo de todos los documentos que componen el proyecto en su totalidad.

#### ➤ Director de obra:

El director de obra es el agente que tiene como objetivo formar parte de la dirección facultativa y dirigir el desarrollo de la obra velando por el cumplimiento de las condiciones de ejecución exigidas en el proyecto y exigidas en el contrato de los contratistas.

El director de obra tiene las siguientes responsabilidades:

- Dirigir la obra de forma coordinada y acorde con el proyecto prestando ayuda de interpretación técnica y económica a los agentes presentes en el proceso de ejecución del proyecto.

- Detener la obra en caso de causa grave y justificada, realizando la correcta comunicación en el libro de órdenes y asistencias y comunicación al promotor.
- Asistir a las obras con el objetivo de resolver contingencias y asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto.
- Informar al propietario acerca de modificaciones realizadas por motivos técnicos o por normativa, las cuales dan lugar a una variación de la construcción con respecto al proyecto, afectando o no al contrato.

➤ Dirección facultativa:

La dirección facultativa está compuesta por el proyectista, la dirección de obra con su director de obra, la dirección de ejecución de la obra, el coordinador en materia de seguridad y salud en la fase de ejecución de la obra. La dirección de obra tiene el objetivo de dirigir el proceso de construcción de la obra en función de las especificaciones fijadas en el proyecto y por los técnicos competentes.

➤ Visitas facultativas:

Son aquellas visitas realizadas a la obra de manera individual o colectiva por parte de cualquier miembro de la dirección facultativa. La intensidad de visitas facultativas depende de los cometidos a realizar en la obra, de los cometidos a realizar por parte de los componentes de la dirección facultativa y del nivel de exigencia requerida al técnico en cada caso en función de la fase en la que se encuentra la obra.

### **4.3. Condiciones generales relativas a trabajos**

En este apartado se describen las condiciones básicas a considerar en la fase de ejecución de las obras.

#### **4.3.1. Acceso**

El contratista dispone de acceso a la obra y tiene por obligación la ejecución del correcto cerramiento o vallado del recinto en el que se realiza la obra, con la posibilidad de exigencia de mejora o modificación por parte de la dirección de ejecución de obra.

#### **4.3.2. Replanteo**

El contratista tiene la obligación realizar el replanteo de las obras “in situ” señalando las referencias principales que se mantienen como base a otros replanteos. El contratista deberá incluir este cometido en su oferta económica.

La dirección facultativa debe aprobar el replanteo realizado, dando su conformidad al mismo y preparando un Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo. Este plano de replanteo definitivo debe ser aprobado por el director de obra.

El contratista es responsable de la deficiencia de este trámite.

#### **4.3.3. Orden y ritmos de ejecución de los trabajos**

El contratista debe dar comienzo a las obras en función del plazo especificado en el contrato con obligación de comunicar el comienzo de las obras a la dirección facultativa preferiblemente por escrito con tres días de antelación.

El orden de los trabajos a realizar es determinado por el contratista, salvo en casos en los que la dirección facultativa varíe este orden debido a circunstancias de naturaleza técnica.

El contratista debe realizar los trabajos de manera que se cumplan los plazos establecidos en el contrato para la ejecución de la obra. Si ocurre un retraso en los plazos estipulados, el contratista no podrá poner la excusa de carencia de planos o carencia de órdenes de la dirección facultativa al menos que el mismo lo haya solicitado por escrito y no haya obtenido respuesta.

#### **4.3.4. Trabajos defectuosos**

El contratista debe seguir lo estipulado en el proyecto utilizando los materiales especificados y cumpliendo las condiciones exigidas en el proyecto para dichos materiales y para la realización de los trabajos contratados. El contratista es responsable de los trabajos a los que ha sido contratado y es responsable de faltas o defectos en los trabajos.

Si el director de ejecución de la obra es participe de defectos en los trabajos efectuados, detecta materiales, equipos o aparatos empleados con distintas condiciones a las especificadas, éste podrá ordenar la sustitución o demolición de las parte defectuosas de acuerdo con el contrato. Si el contratista no estima la justicia de la decisión o se niega a la sustitución o demolición ordenada, se plantea la cuestión al director de obra el cual mediará para intentar resolver la situación.



#### **4.3.5. Materiales, equipos y aparatos**

El contratista tiene la libertad de elección de materiales, equipos y aparato siempre y cuando éstos cumplan con las especificaciones dadas en el proyecto, excepto cuando en el proyecto se indique la procedencia y características específicas del producto.

El contratista debe presentar al director de ejecución de la obra un listado completo con los materiales, equipos y apartados a utilizar en el que se especifiquen todas las características técnicas, calidades, marcas, procedencia de los mismos.

Si los materiales, aparatos o equipos no son adecuados en cuanto a características técnicas prescritas en el proyecto o se demostrara que no son adecuados para su finalidad, el director de obra a instancias del director de ejecución de la obra tiene derecho a dar órdenes de sustitución de los mismos por otros que satisfagan las condiciones a cumplir para ser adecuados para la ejecución del proyecto.

#### **4.4. Condiciones económicas**

Estas condiciones son aquellas relacionadas con el abono y recepción de la obra así como del marco de relaciones económicas. Las condiciones económicas tienen un carácter subsidiario al contrato establecido entre el promotor y el contratista.

##### **4.4.1. Fianzas**

El contratista debe presentar una fianza con respecto al procedimiento estipulado en el contrato de obra. Si el contratista se niega a realizar los trabajos precisos para completar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre del promotor ordenará la ejecución de la obra a un tercero sin proceder a la devolución de la fianza.

La fianza recibida será devuelta al contratista en el plazo establecido en el contrato una vez que se haya firmado el Acta de Recepción Definitiva de la obra cuando se hayan realizado y terminado los trabajos contratados.

##### **4.4.2. Costes y presupuesto**

El objetivo principal de la elaboración de un presupuesto es anticipar el coste del proceso a ejecutar. El presupuesto se compone de precios básicos.

➤ Precio básico:

El precio básico es el precio por unidad de un material dispuesto a pie de obra.

➤ Precio unitario:

El precio unitario es el precio de cada unidad de obra obtenido como suma de los costes directos e indirectos. Los costes directos son aquellos calculados como producto entre precio básico y cantidad de unidad de obra. Los costes indirectos son aplicados como un porcentaje de los costes directos y no se corresponden a ninguna obra en concreto.

➤ Presupuesto de ejecución material (PEM):

Es el resultado del sumatorio de precios unitarios de todas las unidades de obra que componen el proyecto. Es el coste total de la obra sin incluir los gastos generales, beneficio industrial e impuesto sobre valor añadido.

➤ Presupuesto de ejecución por contrata (PEC):

Es el resultado del sumatorio del presupuesto de ejecución material, los gastos generales y el beneficio industrial una vez aplicado el impuesto de valor añadido IVA. Los gastos generales se estiman como un 13% del presupuesto de ejecución material. El beneficio industrial se estima como un 7% del presupuesto de ejecución material.

#### **4.4.3. Valoración y abono de los trabajos realizados**

➤ Abono de trabajos realizados:

Los pagos de los trabajos efectuados se realizan a través de certificaciones parciales por parte de la propiedad, de acuerdo con la finalización de trabajos de forma parcial y en los plazos establecidos en el contrato de obra. Las certificaciones de obra deben ser efectuadas por el director de ejecución de la obra con el objetivo de comprobación de la correcta ejecución del trabajo o trabajos correspondientes.

El director de ejecución de la obra, para realizar las certificaciones parciales de obra, debe realizar mediciones por unidades de obra para garantizar la completitud de los trabajos. En obras o partes de obras en las que las dimensiones y características de los trabajos realizados se vayan a encontrar ocultos, el contratista está obligado a la comunicación al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación de la finalización del trabajo para que éste pueda realizar las correspondientes mediciones antes de que éstas no se puedan realizar por estar ocultas. A falta de aviso anticipado por el contratista, éste está obligado a aceptar las decisiones tomadas por el promotor.

Los pagos de los trabajos serán efectuados por el promotor dentro de los plazos estipulados, mediante un documento acreditativo de certificación parcial, el cual no representa en ningún caso la aprobación ni recepción de las obras.

➤ Valoración de mejora en trabajos libremente realizados:

En el caso de que el contratista realice trabajos utilizando materiales de mayor calidad, tamaño, preparación, y por lo tanto mayor precio, de forma beneficiaria para la dirección facultativa, el contratista no tendrá derecho a un mayor abono de los trabajos puesto que éste los ha realizado sin comunicación a la dirección facultativa. El abono del trabajo realizado será el establecido en función del contrato.

➤ Trabajos especiales no contratados:

En el caso de ser necesario la realización de cualquier tipo de trabajo de carácter especial debido al hecho de no ser un trabajo contratado, si no se contrata a un tercero, el contratista tendrá la obligación de ejecutar dicho trabajo satisfaciendo los gastos que ocasione el mismo, los cuales serán abonados al contratista por el promotor por separado en las condiciones estipuladas en el contrato de obra.

➤ Trabajos ejecutados en el plazo de garantía:

Una vez realizada la recepción provisional de la obra, comienza un plazo de garantía estipulado en el contrato. Si durante este plazo se realizan trabajos de cualquier tipo, el abono de los mismos se realiza de la siguiente manera:

- Si los trabajos están especificados en el proyecto y el contratista no los ha realizado sin causa justificada a tiempo, el director de obra exigirá la realización de dicho trabajo durante el plazo de garantía y procederá al abono del mismo de acuerdo con el presente pliego de condiciones, en función del presupuesto sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si los trabajos a ejecutar son precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de la obra, por parte del promotor durante el plazo de garantía, se abonará y valorarán los precios del día previamente acordados.
- Si los trabajos a ejecutar son debidos a la reparación de desperfectos ocasionados por la deficiente construcción o insuficiente calidad de los materiales, el contratista deberá realizar dichos trabajos sin recibir ningún abono de los mismos.

#### **4.4.4. Mejoras, aumentos y reducciones de obra**

Las mejoras de obra se admitirán en caso que el director de obra lo haya especificado por escrito, a través de ejecución de trabajos nuevos para mejorar la calidad de materiales, maquinaria, etc. Los aumentos de obra se admitirán únicamente en unidades de obra contratadas, en el caso que el director de obra haya especificado por escrito la ampliación de las contratadas en consecuencia de observar errores en las mediciones del proyecto.

Tanto en el caso de mejora como de aumento de obra, ambas partes contratantes deben reeditar un escrito con los importes totales de las unidades de obra mejoradas o aumentadas y los precios de los nuevos elementos a emplear.

Se seguirá el mismo proceso si el director de obra introduce innovaciones que supongan la reducción en unidades o importes de unidades de obra contratadas.

#### **4.5. Condiciones técnicas**

##### **4.5.1. Condiciones técnicas generales para el montaje de instalaciones eléctricas**

Todos los materiales utilizados para la instalación eléctrica serán de primera calidad, cumplirán con las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en lo estipulado en las normas reguladoras.

En caso de existir omisión de documentos del proyecto el contratista presentará al técnico director los catálogos, cartas de muestra, certificados de garantía y homologación del material que se ha utilizado.

No se podrán utilizar materiales que no hayan sido aceptados por el técnico director.

##### **4.5.2. Instalación eléctrica en baja tensión**

###### **4.5.2.1. Naturaleza de los conductores**

Los conductores y cables utilizados serán de cobre o aluminio, siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como indica la ITC-BT 20 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

###### **4.5.2.2. Sección de los conductores y caídas de tensión**

La sección de los conductores debe ser tal que no se supere la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación en baja tensión y el último receptor de potencia a alimentar. Para instalaciones industriales que se alimentan directamente desde la red eléctrica en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considera una caída máxima de tensión de 4,5% para receptores de alumbrado y 6,5% para el resto de receptores, considerándose el origen de la instalación en baja tensión a la salida del transformador.

#### **4.5.2.3. Identificación de los conductores**

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente el conductor neutro y el conductor de protección. La identificación de conductores se realiza a través de un código de colores representando el aislamiento del conductor.

En caso de que exista conductor neutro en la instalación, éste se identificar por el color azul claro.

El conductor de protección se identifica con el color verde-amarillo.

Los conductores de fase en los cuales no se prevé el paso posterior a conductor neutro, se identifican con los colores marrón, negro o gris.

#### **4.5.2.4. Subdivisión de las instalaciones**

Las instalaciones eléctricas se subdividen de tal forma que las perturbaciones originadas debidas a averías afecten únicamente a ciertas partes de la instalación, a un sector o local de la instalación. Para ello, los receptores a alimentar se agrupan en circuitos según las necesidades y naturaleza de los mismos. Estos circuitos se agrupan dentro de cuadros de distribución, generalmente asignados por zonas o sectores de la instalación para evitar interrupciones innecesarias en toda la instalación y limitar las consecuencias de un fallo.

#### **4.5.2.5. Equilibrado de fases**

Para mantener el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores, se procurará que ésta quede repartida entre las fases activas o conductores polares de la instalación.

#### **4.5.2.6. Acometida**

La acometida se realizará con carácter general siguiendo trazados lo más cortos posibles, realizando conexiones cuando éstas sean necesarias mediante sistemas o dispositivos apropiados. Los conductores o cables serán aislados, de cobre o aluminio y los materiales utilizados y las condiciones de instalación cumplirán con las prescripciones establecidas en las instrucciones técnicas ITC-BT 06 e ITC-BT 07 para redes aéreas y subterráneas de distribución de energía eléctrica en baja tensión respectivamente.

#### **4.5.2.7. Conexiones y canalizaciones**

Los conductores se conectan a las cajas de interconexión mediante prensaestopas metálicas de cierre sencillo para cables sin armar y de doble cierre para cables armados.

Cuando a las cajas de conexión lleguen tubos, éstos se sujetarán a las cajas mediante tuercas y contratuercas.

Las cajas de derivación metálicas estarán equipadas con un terminal de puesta a tierra. En los armarios de distribución, las conexiones de los equipos se realizan mediante bornes de conexión individual o mediante regletas de conexión.

En el caso de existir canalizaciones eléctricas con proximidad de otras canalizaciones no eléctricas, las canalizaciones eléctricas se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas canalizaciones se mantenga una distancia mínima de 5 cm.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán paralelamente debajo de otras que puedan dar lugar a condensaciones como las canalizaciones de conducción de vapor o de agua, a menos que se adopten las medidas necesarias para protección de canalizaciones eléctricas frente a los efectos de condensación.

#### **4.5.2.8. Protección**

##### **➤ Protección contra sobreintensidades:**

Todos los circuitos de potencia presentes en la instalación estarán protegidos contra los efectos producidos por las sobreintensidades. Se garantiza que las sobreintensidades serán resueltas de forma que nunca circule una intensidad mayor que la intensidad máxima admisible por los conductores por los que circula la misma, mediante la utilización de dispositivos de protección. Cada uno de los tramos de conductor de la instalación será protegido por un interruptor automático magnetotérmico de corte omnipolar con curva térmica de corte o por cortacircuitos fusibles calibrados con características de funcionamiento adecuadas.

En el origen de cada circuitos debe haber un dispositivo de protección contra cortocircuitos, admitiéndose como tales los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar y los fusibles calibrados.

##### **➤ Protección contra contactos directos:**

Para proteger la instalación contra contacto directos se optará por el aislamiento de todas las partes activas de la instalación.

La cubierta de las paredes activas presentes en la instalación tendrán incorporado un aislante apropiado capaz de conservar sus propiedades aislantes al paso del tiempo y capaz de limitar la corriente de contacto. La pintura, hormigón, laca y productos similares no se consideran como aislantes satisfactorios en cuando a este apartado.

➤ **Protección contra contactos indirectos:**

El sistema de puesta a tierra de la instalación será TT, es decir, todas las masas activas deberán realizar la puesta a tierra y el neutro del transformador también deberá realizar su puesta a tierra.

Para proteger la instalación contra contactos indirectos se optará por dotar a los equipos y materiales utilizados de doble aislamiento o aislamiento de clase II. Los conductores también tendrán la característica de aislamiento de clase II, aislamiento interno y cubierta. También se dotará a la instalación de dispositivos de corte automático de la alimentación, utilizándose interruptores diferenciales únicamente en el último lugar posible siendo éste en la cabecera del conductor que alimenta cada uno de los circuitos, en el cuadro de distribución del que parte dicho tramo de conductor. Estos dispositivos de corte automático tienen el objetivo de descincar la instalación al detectar un defecto.

#### **4.5.2.9. Receptores motores**

La instalación de motores como receptores se realiza en función de lo establecido en la norma UNE 20460. Los motores deben instalarse de manera que sus partes en movimiento no puedan causar un accidente y con prudencia de no instalarse en contacto con materias fácilmente combustibles de manera que no puedan provocar su ignición.

➤ **Conductores:**

Los conductores que alimentan a un motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor para solventar el aumento de intensidad en el arranque del motor. Si los conductores alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad debida a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia y la intensidad a plena carga de los demás motores.

➤ **Protección contra ausencia de tensión:**

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación., cuando el arranque espontáneo del motor como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes o perjudicar al motor de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 20460-4-45.

➤ **Sobreintensidad en el arranque:**

Los motores tienen una elevada intensidad en el arranque del orden al doble de la intensidad nominal a plena carga. Por lo tanto, los motores deben tener limitada la intensidad absorbida

en el arranque, cuando se puedan producir efectos que puedan perjudicar la instalación o el funcionamiento de otros receptores.

#### **4.5.3. Instalación eléctrica de iluminación**

Las instalaciones de iluminación o los receptores de alumbrado que contengan lámparas de descarga en locales que funcionen con máquinas con movimiento aleatorio o movimiento rotativo rápido, deben tomar medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causado por la ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

##### **➤ Luminarias:**

Las luminarias a instalar en la instalación deberán estar conformes con lo establecido en la norma UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores deben ser capaces de soportar este peso y no deben presentar empalmes intermedios. La sección nominal total de los conductores que soportan este tipo de luminarias será tal que la tracción máxima a la que estén sometidos los mismo no sea superior a 15 N/mm<sup>2</sup>.

La tensión asignada de los cables que alimentan circuitos de alumbrado debe ser como mínimo la tensión de alimentación y superior a 300/300 V. Además, estos cables deberán ser capaces de soportar la temperatura a la que pueden estar sometidos debido al alumbrado.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias deberán estar puestas a tierra a través de un elemento de conexión o tener a características de clase II o clase III.

#### **4.5.4. Instalación eléctrica de generadores síncronos**

Los generadores utilizados en la instalación deben ser de primeras marcas de fabricación, y el fabricante debe especificar las características de cada generados, siendo éstas como mínimo las siguientes:

- Tipo y fabricantes
- Tensión de funcionamiento
- Refrigeración
- Sistemas de excitación, arranque y valores nominales



Los generadores deben estar equilibrados de forma que no se produzcan vibraciones y el nivel de ruido producido sea el mínimo posible. Los rodamientos de los generadores serán fácilmente desmontables y separables y su durabilidad se estima como mínimo de 50.000 horas de funcionamiento.

#### **4.5.5. Instalación eléctrica de la subestación transformadora**

##### **4.5.5.1. Obra civil**

La envolvente empleada para la ejecución de la subestación transformadora deberá cumplir con las prescripciones de la ITC-RAT 14 del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en lo referente a pasos, accesos, inaccesibilidad a personas no autorizadas, canalizaciones, cuadro y pupitres de control, celdas, ventilación y señalización entre otros aspectos.

##### **4.5.5.2. Aparamenta de media tensión**

Se emplean celdas de protección prefabricadas, con envolvente metálica y con utilización de gas para cumplir dos objetivos:

- Aislamiento integral en gas puesto que es beneficioso en cuanto a polución del aire y humedad. El aislamiento integral en gas tiene la ventaja de que no es necesario el mantenimiento interior de las celdas puesto que no ocurre deterioro de circuitos en el interior de las mismas.
- Corte en gas que resulta más seguro que el aire.

Las celdas deben permitir la extensibilidad de la subestación, siendo posible añadir más líneas o más protecciones sin necesidad de cambiar la aparamenta ya existente. Las celdas podrán contener protecciones de tipo autoalimentado que no necesiten alimentación externa, o electrónicas.

##### **4.5.5.3. Transformadores de potencia**

Los transformadores instalados en la subestación serán trifásicos con neutro accesible en el secundario y otras características que deben ser indicadas en el capítulo de “Memoria descriptiva” de este proyecto.

En caso de que los transformadores incluyan líquido refrigerante, éstos deben instalarse sobre una plataforma ubicada sobre un foso de recogida de forma que en caso de derrame, el líquido quede confinado en el foso y no se extienda.

Los transformadores, por motivos de requerimiento de ventilación, estarán situados en zonas de flujo natural de aire, a la intemperie o en zonas cerradas con un sistema de ventilación adecuado para renovar el aire continuamente.

#### **4.5.5.4. Normas de ejecución de las instalaciones**

Todos los materiales, aparatos, equipos y máquinas utilizados deben cumplir con las normas, especificaciones técnicas y homologaciones establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. La instalación debe ajustarse a los planos, materiales y calidades especificadas en el proyecto, salvo previa orden facultativa en contra.

#### **4.5.5.5. Pruebas reglamentarias**

Las pruebas y ensayos a las que deben estar sometidos los equipos de la instalación son las establecidas en las normas particulares de cada producto, que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión en su instrucción técnica ITC-RAT 02.

#### **4.5.5.6. Condiciones de uso, mantenimientos y seguridad**

La subestación transformadora deberá estar cerrada para impedir el acceso a la misma de personas ajenas a la instalación. En su interior no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la instalación. La instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada conteniendo advertencias e instrucciones necesarias para impedir errores de interrupción, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión. También se deben disponer de instrucciones de primeros auxilios que deben prestarse en caso de accidente.

#### **4.5.5.7. Libro de órdenes**

Se dispone de un libro de órdenes en la subestación transformadora en el que se deben registrar todas las incidencias surgidas durante la vida útil de la subestación, incluyendo las visitas y revisiones realizadas en la misma.

#### **4.5.5.8. Certificados y documentación**

Se adjuntan la documentación necesaria para la tramitación del proyecto ante los organismos públicos competentes:

- Autorización administrativa de la obra
- Proyecto firmado por un técnico competente
- Certificado de tensión de paso y contacto emitido por una empresa homologada
- Certificación de fin de obra
- Conformidad por parte de la compañía distribuidora de energía eléctrica

#### **4.5.6. Línea eléctrica aérea de media tensión**

##### **4.5.6.1. Calidad de los materiales**

Los conductores utilizados serán unipolares con pantalla sobre el aislamiento interno. Los conductores serán preferiblemente de aluminio compuestos por hilos de aluminio reforzados con hilos de acero en su interior.

##### **4.5.6.2. Conexión a red**

Siguiendo las especificaciones particulares de la compañía distribuidora de energía eléctrica, la conexión a red debe realizarse a través de una derivación en T de la línea existente y propiedad de la compañía, mediante un vano destensado de 15 metros como máximo hasta el apoyo de la línea eléctrica aérea propiedad del usuario. Debe incorporarse un elemento de seccionamiento y un equipo de medida en el apoyo primero de la línea aérea del usuario.

##### **4.5.6.3. Normas de ejecución de las instalaciones**

- Todos los materiales utilizados en la instalación de la línea eléctrica aérea serán de fabricantes reconocidos. Se deben presentar las especificaciones necesarias para corroborar la suficiente calidad de los materiales escogidos.
- Los materiales, equipos y aparatos deberán haber sido verificados por el Ministerio de Industria como cumplidores de las exigencias técnicas de funcionamiento de los mismos.

- Los materiales, equipos y aparatos deberán cumplir las normas especificadas como de obligado cumplimiento en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión en su instrucción técnica ITC-RLAT 02.

#### **4.5.6.4. Pruebas reglamentarias**

Las pruebas reglamentarias a realizar antes de la recepción de la instalación son las siguientes:

- Medición de la resistencia de aislamiento de la instalación.
- Medición del poder dieléctrico de la instalación.
- Medición de la toma de tierra.
- Comprobación visual general de la instalación.
- Comprobación de disparo de los interruptores automáticos.

Todas las pruebas y mediciones realizadas deben estar reflejadas en la certificación de la dirección de obra correspondiente a la instalación.

#### **4.5.6.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad**

- El acceso a los apoyos de toda persona ajena a la instalación está prohibido por lo que se dispondrán de las soluciones técnicas pertinentes para evitar este acceso, como son las medidas antiescalo.
- El personal encargado de la manipulación y limpieza de elementos instalados, tendrá especial cuidado en conservar el perfecto estado de funcionamiento de los elementos y protecciones presentes.
- Se deberá comprobar y asegurar la correcta unión entre los conductores y los apoyos y los apoyos y la conexión a tierra de los mismos, con bastante frecuencia.
- No se permitirá la manipulación de partes en tensión sin previa y absoluta seguridad de corte de corriente en la instalación.

- La maniobra realizada en seccionadores se deberá realizar previa desconexión del interruptor general de la instalación y se realizará la maniobra utilizando una pértiga de maniobra, sobre una banqueta aislante y con la colocación de guantes de seguridad de aislamiento de 24 kV.
- Si se observa alguna anomalía en la instalación, ésta se deberá comunicar al superior inmediato.

#### **4.5.6.6. Libro de órdenes**

Se dispone de un libro de órdenes en la subestación transformadora en el que se deben registrar todas las incidencias surgidas durante la vida útil de la subestación, incluyendo las visitas y revisiones realizadas en la misma.

#### **4.5.6.7. Certificados y documentación**

El titular de la instalación deberá tener presente siempre la siguiente documentación, a la hora de realizar la recepción de la instalación:

- Ejemplar del proyecto de la instalación firmado por un técnico competente.
- Autorización administrativa de la obra.
- Certificado de fin de obra.
- Certificado de la dirección de obra de variaciones y modificaciones si se hubieran realizado durante la ejecución de la obra de la instalación, así como los valores de las mediciones efectuadas.
- Copia de la autorización de enganche a la red eléctrica correspondiente a la instalación por parte de la compañía distribuidora de energía eléctrica.

### **4.5.7. Instalación contra incendios**

#### **4.5.7.1. Red de abastecimiento de agua**

La red de tuberías diseñada para suministro de agua elementos de protección activa contra incendios que lo requieran, tales como bocas de incendios equipadas, será realizada en acero DIN-2440, pudiendo ser otro material si la red se encuentra enterrada o convenientemente

protegida. La red debe ser de uso exclusivo a la instalación de protección contra incendios y debe diseñarse de manera que se garanticen las condiciones de correcto funcionamiento de los elementos de protección activa, como la presión y caudal de agua necesario en cada elemento.

Las condiciones específicas a cumplir por el agua para el correcto funcionamiento de bocas de incendio equipadas, son las siguientes:

- La presión en el orificio de salida de una BIE debe ser como mínimo de 2 kg/cm<sup>2</sup> y como máximo de 6 kg/cm<sup>2</sup>.
- El caudal mínimo debe ser de 90 l/min para BIE de tipo 25 mm y de 120 l/min para BIE de tipo 45 mm.
- El volumen de agua de reserva debe ser tal que garantice el suministro de manera ininterrumpida de las dos bocas de incendio más desfavorables de la instalación funcionando simultáneamente durante un periodo de tiempo de 1 hora.

Si no se satisface la condición de presión de suministro, se deberá instalar un grupo de presión si la presión es inferior a la mínima establecida o un grupo reductor de presión si la presión es superior a la máxima.

Los accesorios utilizados para soldar las tuberías deben ser aprobados por la dirección facultativa. El empleo de casquillos para reducir el diámetro de una tubería no está permitido. Se deben utilizar reducciones cónicas.

Si las tuberías deben atravesar obras de albañilería o de hormigón, deben estar provistas de manguitos pasamuros para permitir el paso de la tubería sin estar ésta en contacto con la obra de fábrica. Los manguitos serán de un diámetro suficiente para permitir el paso de la tubería sin dificultad y quedarán enrasados con los pisos o tabiques en los que estén empotrados. Los manguitos serán de acero negro en paredes exteriores y pisos y de acero galvanizado en el resto de obras. Los espacios libres que deben quedar entre manguitos y tuberías serán rellenos con materias plásticas.

#### **4.5.7.2. Bocas de incendio equipadas**

Las bocas de incendio equipadas pueden ser de dos tipos, de 25 mm o de 45 mm, en función de lo requerido en la instalación por el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

Estos dispositivos de protección activa serán ubicados en los lugares establecidos en los planos de la instalación, en paramentos verticales de zonas comunes de los edificios de modo que la parte inferior de la caja se encuentra a 120 cm del suelo. Las BIEs se encuentran dispuestas por mangueras semirrígidas para sistemas fijos, y cumplirán con las especificaciones de la norma UNE-EN 694:2001. La manguera tendrá una longitud de 20 metros y el chorro de salida por la boca tiene una longitud estimada de 5 metros, por lo que el radio de acción de una BIE se toma como 25 metros.

Las bocas de incendio equipadas deben ser sometidas a una prueba de estanquidad que consiste en la aplicación de una presión de 10 bares o de una presión de servicio aumentada en 3,5 bares, la opción más desfavorable, durante un periodo de tiempo de dos horas. En dicha prueba debe comprobarse que en estas condiciones no se producen fugas en ningún punto de la instalación.

#### **4.5.7.3. Extintores portátiles**

Los extintores de incendio portátiles deberán estar homologados por el Ministerio de Industrial y Energía y deberán cumplir lo establecido en las siguientes normas:

- Norma UNE-EN 3-8 y UNE-En 3-9. Extintores portátiles de incendios.
- Norma UNE 23032:2015. Seguridad contra incendios. Símbolos gráficos para su utilización, planes de autoprotección y planos de evacuación.

Los extintores de incendio deben disponer de instrucciones de manejo situadas sobre él en un lugar visible.

Los extintores se deben ubicar sobre paredes, colgados de tal manera que la parte superior de los mismos se encuentren a una altura de 1,7 metros del nivel del suelo. Cuando se indique en los planos, los extintores pueden ubicarse en cabinas en paramentos verticales. Pueden montarse extintores sobre ruedas, si son de gran capacidad y si se indica en las mediciones.

#### **4.5.7.4. Pulsadores manuales de alarma**

Los pulsadores pueden ser de dos tipos, saliente o empotrado, acoplado a un marco cuadrado frontal cuya misión es realzar el pulsador. Éstos deben cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 54-11:2001 sobre sistemas de detección y alarma de incendios, con pulsadores manuales de alarma en su parte 11.

Los pulsadores están compuestos por las siguientes partes:

- Caja de policarbono en color rojo de forma cuadrada de 85 mm de lado y 60 mm de profundidad, en la que se incluyen los mecanismos del pulsador.
- Mecanismos eléctricos.
- Caja frontal con pulsador en color rojo, piloto de indicación, tapa interior de lámina de aluminio y tapa exterior. La tapa exterior será de igual material y color que la caja y contendrá un cristal fino de protección recambiable de 0,7-0,8 mm de espesor.
- Marco embellecedor el cual se encaja sobre la caja a presión, de 20 mm de profundidad.
- Todos los componentes tienen grado de protección IP-40, protegidos frente a cuerpos sólidos de más de 1 mm de diámetro y sin protección frente al agua.

#### **4.5.7.5. Señalización**

La señalización requerida en la instalación contra incendios es aquella debida a la parte de protección pasiva de la instalación y a la parte de protección activa. Se debe disponer de señalización de todos los dispositivos de protección activa presentes en la instalación, de manera visible.

#### **4.5.7.6. Inspecciones y pruebas**

Los elementos necesarios para el sistema de protección contra incendios quedarán sujetos a inspección y pruebas tanto durante la fabricación de los materiales como durante el montaje y puesta a punto *in situ*.

Todo el equipo necesarios para la realización de pruebas deberá ser proporcionado por el contratista sin cargo adicional. El contratista dará aviso con suficiente antelación a la dirección facultativa del comienzo de las pruebas a realizar.



#### **4.5.7.7. Protección activa**

Las puertas que intervienen en los recorridos de evacuación de todos los establecimiento deberán estar dispuestas de apertura en el sentido del recorrido de evacuación obligatoriamente.

Firmado:

Béjar, septiembre de 2017

**ANAÍS CORMORANT BEGUIN**

# CAPÍTULO V. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### **5.1. Objeto**

El estudio básico de seguridad y salud tiene que dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Los objetivos de la realización de un estudio básico de seguridad y salud son el análisis y estudio de posibles riesgos laborales que puedan ocasionarse en las obras a realizar según el proyecto, la identificación de las medidas técnicas necesarias para eliminar estos posibles riesgos, la identificación de los riesgos que no pueden eliminarse y la especificación de las medidas preventivas y protecciones técnicas a llevar a cabo para reducir estos riesgos.

El Real Decreto 1627/1997 establece en el apartado 2 del artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo artículo, el promotor estará obligado a la elaboración de un Estudio básico de Seguridad y Salud. En cambio, si los proyectos están incluidos en dichos supuestos será obligatoria la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud general. Los supuestos previstos son los siguientes:

- Presupuesto de Ejecución por Contrata igual o superior a 75 millones de pesetas, cantidad equivalente a 450.759,08 €.
- Duración estimada de la ejecución del proyecto superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajado del total de los trabajadores de la obra, superior a 500.
- Obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Puesto que no se da el cumplimiento de ningún supuesto previsto, se redacta el presente Estudio básico de Seguridad y Salud denominado con las siglas EbSyS.

### **5.2. Características generales**

En el presente apartado se analizan las características generales de la obra y los servicios generales de los que debe dotarse a la misma.

### **5.2.1. Situación**

La situación de la obra a realizar y la descripción de la misma se encuentran definidas en el capítulo 1 de este proyecto “Memoria descriptiva”.

### **5.2.2. Suministro de energía eléctrica**

El suministro de energía eléctrica provisional en la obra será facilitado por la empresa constructora mediante puntos de enganche a la red de energía eléctrica de la zona.

### **5.2.3. Suministro de agua**

El suministro de agua se realiza a través de las conducciones habituales del suministro de agua público de la zona de ubicación y ejecución de la obra.

### **5.2.4. Servicios higiénicos**

Se dispondrán de los servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales estarán conectadas a la red de alcantarillado público de la zona, en caso. Si no fuera posible, se dispondrán de medios que faciliten la evacuación de aguas fecales a lugares específicos y destinados para ello.

## **5.3. Riesgo laborales evitables**

Los riesgos laborales que pueden evitarse y eliminarse completamente son los considerados a continuación:

- Riesgos derivados de la rotura de instalaciones existentes.
- Riesgos derivados de la presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas.

Estos riesgos se consideran evitables completamente puesto que pueden eliminarse mediante la utilización de las medidas técnicas necesarias.

## **5.4. Riesgos laborales no evitables y medidas preventivas**

En este apartado se especifican los riesgos no evitables que pueden estar presentes, los cuales no pueden ser eliminados completamente sino únicamente pueden ser reducidos. También se incluye en este apartado las medidas preventivas a adoptar y las protecciones técnicas a utilizar para conseguir controlar y reducir el efecto de estos riesgos en la mayor medida de lo posible.

### 5.4.1. Riesgos que afectan a cualquier obra

➤ Riesgos frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre los operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques y golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Exposición a ambientes polvorientos.
- Trabajos en condiciones de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Introducción de cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos de los trabajadores.

➤ Medidas preventivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- Recubrimiento o distancia de seguridad de 1 metro a líneas eléctricas de baja tensión ya sean aéreas o subterráneas.
- Recubrimiento o distancia de seguridad de 3 a 5 metros a líneas eléctricas de alta tensión ya sean aéreas o subterráneas.
- Adecuada y suficiente iluminación en los lugares de trabajo.
- No permanencia de personas en el radio de acción de máquinas si fuera posible.
- Puesta a tierra de las masas y máquinas que no disponen de doble aislamiento.
- Adecuada y suficiente señalización en la obra.
- Utilización de cintas y balizas.
- Vallado del perímetro completo de la obra con altura de 2 metros para evitar la entrada de personas ajenas a la obra e indicar el perímetros de posibles riesgos.

- Marquesinas rígidas sobre los accesos a la obra.
  - Pantalla inclinada sobre aceras y vías de circulación.
  - Utilización de extintores portátiles de incendio de polvo seco y eficacia 21A-113B.
  - Correcta evacuación de escombros con suficiente eficacia para no provocar amontonamiento.
  - Disposición de información específica sobre las instrucciones y precauciones a tomar en cuenta en un trabajo determinado.
- Equipos de protección individuales (EPI):

Son aquellos elementos a utilizar de forma individual por los operarios y trabajadores que se encuentren en la obra para minimizar los efectos producidos por los riesgos existentes.

- Casco de seguridad.
- Calzado protector.
- Ropa diseñada especialmente para el trabajo a relizar.
- Casquetes antirruidos.
- Gafas de seguridad con características específicas en función del trabajo a realizar.
- Cinturones de protección.

#### **5.4.2. Riesgos derivados del movimiento de tierras**

➤ Riesgos frecuentes:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Caída de materiales transportados.
- Caídas de operarios.
- Atrapamientos y aplastamientos de los operarios.
- Atropellos de operarios, colisiones, vuelcos y falsas maniobras debido a la maquinaria utilizada.
- Elevado nivel de ruido y vibraciones.
- Interferencia y colisión con instalaciones enterradas en el terreno a tratar.

➤ Medidas preventivas:

- Observación y estudio del terreno: naturaleza del mismo, estudio de presencia de otras instalaciones.
- Limpieza de los lugares de excavación.
- Achique de agua si fuera necesario.
- Instalación de pasos y pasarelas para los operarios.
- Separación y señalización de las vías de circulación destinadas a los operarios y a la maquinaria.
- No permanecer bajo o junto al frente de excavación si no es estrictamente necesario.
- Instalación de barandillas en los bordes de excavación de 1 metro de altitud.
- Evacuación del terreno excavado a un lugar dispuesto para ello.

➤ Equipos de protección individuales:

Se requieren los mismos equipos de protección individual que los citados para riesgos que afectan a cualquier obra.

#### **5.4.3. Riesgos derivados del montaje y descarga de elementos y equipos**

➤ Riesgos frecuentes:

- Vuelco de la grúa utilizada.
- Atrapamientos contra objetos o contra la propia carga a descargar y montar.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras y ruidos debida a la maquinaria utilizada.
- Choques y golpes.
- Viento excesivo.

➤ Medidas preventivas:

- Trayectoria de la carga correctamente señalizada y libre de obstáculos.
- Disposición de apoyos para la grúa.
- Revisión periódica de los elementos elevadores de carga y de sus sistemas de seguridad.
- Distribución equilibrada de cargas.
- Prohibición de circulación con cargas en suspensión.
- Respeto a los límites máximos de los elementos elevadores y precaución a no sobrecargar estos elementos.
- Operaciones dirigidas por el jefe del equipo.

➤ Equipos de protección individuales:

Se requieren los mismos equipos de protección individual que los citados para riesgos que afectan a cualquier obra.

#### **5.4.4. Riesgos derivados de la puesta en marcha de la instalación eléctrica**

➤ Riesgos frecuentes:

- Contacto eléctrico directo e indirecto en baja y alta tensión.
- Formación de arco eléctrico en baja y alta tensión.
- Producción de quemaduras por contacto con elementos calientes.

➤ Medidas preventivas:

- Coordinación con la empresa distribuidora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar y el momento de realización de las mismas.
- Apantallamiento de elementos en tensión.
- Apantallamiento de líneas eléctricas.
- Enclavamiento de los elementos de maniobra.



- Informar de forma frecuente acerca de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y de la ubicación de los puntos de tensión más cercanos.
- Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.
  
- Equipos de protección individuales:
  - Casco de protección.
  - Calzado de seguridad aislante.
  - Herramientas de gran poder aislante.
  - Guantes aislantes eléctricamente.
  - Pantalla protectora para la zona facial.
  - Gafas de seguridad.

### **5.5. Instalaciones de asistencia sanitaria provisional**

El lugar en el que se realiza la obra especificada en este proyecto deberá estar dispuesta por los servicios higiénicos necesarios indicados en el Real Decreto 1627/1997, como vestuarios con asientos, taquillas individuales con llave para cada uno de los operarios, lavabos con agua fría y caliente, espejo, duchas y retretes.

De acuerdo con el Real Decreto 486/1997, se debe disponer en la obra de un botiquín portátil señalizado correctamente y con fácil acceso a él. En dicho botiquín se dispondrán de los medios necesarios para primeros auxilios en caso de accidente y debe haber una persona capacitada designada por la empresa constructora encargada de utilizar el botiquín y realizar las actividades de primeros auxilios requeridas si ocurre un accidente.

La empresa constructora debe acreditar la formación de los operarios presentes en la obra en materia de prevención de riesgos laborales y primeros auxilios. También se debe disponer de un plan de emergencia a realizar en caso de tener que atender a los operarios en caso de accidente.

### **5.6. Normativa en materia de Seguridad y Salud**

- ✓ Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- ✓ Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- ✓ Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- ✓ Real Decreto 485/1997, del 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- ✓ Real Decreto 487/1997, del 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- ✓ Real Decreto 773/1997, del 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- ✓ Real Decreto 39/1997, del 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Firmado:

Béjar, septiembre de 2017

ANAÍS CORMORANT BEGUIN

# ANEXO I. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

## Anexo I - 1. Introducción

El cálculo y diseño de la instalación contra incendios se realiza de forma independiente para cada uno de los edificios de los que se compone la planta de biomasa, puesto que resulta más eficiente tanto técnica como económicamente debido a la presencia de edificios destinados a uso industrial y uso no industrial.

La planta de biomasa está compuesta por 6 edificios:

<b>Edificio</b>	<b>Tipo de edificio</b>
Edificio de control	No industrial
Edificio de oficina	No industrial
Edificio de báscula	No industrial
Nave de almacenamiento	Industrial
Nave de generación	Industrial
Edificio de transformación	Industrial

**Anexo I. Tabla 1** - Clasificación de edificios en función de su uso.

## Anexo I - 2. Normativa utilizada

Para edificios de uso no industrial:

- Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio. Código Técnico de la Edificación.

Para edificios de uso industrial:

- Reglamento de Seguridad Contra Incendio en Establecimientos Industriales.

## Anexo I - 3. Diseño de la instalación contra incendios en cada edificio

### Anexo I - 3.1. Edificio de control

#### Anexo I - 3.1.1. Uso

El edificio de control tiene un uso no industrial, clasificado como uso administrativo.

### Anexo I - 3.1.2. Zonas de riesgo especial ZRE

No existen zonas de riesgo especial en este edificio.

### Anexo I - 3.1.3. Sectorización

Puesto que la superficie construida del edificio es de  $25 \text{ m}^2 < 2500 \text{ m}^2$ , se permite la asignación de un solo sector de incendio en todo el edificio.

### Anexo I - 3.1.4. Características de resistencia al fuego

Las características mínimas exigidas por la normativa para los elementos constructivos que delimitan el sector de incendio son las siguientes para una planta sobre rasante con altura de evacuación inferior a 15 metros.

Elemento constructivo	Resistencia al fuego exigida
Paredes	EI 60
Techo	R 60
Suelo	R 60
Puerta de paso	EI <sub>2</sub> 30-C5

Anexo I. Tabla 2 - Resistencia al fuego (edificio de control).

### Anexo I - 3.1.5. Evacuación de los ocupantes

#### ➤ Cálculo de ocupación:

Para el cálculo de ocupación del edificio se debe calcular la ocupación de cada estancia o sala de forma independiente.

En este edificio solo se dispone de una sala, por lo tanto, el cálculo de ocupación se recoge en la siguiente tabla:

Sala	Clasificación	Ocupación	Superficie útil	Ocupación total
Sala de control	Plantas o zonas de oficinas	10 m <sup>2</sup> /persona	22,5 m <sup>2</sup>	3
<b>TOTAL:</b>				<b>3 personas</b>

Anexo I. Tabla 3 - Ocupación (edificio de control).

➤ **Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación:**

Se permite el uso de una sola salida de planta del edificio puesto que la ocupación es inferior a 100 personas y el recorrido de evacuación máximo es inferior a 50 metros exigible por la normativa, puesto que se trata de un edificio de una planta con salida directa al espacio exterior seguro y con ocupación inferior de 25 personas.

La salida de planta será la puerta de entrada al edificio. El recorrido máximo desde el origen de evacuación más alejado hasta la salida de planta es de 14 metros.

➤ **Dimensionado de los elementos de evacuación:**

Las dimensiones mínimas que deben tener los distintos elementos que intervienen en los recorridos de evacuación se establecen en la normativa y se recogen en la siguiente tabla los elementos presentes en el edificio de cálculo:

Elemento	Anchura mínima	Anchura real	Conclusión
Puerta de salida de planta	0,8 m	1 m	CUMPLE

**Anexo I. Tabla 4** - Elementos de evacuación (edificio de control).

Todas las puertas que intervienen en los recorridos de evacuación deben abrir en sentido del recorrido de evacuación.

➤ **Señalización:**

No hay señalización obligatoria en este edificio. Puesto que el edificio tiene una superficie construida inferior a 50 m<sup>2</sup>, la salida es visible desde cualquier punto del mismo y las personas que se encuentren en el mismo están familiarizadas con el entorno, no se exige la señalización de "SALIDA" en la salida de planta.

### **Anexo I - 3.1.6. Protección activa contra incendios**

En este apartado se definen los elementos de protección activa de los que hay que dotar al edificio de cálculo para cumplir la normativa. A continuación, se citan los elementos de protección activa contra incendios a disponer:

- Extintores de incendio: deben ser de eficacia 21A – 113B y debe haber tantos como sea necesario para cumplir que se acceda a un extintor desde cualquier origen de evacuación del edificio con un recorrida de como máximo 15 metros. En el edificio en cuestión se instalará un solo extintor. El extintor utilizado es trivalente de polvo ABC.

No se exige la instalación de otros elementos de protección activa contra incendios.

Este extintor debe señalizarse siguiendo las especificaciones de la norma UNE 23033-1, con una señal de dimensiones 420 x 420 mm visible también en caso de fallo de suministro del alumbrado ordinario de dicho edificio.

### **Anexo I - 3.2. Edificio de oficina**

#### **Anexo I - 3.2.1. Uso**

El edificio de oficina tiene un uso no industrial, clasificado como uso administrativo.

#### **Anexo I - 3.2.2. Zonas de riesgo especial ZRE**

No existen zonas de riesgo especial en este edificio.

#### **Anexo I - 3.2.3. Sectorización**

Puesto que la superficie construida del edificio es de  $200 \text{ m}^2 < 2500 \text{ m}^2$ , se permite la asignación de un solo sector de incendio en todo el edificio.

#### **Anexo I - 3.2.4. Características de resistencia al fuego**

Las características mínimas exigidas por la normativa para los elementos constructivos que delimitan el sector de incendio son las siguientes para una planta sobre rasante con altura de evacuación inferior a 15 metros.

<b>Elemento constructivo</b>	<b>Resistencia al fuego exigida</b>
Paredes	EI 60
Techo	R 60
Suelo	R 60
Puerta de paso	EI <sub>2</sub> 30-C5

**Anexo I. Tabla 5 - Resistencia al fuego (edificio de oficina).**

#### **Anexo I - 3.2.5. Evacuación de los ocupantes:**

##### **➤ Cálculo de ocupación:**

Para el cálculo de ocupación del edificio se debe calcular la ocupación de cada estancia o sala de forma independiente.

Las salas de las que se dispone en este edificio y el cálculo de ocupación se recoge en la siguiente tabla:

Sala	Clasificación	Ocupación	Superficie útil	Ocupación total
Despacho 1	Plantas o zonas de oficinas	10 m <sup>2</sup> /persona	18 m <sup>2</sup>	2
Despacho 2	Plantas o zonas de oficinas	10 m <sup>2</sup> /persona	21,6 m <sup>2</sup>	3
Sala de reuniones y conferencias	Planta o zonas de oficinas	10 m <sup>2</sup> /persona	36 m <sup>2</sup>	4
Recepción y pasillo	Planta o zonas de oficinas	10 m <sup>2</sup> /persona	90 m <sup>2</sup>	9
Aseos	Aseos de planta	3 m <sup>2</sup> /persona	14,4 m <sup>2</sup>	5
<b>TOTAL:</b>				<b>23 personas</b>

Anexo I. Tabla 6 - Ocupación (edificio de oficina).

➤ **Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación:**

Se permite el uso de una sola salida de planta del edificio puesto que la ocupación es inferior a 100 personas y el recorrido de evacuación máximo es inferior a 50 metros exigible por la normativa, puesto que se trata de un edificio de una planta con salida directa al espacio exterior seguro y con ocupación inferior de 25 personas.

La salida de planta será la puerta de entrada al edificio.

El recorrido de evacuación máximo desde el origen de evacuación más alejado hasta la salida de planta es de 28 metros.

➤ **Dimensionado de los elementos de evacuación:**

Las dimensiones mínimas que deben tener los distintos elementos que intervienen en los recorridos de evacuación se establecen en la normativa y se recogen en la siguiente tabla los elementos presentes en el edificio de cálculo:

Elemento	Anchura mínima	Anchura real	Conclusión
Puertas	0,8 m	1 m	CUMPLE
Pasillo	1 m	1,6 m	CUMPLE

Anexo I. Tabla 7 - Elementos de evacuación (edificio de oficina).

Todas las puertas que intervienen en los recorridos de evacuación deben abrir en sentido del recorrido de evacuación.



➤ **Señalización:**

La señalización obligatoria para los elementos de evacuación es la siguiente:

- Rótulo de “SALIDA” en la salida de planta, es decir, la puerta de entrada principal del edificio.
- Señales indicativas de la dirección de los recorridos de evacuación, visibles desde cualquier origen de evacuación, así como en puntos en los que existan alternativas que puedan inducir a error.
- Durante el recorrido de evacuación, en las puertas que no sean salida de evacuación, debe haber una señal con rótulo “Sin salida” en un lugar visible.
- Estas señales deben ser visibles incluso cuando exista un fallo en el suministro del alumbrado ordinario del edificio.

**Anexo I - 3.2.6. Protección activa contra incendios:**

En este apartado se definen los elementos de protección activa de los que hay que dotar al edificio de cálculo para cumplir la normativa. A continuación, se citan los elementos de protección activa contra incendios a disponer:

- Extintores de incendio: deben ser de eficacia 21A – 113B y debe haber tantos como sea necesario para cumplir que se acceda a un extintor desde cualquier origen de evacuación del edificio con un recorrida de como máximo 15 metros. En el edificio en cuestión se instalará un número de 3 extintores. Los extintores utilizados son trivalentes de polvo ABC.

No se exige la instalación de otros elementos de protección activa contra incendios.

Estos extintores deben señalizarse siguiendo las especificaciones de la norma UNE 23033-1, con una señal de dimensiones 420 x 420 mm visible también en caso de fallo de suministro del alumbrado ordinario de dicho edificio.

**Anexo I - 3.3. Edificio de báscula**

**Anexo I - 3.3.1. Uso**

El edificio de báscula tiene un uso no industrial, clasificado como uso administrativo.

**Anexo I - 3.3.2. Zonas de riesgo especial ZRE**

No existen zonas de riesgo especial en este edificio.

### Anexo I - 3.3.3. Sectorización

Puesto que la superficie construida es de  $48 \text{ m}^2 < 2500 \text{ m}^2$ , se permite la asignación de un solo sector de incendio de todo el edificio.

### Anexo I - 3.3.4. Características de resistencia al fuego

Las características mínimas exigidas por la normativa para los elementos constructivos que delimitan el sector de incendio son las siguientes para una planta sobre rasante con altura de evacuación inferior a 15 metros.

Elemento constructivo	Resistencia al fuego exigida
Paredes	EI 60
Techo	R 60
Suelo	R 60
Puerta de paso	EI <sub>2</sub> 30-C5

Anexo I. Tabla 8 - Resistencia al fuego (edificio de báscula).

### Anexo I - 3.3.5. Evacuación de los ocupantes

#### ➤ Cálculo de ocupación:

Para el cálculo de ocupación del edificio se debe calcular la ocupación de cada estancia o sala de forma independiente.

En este edificio solo se dispone de una sala, por lo tanto, el cálculo de ocupación se recoge en la siguiente tabla:

Sala	Clasificación	Ocupación	Superficie útil	Ocupación total
Sala de báscula	Plantas o zonas de oficinas	10 m <sup>2</sup> /persona	43,2 m <sup>2</sup>	5
<b>TOTAL:</b>				<b>5 personas</b>

Anexo I. Tabla 9 - Ocupación (edificio de báscula).

#### ➤ Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación:

Se permite el uso de una sola salida de planta del edificio puesto que la ocupación es inferior a 100 personas y el recorrido de evacuación máximo es inferior a 50 metros exigible por la

normativa, puesto que se trata de un edificio de una planta con salida directa al espacio exterior seguro y con ocupación inferior de 25 personas.

La salida de planta será la puerta de entrada al edificio.

El recorrido de evacuación máximo, desde el origen de evacuación más alejado hasta la salida de planta, es de 15 metros.

➤ **Dimensionado de los elementos de evacuación:**

Las dimensiones mínimas que deben tener los distintos elementos que intervienen en los recorridos de evacuación se establecen en la normativa y se recogen en la siguiente tabla los elementos presentes en el edificio de cálculo:

Elemento	Anchura mínima	Anchura real	Conclusión
Puerta de salida de planta	0,8 m	1 m	CUMPLE

**Anexo I. Tabla 10** - Elementos de evacuación (edificio de báscula).

Todas las puertas que intervienen en los recorridos de evacuación deben abrir en sentido del recorrido de evacuación.

➤ **Señalización:**

No hay señalización obligatoria en este edificio. Puesto que el edificio tiene una superficie construida inferior a 50 m<sup>2</sup>, la salida es visible desde cualquier punto del mismo y las personas que se encuentren en el mismo están familiarizadas con el entorno, no se exige la señalización de “SALIDA” en la salida de planta.

### **Anexo I - 3.3.6. Protección activa contra incendios**

En este apartado se definen los elementos de protección activa de los que hay que dotar al edificio de cálculo para cumplir la normativa. A continuación, se citan los elementos de protección activa contra incendios a disponer:

- Extintores de incendio: deben ser de eficacia 21A – 113B y debe haber tantos como sea necesario para cumplir que se acceda a un extintor desde cualquier origen de evacuación del edificio con un recorrida de como máximo 15 metros. En el edificio en cuestión se instalará un solo extintor. El extintor utilizado es trivalente de polvo ABC.

No se exige la instalación de otros elementos de protección activa contra incendios.

Este extintor debe señalizarse siguiendo las especificaciones de la norma UNE 23033-1, con una señal de dimensiones 420 x 420 mm visible también en caso de fallo de suministro del alumbrado ordinario de dicho edificio.

## Anexo I - 3.4. Nave de almacenamiento

### Anexo I - 3.4.1. Tipo de edificio

La nave de almacenamiento se clasifica como un establecimiento o edificio industrial, clasificado como edificio tipo B puesto que se encuentra junto a otro edificio a una distancia superior a 3 metros, con un elemento combustible que los une siendo éste el sistema de transporte por tornillo sinfín de alimentación de combustible a la caldera.

### Anexo I - 3.4.2. Sectorización

En este edificio hay un solo sector de incendio.

### Anexo I - 3.4.3. Cálculo de la densidad de carga de fuego del sector

Para el cálculo de densidad de carga de fuego total del sector de incendio, se distinguen dos zonas en el establecimiento, las zonas de almacenamiento y las zonas destinadas a procesos productivos.

- Para las zonas destinadas a almacenamiento, la densidad de carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{q_v \cdot C_i \cdot V}{A} \cdot R_a$$

Donde:

$Q_s$	es la densidad de carga al fuego	[MJ/m <sup>2</sup> ]
$q_v$	es la densidad de carga al fuego del almacenamiento	[MJ/m <sup>3</sup> ]
$C_i$	es el coeficiente adimensional de grado de peligrosidad	
$V$	es el volumen útil ocupado por el almacenamiento	[m <sup>3</sup> ]
$R_a$	es el coeficiente adimensional de la actividad industrial	
$A$	es el área total construida del sector de incendio	[m <sup>2</sup> ]

- Para las zonas del resto del establecimiento, destinadas a procesos productivos, la densidad de carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{q_s \cdot C_i \cdot S}{A} \cdot R_a$$

Donde:

$Q_s$	es la densidad de carga al fuego	[MJ/m <sup>2</sup> ]
$q_s$	es la densidad de carga al fuego de cada proceso	[MJ/m <sup>2</sup> ]

Ci	es el coeficiente adimensional de grado de peligrosidad	
S	es la superficie útil ocupada por el proceso	[m <sup>2</sup> ]
Ra	es el coeficiente adimensional de la actividad industrial	
A	es el área total construida del sector de incendio	[m <sup>2</sup> ]

Para la obtención de los coeficientes Ci y Ra se debe diferenciar las distintas zonas existentes en el sector de incendio en función de su actividad industrial. El reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales contiene una clasificación de actividades industriales en las que se debe incluir cada zona.

En este establecimiento solamente existe una zona de almacenamiento y no existe ningún proceso productivo, por lo tanto, la densidad de carga de fuego será debida a la zona de almacenamiento.

La zona de almacenamiento se clasifica como una zona cuya actividad industrial es “madera, virutas” según el reglamento, por lo que tiene las siguientes características:

- Densidad de carga al fuego de almacenamiento →  $q_v = 2100 \text{ MJ / m}^3$
- Coeficiente de actividad industrial →  $R_a = 2$
- Área del sector de incendio →  $A = 875 \text{ m}^2$
- Volumen de almacenamiento →  $V = S \cdot h + V_{\text{depósito}}$

El volumen de almacenamiento viene definido por las zonas en las que se va a almacenar el combustible. El combustible es almacenado en la zona de descarga del combustible, y en los tres depósitos de almacenamiento del combustible. La zona de descarga del combustible está definida en un área de 185 m<sup>2</sup> y tiene una altura de 3 metros. Los depósitos de almacenamiento tienen los siguientes volúmenes: el silo de caldera tiene 40 m<sup>3</sup>, y los dos depósitos pulmón tienen 20 m<sup>3</sup> cada uno.

Por lo tanto, el volumen total de almacenamiento es:

$$V = S \cdot h + V_{\text{depósitos}} = 185 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} + 40 \text{ m}^3 + 2 \cdot 20 \text{ m}^3 = 635 \text{ m}^3$$

El combustible almacenado es madera proveniente de restos forestales. La madera de los bosques tiene una temperatura de ignición superior a los 200 °C, por lo que se considera un combustible sólido de grado de peligrosidad bajo.

El coeficiente de grado de peligrosidad:  $C_i = 1$

La densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = \frac{2100 \cdot 635 \cdot 1}{875} \cdot 2 = 3048 \text{ MJ/m}^2$$

#### **Anexo I - 3.4.4. Nivel de riesgo intrínseco del edificio**

Según lo establecido en la normativa, un edificio con una densidad total de carga de fuego de  $Q_s = 3048 \text{ MJ/m}^2$  tiene un nivel de riesgo MEDIO NIVEL 5.

Con este nivel de riesgo, se comprueba la correcta suposición de tomar un sector de incendio para todo el establecimiento. Para un riesgo MEDIO nivel 5, y edificio tipo B, la superficie construida máxima admisible para cada sector de incendio es de  $2500 \text{ m}^2$ . Como el establecimiento tiene una superficie construida de  $875 \text{ m}^2$ , se comprueba que puede tomarse un solo sector de incendios.

#### **Anexo I - 3.4.5. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes**

Para un edificio tipo B, con riesgo medio, y situado sobre rasante, la resistencia mínima al fuego que deben tener los elementos estructurales del edificio es: R 90 (EF – 90)

#### **Anexo I - 3.4.6. Evacuación de los ocupantes**

La ocupación del edificio se obtiene con la siguiente expresión:

$$P = 1,10 \cdot p \rightarrow \text{para } p < 100$$

Donde:

P es la ocupación total del edificio.

p es el número de personas que están presentes en el sector de incendio de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Se establece que  $p = 15$  personas.

Por lo tanto,  $P = 17$  personas

Los recorridos de evacuación máximos desde cualquier origen de evacuación hasta la salida de planta del establecimiento son los siguientes según el reglamento:

Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.

Riesgo	1 salida	2 salidas alternativas
Bajo	35 m	50 m
	50 m – si la ocupación es inferior a 25 personas	
Medio	25 m	50 m
	35 m – si la ocupación es inferior a 25 personas	
Alto	-----	25 m

**Anexo I. Tabla 11** - Número de salidas y recorridos de evacuación.

**Fuente:** Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

En este establecimiento los recorridos de evacuación hacia una salida pueden aumentarse a 35 metros puesto que la ocupación es de 17 personas. La salida de evacuación de los ocupantes es la puerta de acceso para peatones de la nave de almacenamiento.

El recorrido de evacuación máximo desde el origen de evacuación más alejado hasta la salida de evacuación es de 35 metros.

Las características que deben tener los elementos que intervienen en los recorridos de evacuación son las siguientes:

Elemento	Anchura mínima	Anchura real	Conclusión
Puerta de salida de planta	0,8 m	2 m	CUMPLE
Pasillo	1 m	1 m	CUMPLE

**Anexo I. Tabla 12** - Elementos de evacuación (nave de almacenamiento).

### **Anexo I - 3.4.7. Señalización**

La señalización obligatoria para los elementos de evacuación es la siguiente:

- Rótulo de “SALIDA” en la salida de planta, es decir, la puerta de entrada principal para peatones del edificio.
- Señales indicativas de la dirección de los recorridos de evacuación, visibles desde cualquier origen de evacuación, así como en puntos en los que existan alternativas que puedan inducir a error.
- Estas señales deben ser visibles incluso cuando exista un fallo en el suministro del alumbrado ordinario del edificio.

### **Anexo I - 3.4.8. Protección activa contra incendios**

En este apartado se definen los elementos de protección activa de los que hay que dotar al edificio para cumplir la normativa. A continuación, se citan los elementos de protección activa contra incendios a disponer:

➤ **Sistemas manuales de alarma de incendio:**

También denominado pulsadores de alarma. Deben instalarse puesto que se trata de un edificio en el que la superficie construida del sector de incendio es superior a 800 m<sup>2</sup>, siendo ésta de 875 m<sup>2</sup>. Estos pulsadores de alarma se sitúan junto a la salida de evacuación del sector de incendio, la puerta principal de acceso a peatones, y en otros puntos de manera que la distancia máxima entre cualquier lugar ocupable hasta un pulsador sea de 25 metros.

➤ **Extintores de incendio:**

Se instalan extintores portátiles de incendio en todos los sectores. Los combustibles presentes en el edificio son de tipo A, siendo la biomasa almacenada, y de tipo B, siendo aceites y grasas que puedan estar presentes debido a motores y sistemas de transporte sin fin. Por lo tanto, se requiere una eficacia 21 A – 113 B. Los extintores utilizados son extintores trivalentes de polvo seco ABC y se requiere un extintor por los primeros 400 m<sup>2</sup> de superficie construida del sector de incendio y otro extintor por cada 200 m<sup>2</sup>. Por tanto, se instalan 4 extintores. Estos extintores se sitúan de manera que no se supere un recorrido máximo desde cualquier lugar ocupable hasta un extintor de 15 metros.

➤ **Bocas de Incendio Equipadas BIE:**

Deben instalarse puesto que se trata de un edificio de tipo B con riesgo intrínseco medio y con superficie de 875 m<sup>2</sup>, mayor que 500 m<sup>2</sup>. Se requiere un sistema de un número de dos BIE DN 45 mm, pudiendo utilizar BIE DN 25 mm con toma adicional de 45 mm, con un tiempo de autonomía de 60 minutos. Se instalan dos bocas de incendio equipadas de tipo 45 mm de manguera semirrígida.



➤ **Señalización de los elementos de protección activa:**

Todos los medios de protección activa contra incendios de utilización manual se señalizan correctamente cuando no sean fácilmente localizables desde algún lugar del sector de incendio.

### **Anexo I - 3.5. Nave de generación**

#### **Anexo I - 3.5.1. Tipo de edificio**

La nave de generación se clasifica como un edificio de uso industrial, clasificado como un edificio tipo B puesto que se encuentra junto a otro edificio a una distancia superior a 3 metros, pero con un elemento combustible que une dichos edificios.

#### **Anexo I - 3.5.2. Sectorización**

En este edificio hay un solo sector de incendio, del establecimiento en conjunto. Debido a la existencia de una zona de uso no industrial, el reglamento permite que dicha zona forme parte del sector de incendio industrial si no supera un valor máximo de superficie construida. La zona no perteneciente al uso industrial es la sala común, clasificándose según el reglamento como una zona de bar, cafetería, comedor de personal y cocina, la cual debe tener una superficie construida máxima de 150 m<sup>2</sup> o capacidad máxima de servicio de 100 personas de forma simultánea. Puesto que dicha zona tiene una superficie construida de 18 m<sup>2</sup>, que junto con los aseos de 12 m<sup>2</sup> suman una superficie construida total de 30 m<sup>2</sup>, puede tomarse como parte del sector de incendio principal y único.

#### **Anexo I - 3.5.3. Cálculo de densidad de carga de fuego del sector**

Para el cálculo de densidad de carga de fuego total del sector de incendio, se distinguen dos zonas en el establecimiento, las zonas de almacenamiento y las zonas destinadas a procesos productivos.

- Para las zonas destinadas a almacenamiento, la densidad de carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{q_v \cdot C_i \cdot V}{A} \cdot R_a$$

Donde:

$Q_s$  es la densidad de carga al fuego [MJ/m<sup>2</sup>]

qv	es la densidad de carga al fuego del almacenamiento	[MJ/m <sup>3</sup> ]
Ci	es el coeficiente adimensional de grado de peligrosidad	
V	es el volumen útil ocupado por el almacenamiento	[m <sup>3</sup> ]
Ra	es el coeficiente adimensional de la actividad industrial	
A	es el área total construida del sector de incendio	[m <sup>2</sup> ]

- Para las zonas del resto del establecimiento, destinadas a procesos productivos, la densidad de carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{q_s \cdot C_i \cdot S}{A} \cdot R_a$$

Donde:

Qs	es la densidad de carga al fuego	[MJ/m <sup>2</sup> ]
qs	es la densidad de carga al fuego de cada proceso	[MJ/m <sup>2</sup> ]
Ci	es el coeficiente adimensional de grado de peligrosidad	
S	es la superficie útil ocupada por el proceso	[m <sup>2</sup> ]
Ra	es el coeficiente adimensional de la actividad industrial	
A	es el área total construida del sector de incendio	[m <sup>2</sup> ]

Para la obtención de los coeficientes Ci y Ra se debe diferenciar las distintas zonas existentes en el sector de incendio en función de su actividad industrial. El reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales contiene una clasificación de actividades industriales en las que se debe incluir cada zona.

En este establecimiento, la nave de generación, existen distintas zonas destinadas a distintos procesos o actividades industriales, mientras que no existe ninguna zona de almacenamiento. Por lo tanto, la densidad de carga de fuego total será la debida a las zonas de procesos productivos.

Se toma que todo el edificio realiza la misma actividad industrial que en este caso es “centrales térmicas”. Por lo tanto, se definen las siguientes características:

- Densidad de carga al fuego →  $q_s = 200 \text{ MJ} / \text{m}^3$
- Coeficiente de actividad industrial →  $R_a = 1$
- Área del sector de incendio →  $A = 750 \text{ m}^2$

El posible combustible presente en este establecimiento es el debido sobre todo a maquinaria presente durante el proceso de combustión y transformación de la energía para generar energía eléctrica, así como el peligro presente por la elevada temperatura que puede existir en el sector. Por lo tanto, se considera un grado de peligrosidad alto para estar del lado de la seguridad:  $C_i = 1,6$ .

La densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = \frac{200 \cdot 750 \cdot 1,6}{750} \cdot 1 = 320 \text{ MJ/m}^2$$

#### **Anexo I - 3.5.4. Nivel de riesgo intrínseco del edificio**

Según lo establecido en la normativa, un edificio con una densidad total de carga de fuego de  $Q_s = 320 \text{ MJ/m}^2$  tiene un nivel de riesgo intrínseco BAJO NIVEL 1.

Con este nivel de riesgo, se comprueba la correcta suposición de tomar un sector de incendio para todo el establecimiento. Para un riesgo BAJO nivel 1, y edificio tipo B, la superficie construida máxima admisible para cada sector de incendio es de  $6000 \text{ m}^2$ . Como el establecimiento tiene una superficie construida de  $750 \text{ m}^2$ , se comprueba que puede tomarse un solo sector de incendios.

#### **Anexo I - 3.5.5. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes**

Para un edificio tipo B, con riesgo bajo, y situado sobre rasante, la resistencia mínima al fuego que deben tener los elementos estructurales del edificio es:  $R 60$  (EF – 60)

#### **Anexo I - 3.5.6. Evacuación de los ocupantes**

La ocupación del edificio se obtiene con la siguiente expresión:

$$P = 1,10 \cdot p \rightarrow \text{para } p < 100$$

Donde:

$P$  es la ocupación total del edificio.

$p$  es el número de personas que están presentes en el sector de incendio de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Se establece que  $p = 15$  personas.

Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.

Por lo tanto, P = 17 personas

Los recorridos de evacuación máximos desde cualquier origen de evacuación hasta la salida de planta del establecimiento son los siguientes según el reglamento:

Riesgo	1 salida	2 salidas alternativas
Bajo	35 m	50 m
	50 m – si la ocupación es inferior a 25 personas	
Medio	25 m	50 m
	35 m – si la ocupación es inferior a 25 personas	
Alto	-----	25 m

**Anexo I. Tabla 13** - Número de salidas y recorridos de evacuación.

**Fuente:** Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

Como el edificio tiene un riesgo intrínseco bajo con una ocupación de 17 personas, inferior a 25 personas, los recorridos de evacuación máximos desde cualquier origen de evacuación hasta una salida de evacuación serán de 50 metros. La salida de evacuación es la puerta de acceso principal del establecimiento. El recorrido de evacuación máximo desde el origen de evacuación más alejado hasta la salida de evacuación es de 48 metros.

Las características que deben tener los elementos que intervienen en los recorridos de evacuación son las siguientes.

Elemento	Anchura mínima	Anchura real	Conclusión
Puertas de paso	0,8 m	1 m	CUMPLE
Puerta de salida de evacuación	0,8 m	2 m	CUMPLE

**Anexo I. Tabla 14** - Elementos de evacuación (nave de generación).

### **Anexo I - 3.5.7. Señalización**

La señalización obligatoria para los elementos de evacuación es la siguiente:

- Rótulo de “SALIDA” en la salida de planta, es decir, la puerta de entrada principal para peatones del edificio.

- Señales indicativas de la dirección de los recorridos de evacuación, visibles desde cualquier origen de evacuación, así como en puntos en los que existan alternativas que puedan inducir a error.
- Durante el recorrido de evacuación, en las puertas que no sean salida de evacuación, debe haber una señal con rótulo “Sin salida” en un lugar visible.
- Estas señales deben ser visibles incluso cuando exista un fallo en el suministro del alumbrado ordinario del edificio.

### **Anexo I - 3.5.8. Protección activa contra incendios**

En este apartado se definen los elementos de protección activa de los que hay que dotar al edificio de cálculo para cumplir la normativa. A continuación, se citan los elementos de protección activa contra incendios a disponer:

#### **➤ Sistemas manuales de alarma de incendio:**

Denominados pulsadores de alarma. Deben instalarse puesto que se no se requiere de instalación de sistemas automáticos de detección de incendios según el reglamento utilizado. Estos pulsadores de alarma se sitúan junto a la salida de evacuación del sector de incendio, en este caso, la puerta principal de la nave de generación, y en otros lugares del sector de incendio de manera que la distancia máxima entre cualquier lugar ocupable del sector y un pulsador sea de 25 metros.

#### **➤ Extintores de incendio:**

Se instalan extintores portátiles de incendio en todos los sectores. Los combustibles presentes en el edificio son de tipo A, siendo la biomasa presente y todos los materiales sólidos susceptibles de entrar en combustión, y de tipo B, siendo aceites y grasas que puedan estar presentes debido a motores y sistemas de transporte sin fin. Por lo tanto, se requiere una eficacia 21 A – 113 B. Los extintores utilizados son extintores trivalentes de polvo seco ABC y se requiere un extintor por los primeros 600 m<sup>2</sup> de superficie construida del sector de incendio y otro extintor por cada 200 m<sup>2</sup>. Por tanto, se instalan 2 extintores. Estos extintores se sitúan de manera que no se supere un recorrido máximo desde cualquier lugar ocupable hasta un extintor de 15 metros.

➤ **Señalización de los elementos de protección activa:**

Todos los medios de protección activa contra incendios de utilización manual se señalizan correctamente cuando no sean fácilmente localizables desde algún lugar del sector de incendio.

### **Anexo I - 3.6. Edificio de transformación**

#### **Anexo I - 3.6.1. Tipo de edificio**

La nave de generación se clasifica como un edificio de uso industrial, clasificado como un edificio tipo C puesto que los edificios presentes a su alrededor se encuentran a una distancia superior a 3 metros.

#### **Anexo I - 3.6.2. Sectorización**

En este edificio hay un solo sector de incendio.

#### **Anexo I - 3.6.3. Cálculo de densidad de carga de fuego del sector**

Para el cálculo de densidad de carga de fuego total del sector de incendio, se distinguen dos zonas en el establecimiento, las zonas de almacenamiento y las zonas destinadas a procesos productivos.

- Para las zonas destinadas a almacenamiento, la densidad de carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{q_v \cdot C_i \cdot V}{A} \cdot R_a$$

Donde:

$Q_s$	es la densidad de carga al fuego	[MJ/m <sup>2</sup> ]
$q_v$	es la densidad de carga al fuego del almacenamiento	[MJ/m <sup>3</sup> ]
$C_i$	es el coeficiente adimensional de grado de peligrosidad	
$V$	es el volumen útil ocupado por el almacenamiento	[m <sup>3</sup> ]
$R_a$	es el coeficiente adimensional de la actividad industrial	
$A$	es el área total construida del sector de incendio	[m <sup>2</sup> ]

- Para las zonas del resto del establecimiento, destinadas a procesos productivos, la densidad de carga de fuego se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{q_s \cdot C_i \cdot S}{A} \cdot R_a$$

Donde:

$Q_s$	es la densidad de carga al fuego	[MJ/m <sup>2</sup> ]
$q_s$	es la densidad de carga al fuego de cada proceso	[MJ/m <sup>2</sup> ]
$C_i$	es el coeficiente adimensional de grado de peligrosidad	
$S$	es la superficie útil ocupada por el proceso	[m <sup>2</sup> ]
$R_a$	es el coeficiente adimensional de la actividad industrial	
$A$	es el área total construida del sector de incendio	[m <sup>2</sup> ]

Para la obtención de los coeficientes  $C_i$  y  $R_a$  se debe diferenciar las distintas zonas existentes en el sector de incendio en función de su actividad industrial. El reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales contiene una clasificación de actividades industriales en las que se debe incluir cada zona.

En este establecimiento, el edificio de transformación, existen distintas zonas destinadas a un mismo proceso o actividad industrial, mientras que no existe ninguna zona de almacenamiento. Por lo tanto, la densidad de carga de fuego total será la debida a las zonas de procesos productivos.

Se toma que todo el edificio realiza la misma actividad industrial que en este caso es “transformadores”. Por lo tanto, se definen las siguientes características:

- Densidad de carga al fuego →  $q_s = 300 \text{ MJ / m}^3$
- Coeficiente de actividad industrial →  $R_a = 1,5$
- Área del sector de incendio →  $A = 35 \text{ m}^2$

El posible combustible presente en este establecimiento es el debido sobre todo al transformador y aparamenta de protección, medida y control. Por lo tanto, se considera un grado de peligrosidad alto para estar del lado de la seguridad:  $C_i = 1,6$ .

La densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = \frac{300 \cdot 35 \cdot 1,6}{35} \cdot 1,5 = 720 \text{ MJ / m}^2$$

**Anexo I - 3.6.4. Nivel de riesgo intrínseco del edificio**

Según lo establecido en la normativa, un edificio con una densidad total de carga de fuego de  $Q_s = 720 \text{ MJ/m}^2$  tiene un nivel de riesgo intrínseco BAJO NIVEL 2.

Con este nivel de riesgo, se comprueba la correcta suposición de tomar un sector de incendio para todo el establecimiento. Para un riesgo BAJO nivel 2, y edificio tipo C, la superficie construida máxima admisible para cada sector de incendio es de  $6000 \text{ m}^2$ . Como el establecimiento tiene una superficie construida de  $35 \text{ m}^2$ , se comprueba que puede tomarse un solo sector de incendios.

**Anexo I - 3.6.5. Resistencia al fuego de los elementos estructurales portantes**

Para un edificio tipo C, con riesgo bajo, y situado sobre rasante, la resistencia mínima al fuego que deben tener los elementos estructurales del edificio es: R 30 (EF – 30)

**Anexo I - 3.6.6. Evacuación de los ocupantes**

La ocupación del edificio se obtiene con la siguiente expresión:

$$P = 1,10 \cdot p \rightarrow \text{para } p < 100$$

Donde:

P es la ocupación total del edificio.

p es el número de personas que están presentes en el sector de incendio de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Se establece que  $p = 5$  personas.

Por lo tanto,  $P = 6$  personas

Los recorridos de evacuación máximos desde cualquier origen de evacuación hasta la salida de planta del establecimiento son los siguientes según el reglamento:



Riesgo	1 salida	2 salidas alternativas
Bajo	35 m	50 m
	50 m – si la ocupación es inferior a 25 personas	
Medio	25 m	50 m
	35 m – si la ocupación es inferior a 25 personas	
Alto	-----	25 m

**Anexo I. Tabla 15** - Número de salidas y recorridos de evacuación.

**Fuente:** Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

Como el edificio tiene un riesgo intrínseco bajo con una ocupación de 6 personas, inferior a 25 personas, los recorridos de evacuación máximos desde cualquier origen de evacuación hasta una salida de evacuación serán de 50 metros. La salida de evacuación es la puerta de acceso principal del establecimiento. El recorrido de evacuación máximo desde el origen de evacuación más alejado hasta la salida de evacuación es de 13 metros.

Las características que deben tener los elementos que intervienen en los recorridos de evacuación son las siguientes.

Elemento	Anchura mínima	Anchura real	Conclusión
Puertas de paso	0,8 m	1 m	CUMPLE
Puerta de salida de evacuación	0,8 m	2 m	CUMPLE
Pasillos	1 m	1,5 m	CUMPLE

**Anexo I. Tabla 16** - Elementos de evacuación (edificio de transformación).

### **Anexo I - 3.6.7. Señalización**

La señalización obligatoria para los elementos de evacuación es la siguiente:

- Rótulo de "SALIDA" en la salida de planta, es decir, la puerta de entrada principal para peatones del edificio.
- Señales indicativas de la dirección de los recorridos de evacuación, visibles desde cualquier origen de evacuación, así como en puntos en los que existan alternativas que puedan inducir a error.

- Durante el recorrido de evacuación, en las puertas que no sean salida de evacuación, debe haber una señal con rótulo "Sin salida" en un lugar visible.
- Estas señales deben ser visibles incluso cuando exista un fallo en el suministro del alumbrado ordinario del edificio.

### **Anexo I - 3.6.8. Protección activa contra incendios**

En este apartado se definen los elementos de protección activa de los que hay que dotar al edificio de cálculo para cumplir la normativa. A continuación, se citan los elementos de protección activa contra incendios a disponer:

#### **➤ Sistemas manuales de alarma de incendio:**

Denominados pulsadores de alarma. Deben instalarse puesto que se no se requiere de instalación de sistemas automáticos de detección de incendios según el reglamento utilizado. Estos pulsadores de alarma se sitúan junto a la salida de evacuación del sector de incendio, en este caso, la puerta principal del edificio de transformación, y en otros lugares del sector de incendio de manera que la distancia máxima entre cualquier lugar ocupable del sector y un pulsador sea de 25 metros.

#### **➤ Extintores de incendio:**

Se instalan extintores portátiles de incendio en todos los sectores. Los combustibles presentes en el edificio son de tipo A, siendo éstos el material eléctrico y electrónico presente en el edificio y todos los materiales sólidos susceptibles de entrar en combustión. Por lo tanto, se requiere una eficacia 21 A. Los extintores utilizados son extintores trivalentes de polvo seco ABC y se requiere un extintor por los primeros 600 m<sup>2</sup> de superficie construida del sector de incendio y otro extintor por cada 200 m<sup>2</sup>. Por tanto, se instala 1 extintor. Este extintor se sitúa de manera que no se supere un recorrido máximo desde cualquier lugar ocupable hasta el mismo de 15 metros.

#### **➤ Señalización de los elementos de protección activa:**

Todos los medios de protección activa contra incendios de utilización manual se señalizan correctamente cuando no sean fácilmente localizables desde algún lugar del sector de incendio.

#### Anexo I - 4. Central de detección y alarma de incendio

Debido a que existen dos edificios industriales, la nave de almacenamiento y la nave de generación, en los que se requiere la utilización e instalación de sistemas manuales de alarma, es decir, pulsadores manuales de alarma, se requiere la utilización de una central de detección y alarma de incendios. Esta central tiene el objetivo de recibir las señales de los pulsadores de estos edificios y emitir una alarma acústica y visual en la zona o zonas de las que proviene la señal, para alertar a las personas de la existencia de un posible incendio. La central estará situada en la sala de control del proceso, en la nave de generación, y estará provista por un sistema de alimentación ininterrumpida SAI para garantizar su suministro de forma ininterrumpida aun cuando exista un fallo en el suministro eléctrico.

La central de detección y alarma de incendios tendrá que cubrir el control de los sistemas manuales de alarma de estos edificios, que se traduce en el control de la señal de 4 pulsadores manuales de alarma, para accionar dos sistemas de alarma, uno para cada edificio, cuando la señal de éstos pulsadores sea positiva.

Las características de la central de detección y alarma de incendios son las siguientes:

Tensión de alimentación	230 V
Frecuencia de alimentación	50 – 60 Hz
Tipo de receptor	Monofásico
Potencia de consumo eléctrico	$P = 1 \text{ kW}$
Factor de potencia	$\cos \phi = 0.85$
Potencia aparente	$S = P/\cos \phi = 1176.5 \text{ VA}$

**Anexo I. Tabla 17** - Central de detección y alarma de incendios.

El sistema de alimentación ininterrumpida que alimenta a dicha central tiene las siguientes características:

<b>SAI ONDA - 20</b>	
Tensión de alimentación	230 V
Frecuencia de alimentación	50 – 60 Hz
Tipo de receptor	Monofásico
Potencia aparente S	2 kVA = 2000 VA
Tipo de batería	Plomo hermético

**Anexo I. Tabla 18** - Sistema de Alimentación Ininterrumpida para la central de detección y alarma contra incendios.

## Anexo I - 5. Red de abastecimiento de agua

La instalación contra incendios requiere el diseño de una red de abastecimiento de agua independiente para garantizar el aporte de agua a los sistemas de protección activa que lo requieren. En esta instalación debe garantizarse el suministro de agua para las dos bocas de incendio equipadas, requeridas en la instalación contra incendios de la nave de almacenamiento.

### Anexo I - 5.1. Características mínimas requeridas

#### ➤ Caudal mínimo:

Las bocas de incendio equipadas requieren de caudal mínimo de funcionamiento, en función del tipo de BIE a abastecer.

El caudal mínimo para abastecer una BIE según lo establecido en las normas UNE-EN 671-1:2013 y UNE-EN 671-2:2013 es:

BIE de 25 mm	$Q_{25} = 90 \text{ l/min}$
BIE de 45 mm	$Q_{45} = 210 \text{ l/min}$

Anexo I. Tabla 19 - Caudal mínima para BIE.

Las BIEs presentes en la instalación son dos de 45 mm y deben funcionar con un factor de simultaneidad, es decir, simultáneamente con un tiempo de autonomía de 60 minutos.

El caudal mínimo de abastecimiento de agua es:

$$Q_{\text{BIE}} = n^{\circ}\text{BIE} \cdot Q_{45} = 2 \cdot 210 \text{ l/min} = 240 \text{ l/min}$$

#### ➤ Reserva de agua mínima:

La reserva mínima de agua necesaria es:

$$R = Q_{\text{BIE}} \cdot t_{\text{autonomía}} = 240 \text{ l/min} \cdot 60 \text{ min} = 14400 \text{ l} = 14,4 \text{ m}^3$$

#### ➤ Presión mínima:

La presión mínima necesaria en cada punto de consumo de una BIE es de 2 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, de 20 mcda.

Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.

### Anexo I - 5.2. Acometida de suministro de agua

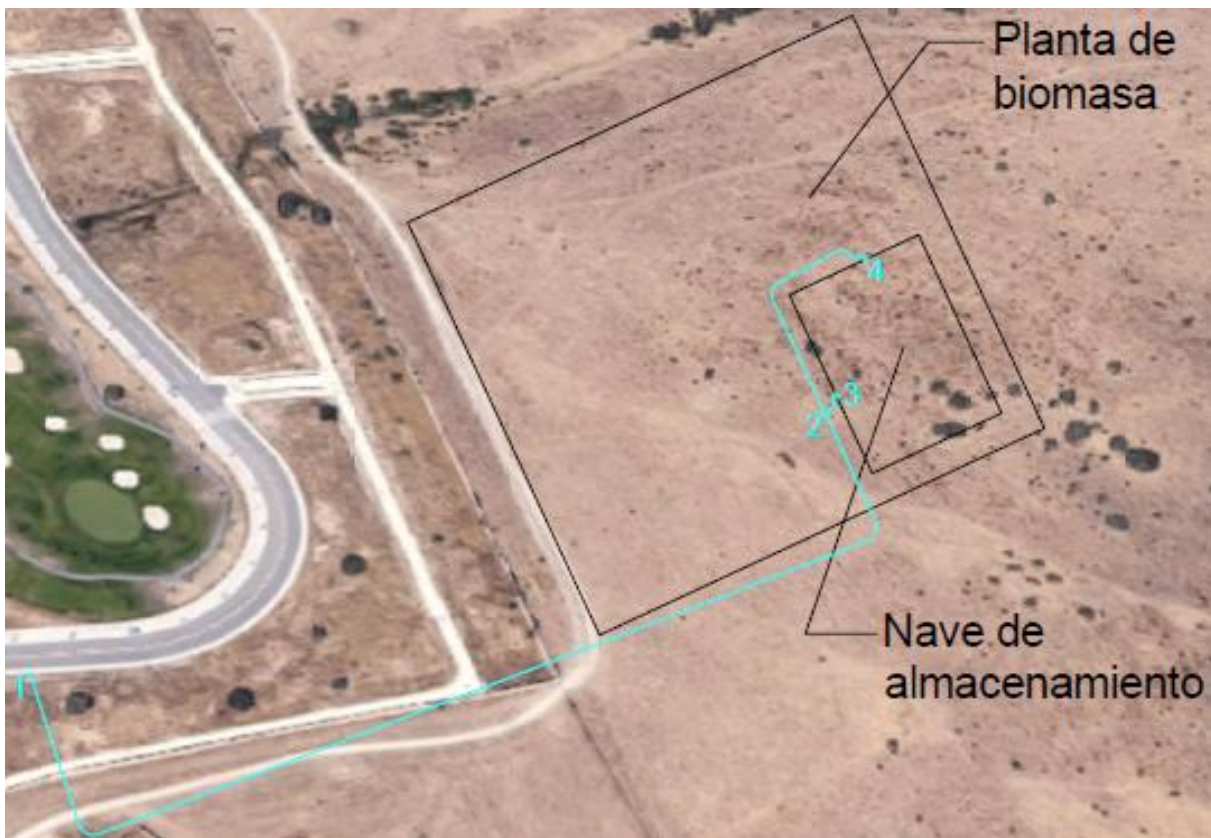
El punto de enganche de la instalación con la red pública de abastecimiento de agua se realiza a una distancia aproximada de 450 metros de la implantación de las bocas de incendio equipadas, y se realiza mediante una derivación en "T".

La presión de acometida en este punto es proporcionada por la compañía suministradora de agua de la zona, AQUONA, y tiene un valor de:

$$P_i = 4,5 \text{ kg/cm}^2 = 45 \text{ mca}$$

### Anexo I - 5.3. Dimensionado de la red de abastecimiento de agua

➤ **Plano isométrico de la red de abastecimiento de agua:**



Anexo I. Figura 1 - Plano isométrico de la red de abastecimiento de agua.

➤ **Definición de puntos y tramos de estudio:**

Los puntos de estudio son los siguientes:

- 1) Acometida y punto de enganche con la red pública de abastecimiento de agua.
- 2) Punto de bifurcación

Proyecto de la instalación eléctrica de una planta de biomasa de generación eléctrica.

- 3) Punto de consumo de la primera BIE
- 4) Punto de consumo de la segunda BIE

El dimensionado de la red de abastecimiento de agua para bocas de incendio equipadas se realiza por tramos a caudal constante de la instalación:

- Tramo 1-2 → tramo de acometida desde el punto de enganche hasta la llegada al edificio en el que se encuentran las BIEs, la nave de almacenamiento. En este tramo el caudal de cálculo es el caudal total.
- Tramo 2-3 → tramo desde la entrada al edificio hasta el abastecimiento de la primera BIE. El caudal de cálculo sigue siendo el caudal total.
- Tramo 3-4 → tramo desde el abastecimiento de la primera BIE hasta el abastecimiento de la segunda BIE más alejada. El caudal de cálculo es el proporcional al suministro de una sola BIE, es decir, la mitad del caudal total.

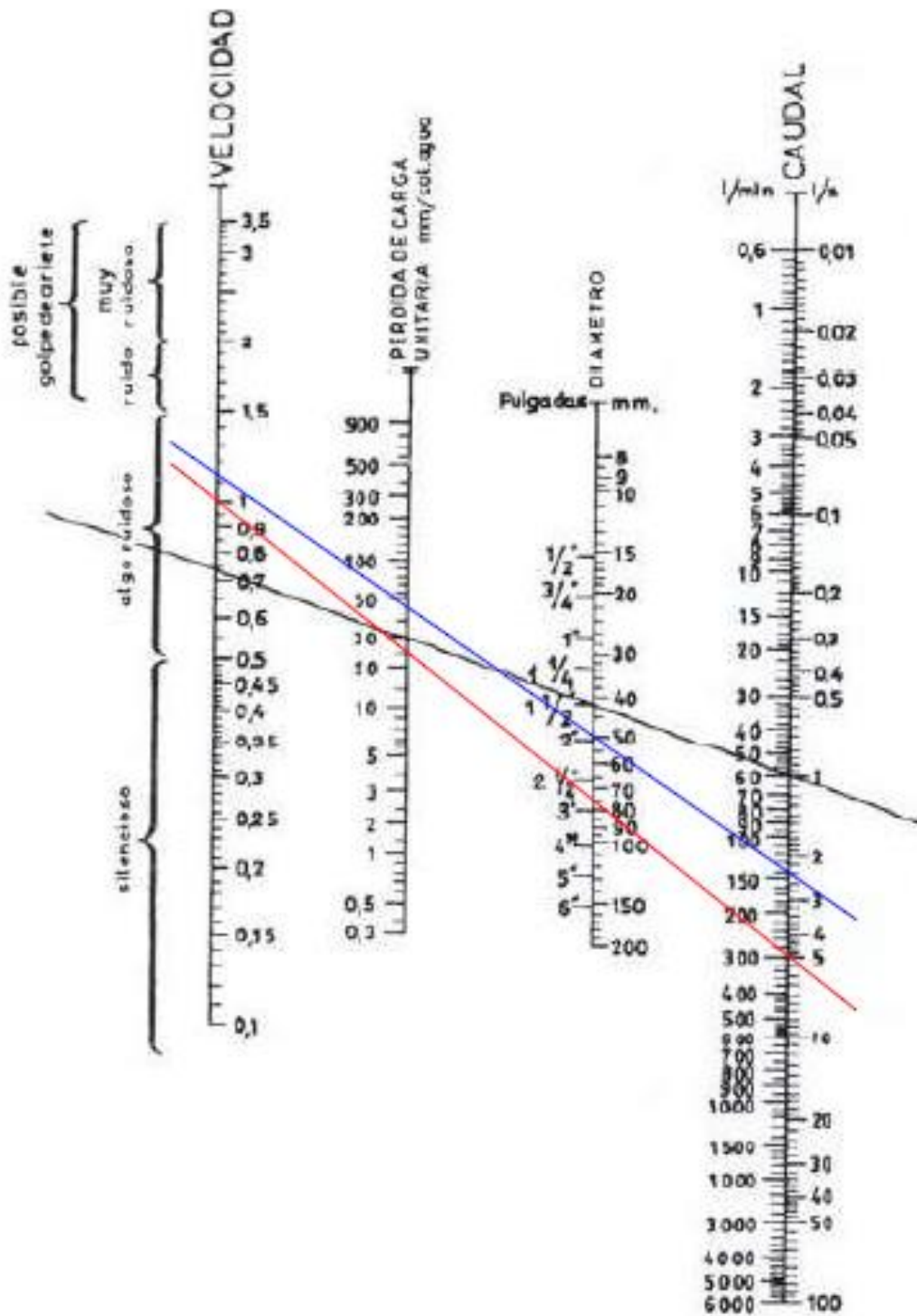
El punto 4 es el punto más desfavorable y más lejano de la instalación, por lo que es el punto en el que se debe garantizar el cumplimiento de las condiciones necesarias para el caudal y la presión, para garantizar que éstas se cumplan en todos los demás puntos.

➤ **Elementos de conducciones hidráulicas presentes:**

Tramo	Codo 90°	Té de derivación a ramal	Cono reductor
1-2	2	1	0
2-3	2	1	0
3-4	3	0	1

**Anexo I. Tabla 20** - Listado de accesorios utilizados.

➤ **Tablas de dimensionado de tuberías de acero para abastecimiento de agua:**



**Anexo I. Figura 2 -** Tabla de cálculo para tuberías de acero.

**Fuente:** Código Técnico de la Edificación.

En color rojo, se representa la línea de dimensionado de tuberías de los tramos 1-2 y 2-3.

En color azul, se representa la línea de dimensionado de tuberías del tramo 3-4.

➤ **Tabla de longitudes equivalentes de elementos en conducciones hidráulicas:**

En la siguiente tabla están reflejados los valores de las longitudes equivalentes de los elementos intervinientes en las conducciones hidráulicas, en metros.

Accesorio	Diámetro tubería (mm)											
	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Manguito de unión	0	0	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,2	0,25
Cono de reducción	0,2	0,3	0,5	0,65	0,85	1	1,3	2	2,3	3	4	5
Codo o curva de 45º	0,2	0,34	0,43	0,47	0,56	0,7	0,83	1	1,18	1,25	1,45	1,63
Curva de 90º	0,18	0,33	0,45	0,6	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43
Codo de 90º	0,38	0,5	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99
Té de 45º	1,02	0,84	0,9	0,96	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,3
Té arqueada ("pantalones")	1,5	1,68	1,8	1,92	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6
Té de paso recto	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2
Té de derivación a ramal	1,8	2,5	3	3,6	4,1	4,6	5	5,5	6,2	6,9	7,7	8,9
Válvula de retención de batiente	0,2	0,3	0,55	0,75	1,15	1,5	1,9	2,65	3,4	4,85	6,6	8,3
Válvula de retención de pistón	1,33	1,7	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,91	8,4	11,1	12,8	15,4
Válvula de retención paso de escuadra	5,1	5,4	6,5	8,5	11,5	13	16,5	21	25	36	42	51
Válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,7
Válvula de paso recto y asiento inclinado	1,1	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,8	10,8	13,1
Válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13	17	21	25	33	39	47,5
Válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,9	2,55	3,35	4,3	5,6	6,85	8,6	11,1	13,7	17,1	21,2	25,5
Válvula de asiento de paso recto	-	3,4	3,6	4,5	5,65	8,1	9	-	-	-	-	-
Intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-	-	-
Radiador	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,75	6,5	7	7,5	8	10
Radiador con valvulería	3,75	4,4	5,25	6	6,75	7,5	8,8	10,1	11,4	12,7	14	15
Caldera	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,75	6,5	7	7,5	8	10
Caldera con valvulería	3	4,2	4,9	5,6	6,3	7	8	8,75	9,5	10	11	12

**Anexo I. Tabla 21** - Longitud equivalente de los accesorios de conducciones hidráulicas.

**Fuente:** Código Técnico de la Edificación.



➤ **Método de cálculo:**

El método de cálculo a seguir consiste en comprobar que la presión inicial de la instalación, en la acometida, es suficiente para que en los puntos de consumo de las bocas de incendio equipadas se realice el suministro de agua con una presión superior a la mínima requerida.

Para llegar a esta comprobación se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Caudal → Caudal de cálculo.
- Material de la tubería → Acero
- Velocidad → la velocidad habitual es 1 m/s para evitar problemas de ruido.
- Diámetro → el establecido por la tabla de dimensionado de tuberías de cobre.
- Longitud → longitud debida a la tubería presente en el tramo.
- Longitud equivalente de accesorios → función del diámetro de tubería y tipo de accesorio.
- Pérdida de carga unitaria → pérdida de carga por unidad de longitud
- Pérdida de carga total →  $J = j \cdot L_t$   
 $L_t = L + L_e$
- Presión inicial del tramo →  $P_f = P_i - J$

➤ **Resultados obtenidos:**

Tramo	Q (l/s)	Material tubería	v (m/s)	d (mm)	j (mcda/m)	L (m)	Le (m)	Lt (m)	J (mcda)	Pi (mcda)	Pf (mcda)
1 - 2	5	acero	1	80	0,025	410	10,22	420,2	10,506	45,00	34,49
2 - 3	5	acero	1	80	0,025	1	10,22	11,22	0,2805	34,49	34,21
3 - 4	2,5	acero	1,1	50	0,045	35	6,43	41,43	1,8644	34,21	32,35

**Anexo I. Tabla 22** - Cálculo de parámetros de la red y comprobación de presiones.

Podemos concluir que la presión mínima requerida en cada punto de consumo de bocas de incendio equipadas es cumplida en cualquier de los dos puntos. Por lo tanto, la presión de acometida es suficiente para realizar el abastecimiento de agua de los elementos de protección activa de la instalación contra incendios.

Además, se comprueba por medio de la compañía suministradora de agua que se dispone de la suficiente reserva de agua como para abastecer estas bocas de incendios ininterrumpidamente durante una hora.

Firmado:

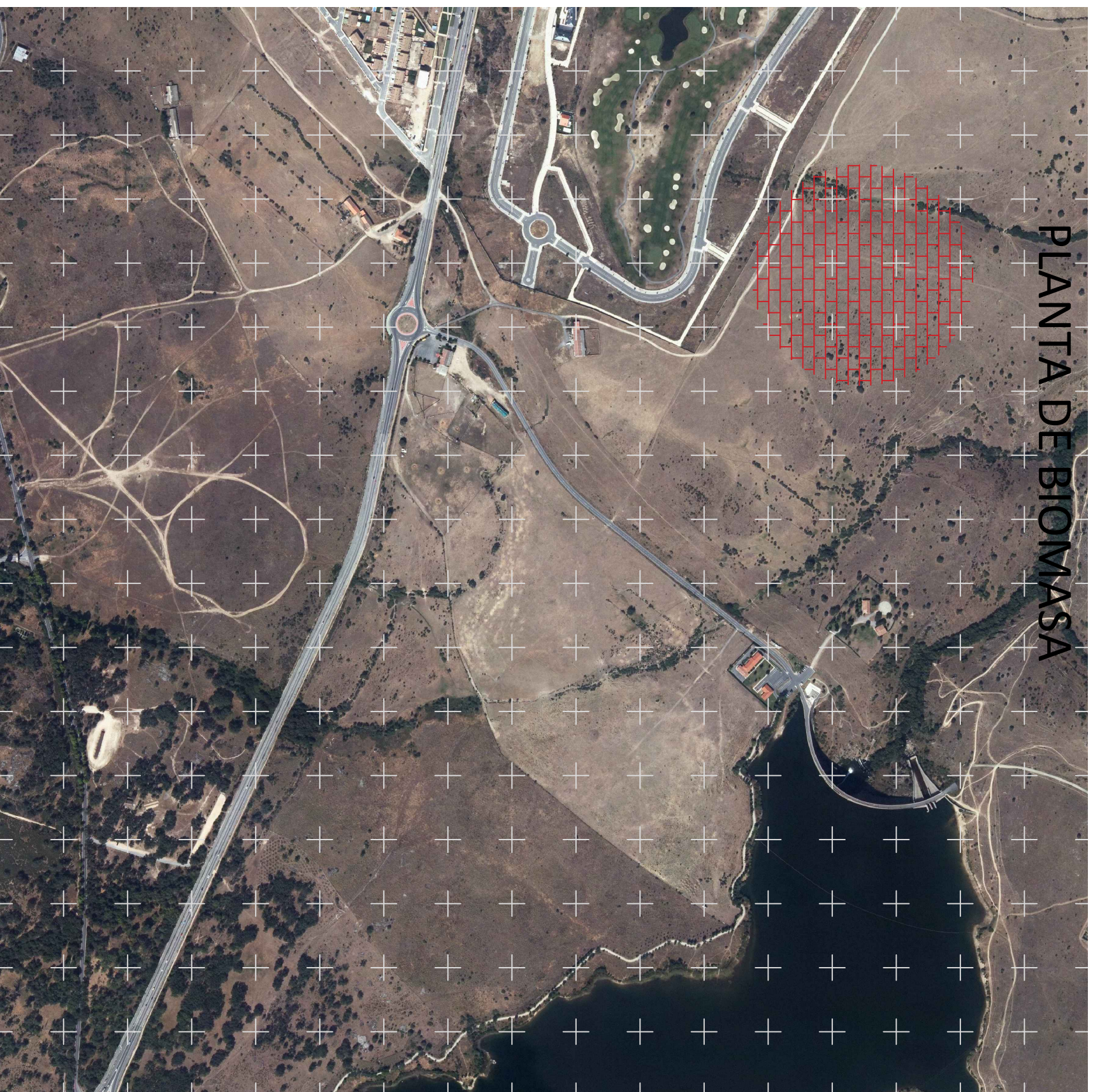
Béjar, septiembre de 2017

ANAÏS CORMORANT BEGUIN

# CAPÍTULO VI.

# PLANOS

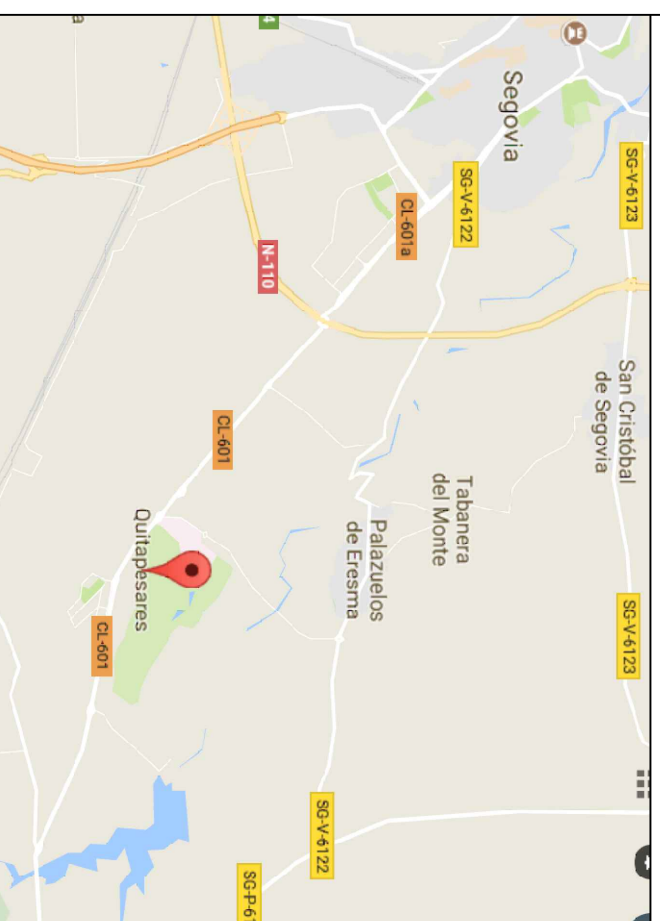
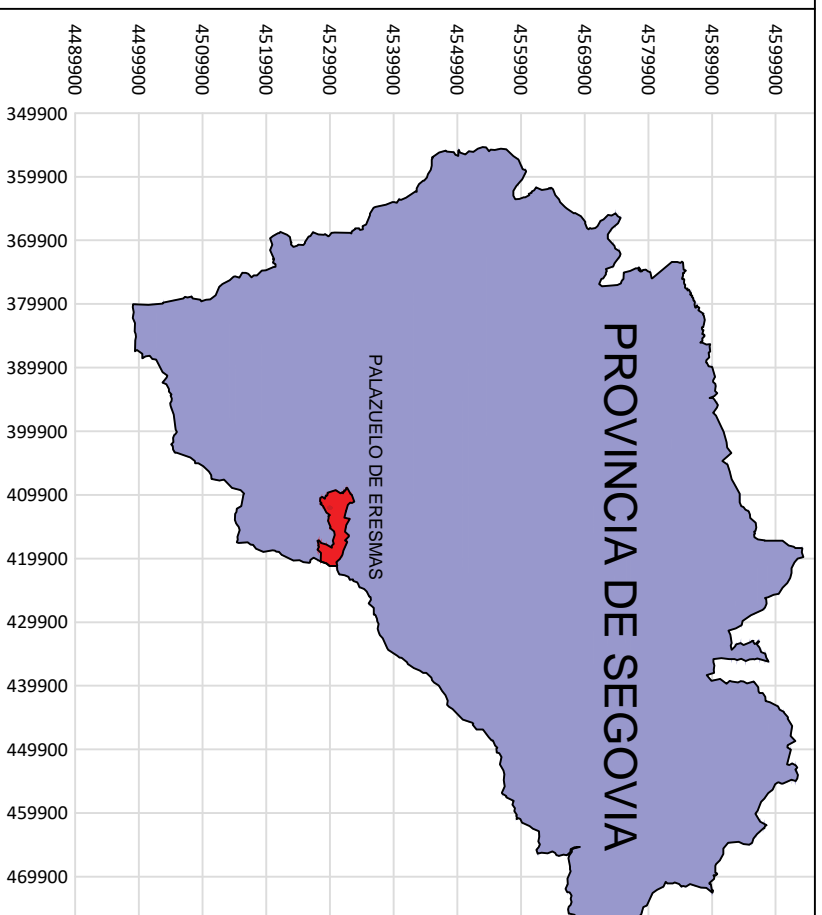
# PLANTA DE BIOMASA



45301800 411500 410700 45301800

4530300 411500 410700 4530300

100 0 200 500



## ACCESO DESDE SEGOVIA

**E.T.S.I.I.**  
**BÉJAR**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA

Plano: Plano de situación

Autor: Anaïs Cormorant Beguin

Escala: N° plano:

Tutor: Lydia Rozas Izquierdo

Varias 1

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

Fecha:  
Septiembre  
2017

Firma:

**CENTRAL DE BIOMASA PARA  
GENERACIÓN ELÉCTRICA**  
S=12500 m<sup>2</sup>

ACCESO

EDIFICIO DE CONTROL  
S=25 m<sup>2</sup>

EDIFICIO DE  
OFICINAS  
S=200 m<sup>2</sup>

EDIFICIO DE  
BÁSCULA  
S=48 m<sup>2</sup>

EDIFICIO DE  
TRANSFORMACIÓN  
S=35 m<sup>2</sup>

NAVE DE  
GENERACIÓN  
S=750 m<sup>2</sup>

NAVE DE  
ALMACENAMIENTO  
S=875 m<sup>2</sup>

Subestación transformadora  
de energía eléctrica  
S=750 m<sup>2</sup>

Zona destinada a los  
sistemas auxiliares de  
la planta

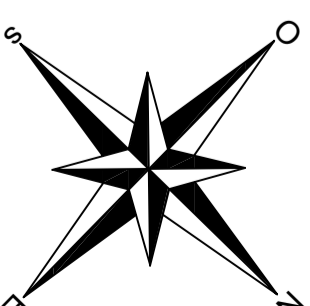
Zona destinada a la  
torre de refrigeración y  
depósitos de agua

Línea de alimentación  
de combustible

Báscula

Aparcamiento de  
turismos

Aparcamiento  
de camiones



**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**  
*Plano:* Planta general de la central de  
biomasa.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

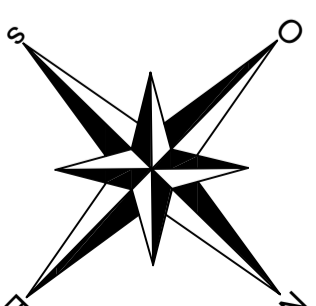
1:500

2

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*



**EDIFICIO DE OFICINA**  
S=200 m<sup>2</sup>

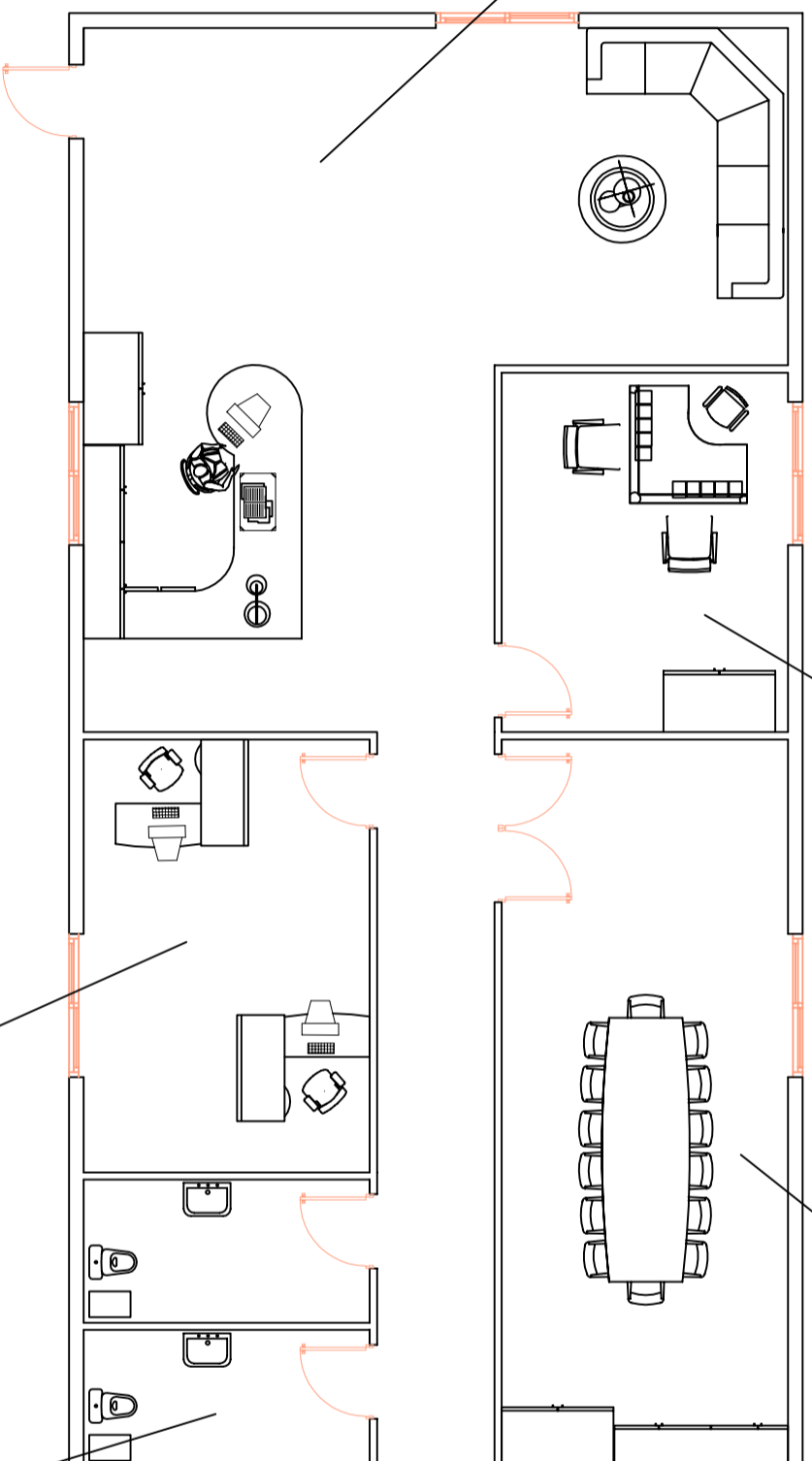
Despacho 1  
20 m<sup>2</sup>

Sala de reuniones y  
conferencias  
40 m<sup>2</sup>

Recepción  
y pasillo  
100 m<sup>2</sup>

Despacho 2  
24 m<sup>2</sup>

Aseos  
16 m<sup>2</sup>



**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**  
*Plano:* Planta del edificio de oficina

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

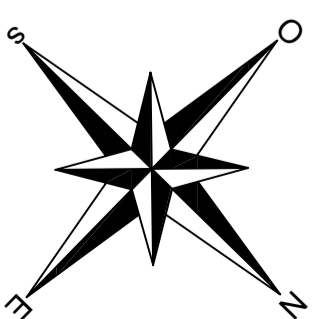
1:100

3

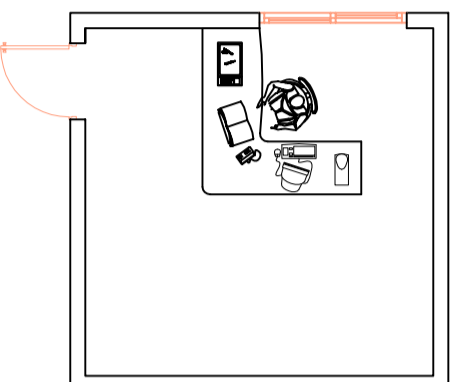
TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

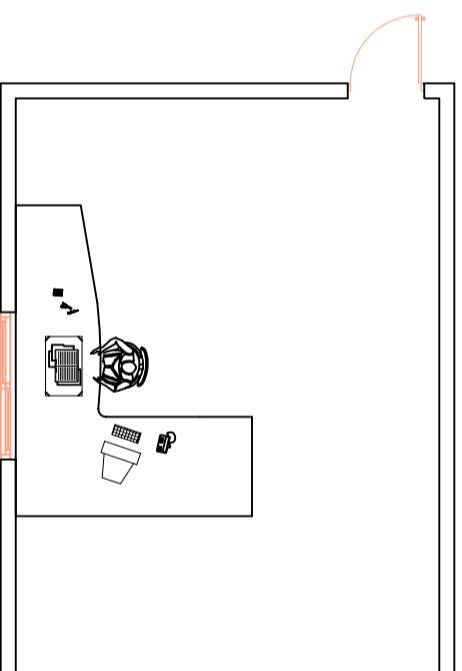
*Firma:*



**EDIFICIO DE CONTROL**  
S=25 m<sup>2</sup>

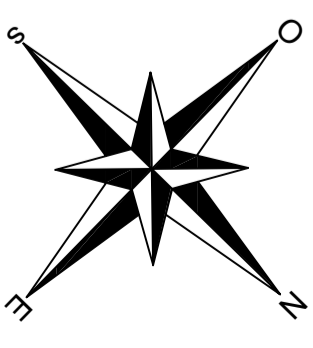


**EDIFICIO DE BÁSCULA**  
S=48 m<sup>2</sup>



<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>
<i>Plano:</i> Planta del edificio de control y del edificio de báscula	

<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:100	4
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA	<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>



NAVE DE ALMACENAMIENTO  
S=875 m<sup>2</sup>

Transporte por  
tornillo sin fin 3

Depósito de almacenamiento de combustible  
V=40 m<sup>3</sup>

Transporte por  
tornillo sin fin 1 y 2

Pulmón de  
alimentación  
manual al  
depósito

ZONA DE PASO  
RESTRINGIDO A  
MANTENIMIENTO

ZONA DE DESCARGA DEL  
COMBUSTIBLE

Puerta de acceso a peatones

E.T.S.I.I.  
BÉJAR

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA

Plano: Planta de la nave de almacenamiento

Autor: Anaïs Cormorant Beguin

Escala: 1:200

Nº plano: 5

Tutor: Lydia Rozas Izquierdo

Fecha: Septiembre 2017

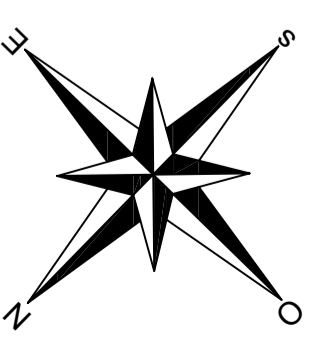
Firma:

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

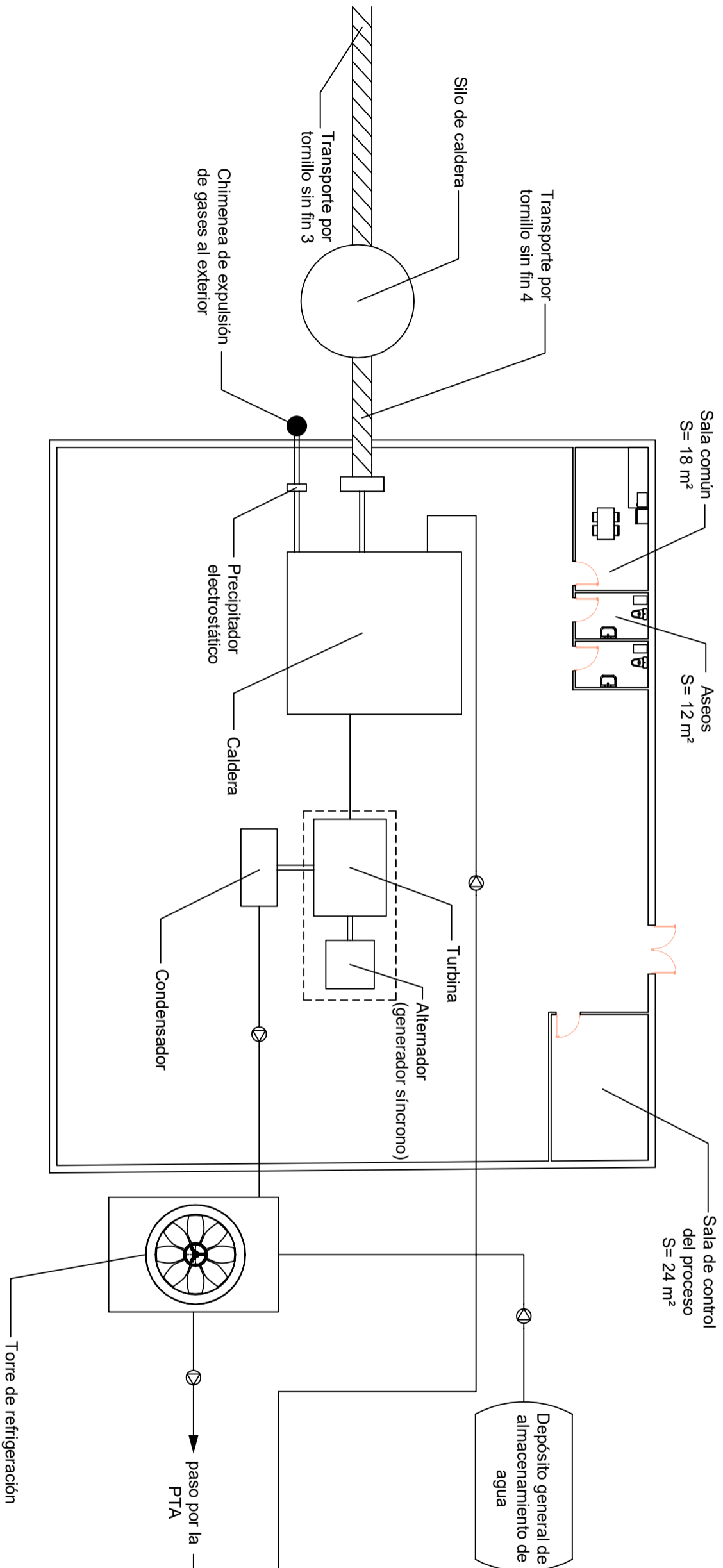
Fecha: Septiembre 2017

Firma:





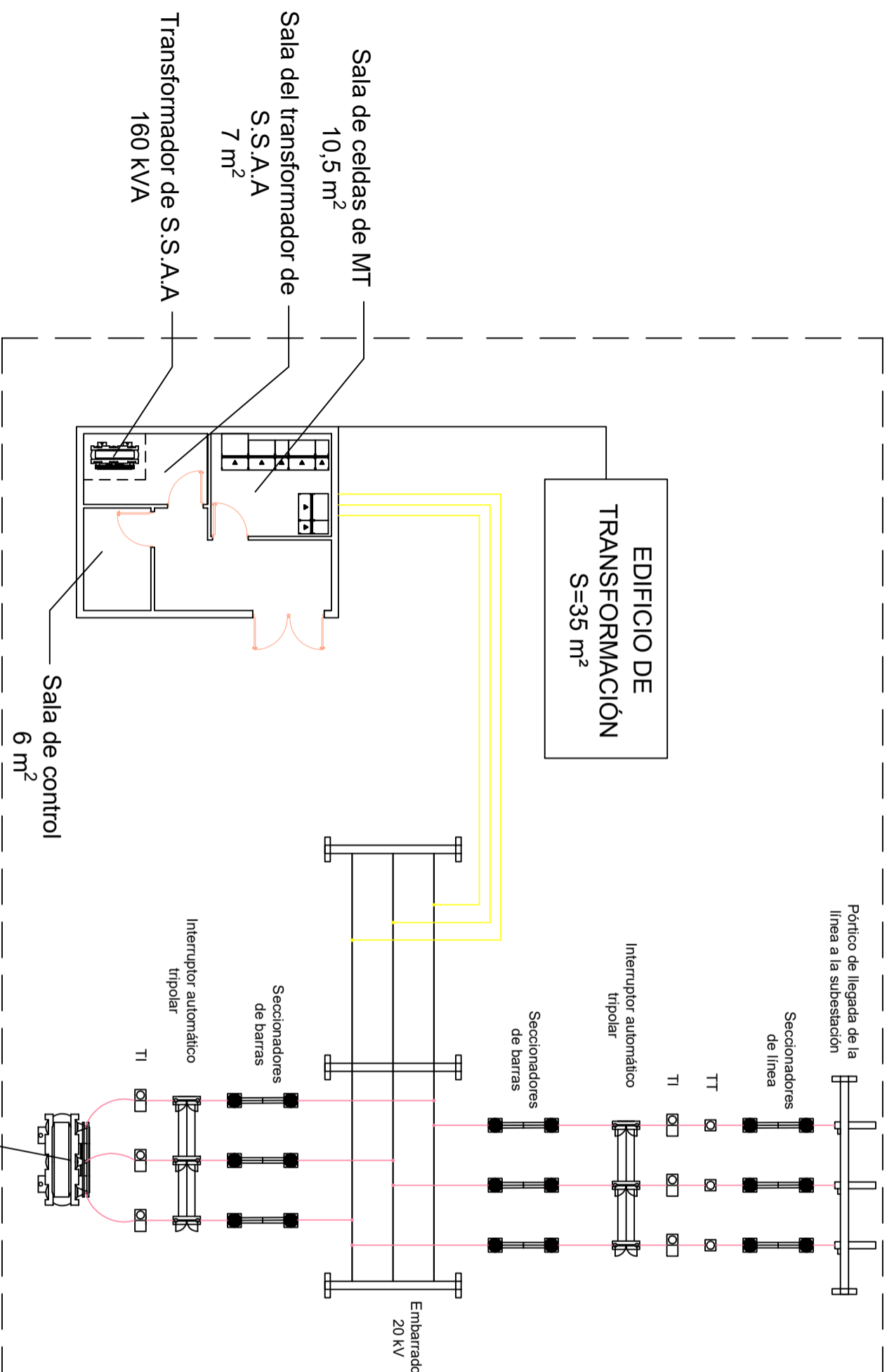
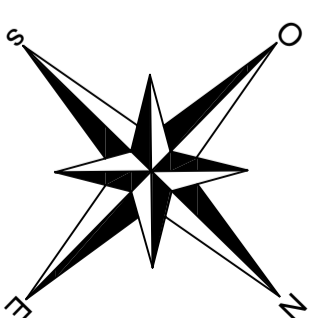
**NAVE DE GENERACIÓN**  
S=750 m<sup>2</sup>



**E.T.S.I.I.**  
**BÉJAR**  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA  
Plano: Planta de la nave de generación

<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:200	6
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017
		<i>Firma:</i>

**SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA**  
S=750 m<sup>2</sup>

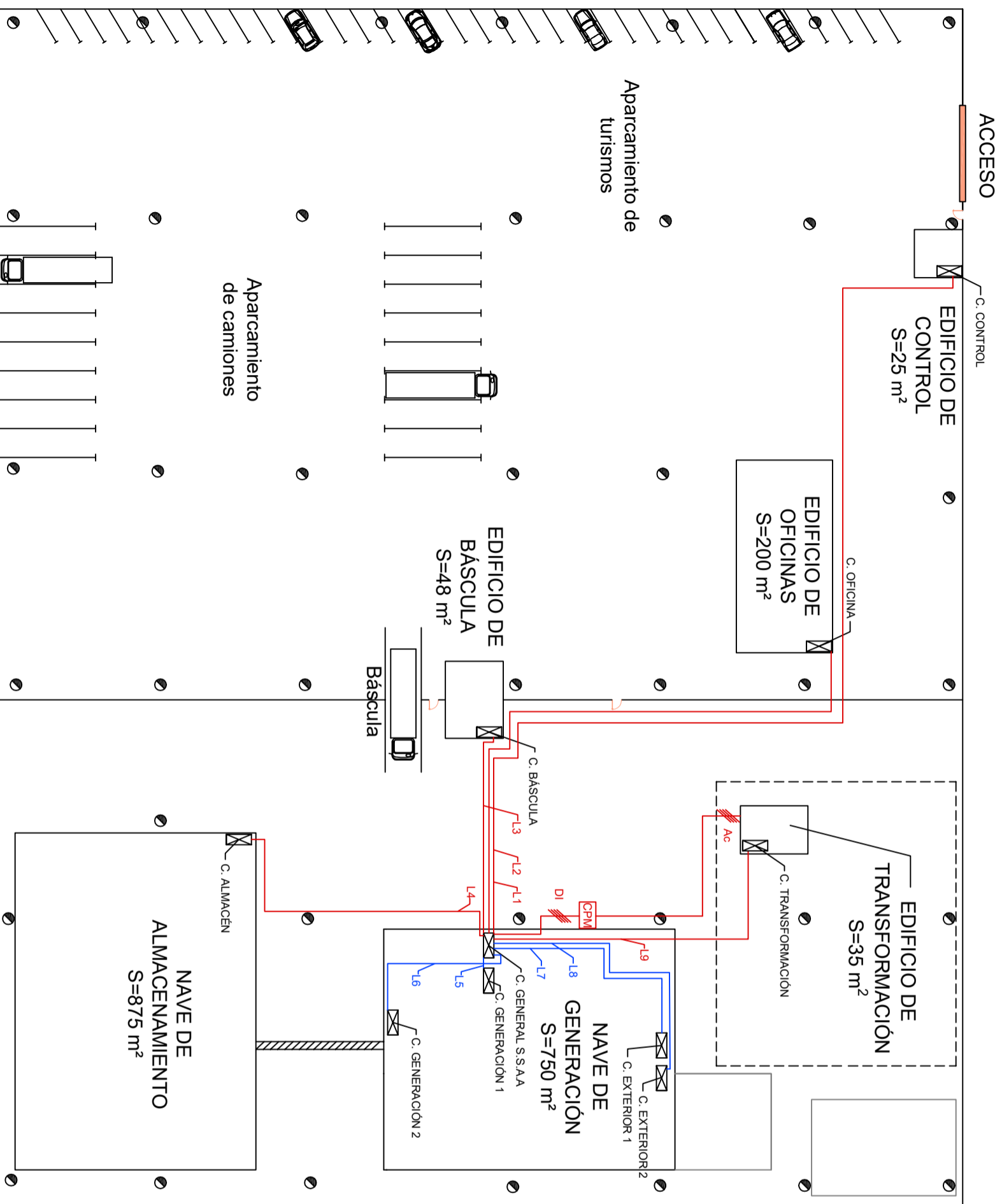


**LEYENDA:**

- Instalación aérea de cable de media tensión de aluminio - Conductor AL VOLTALENE H 12/20 kV
- Instalación enterrada de cable de media tensión de aluminio - Conductor AL VOLTALENE H 12/20 kV

<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Planta de la subestación transformadora y el edificio de transformación.			
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:150	7	
<b>TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>

**CENTRAL DE BIOMASA PARA  
GENERACIÓN ELÉCTRICA**  
S=12500 m<sup>2</sup>



**LEYENDA:**

- Luminaria LED para exterior (38 W)  
PHILIPS BRP775 FG T25 1xLED59-4S/740 DS50
- ⊠ Cuadro o subcuadro de distribución eléctrica
- Instalación de cable de cobre multiconductor en montaje superficial sobre bandeja de rejilla
- Instalación de cable de cobre multiconductor en montaje subterráneo bajo tubo

**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**  
*Plano:* Instalación eléctrica de S.S.A.A.  
Distribución de líneas y cuadros eléctricos.

*Autor:* Anaís Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

1:500

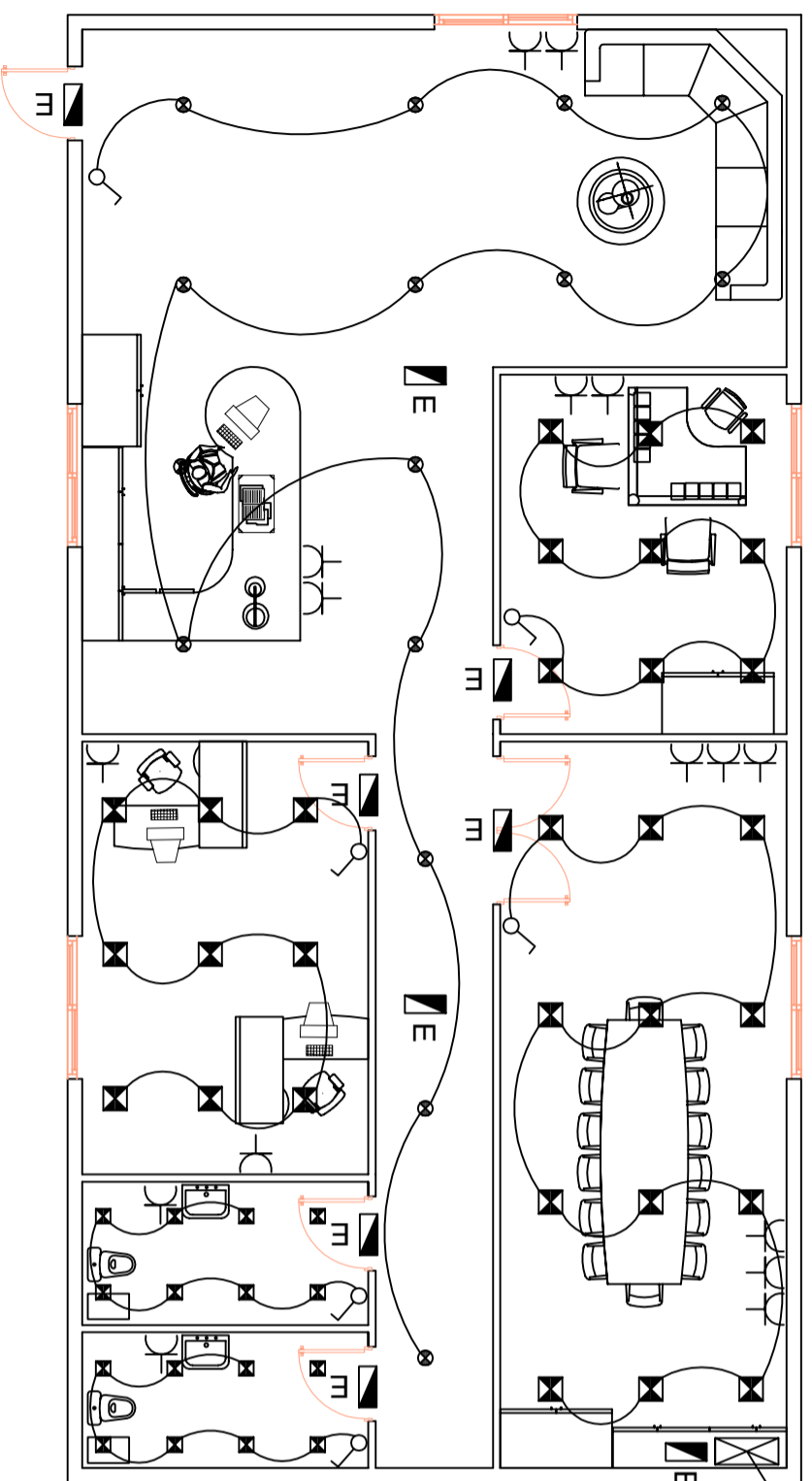
8

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

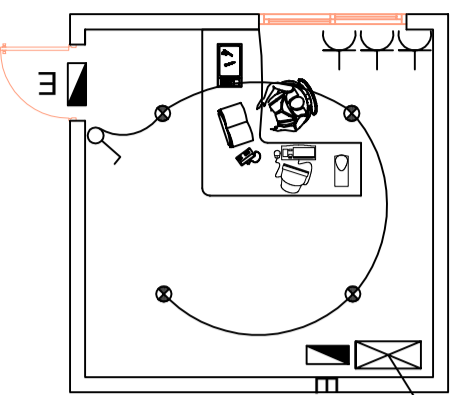
*Firma:*

**EDIFICIO DE OFICINAS**  
S=200 m<sup>2</sup>



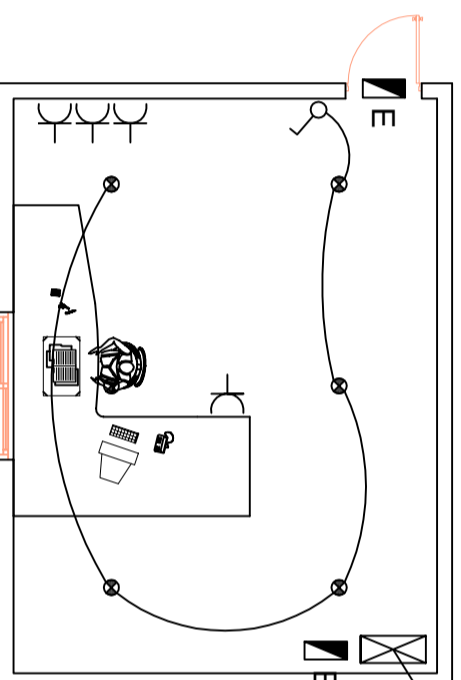
C. OFICINA

**EDIFICIO DE CONTROL**  
S=25 m<sup>2</sup>



C. CONTROL

**EDIFICIO DE BÁSCULA**  
S=48 m<sup>2</sup>



C. BÁSCULA

**LEYENDA:**

- ☒ Luminaria tipo foco (52,5 W)  
PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
- ▣ Luminaria tipo foco (33 W)  
PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
- Luminaria tipo "Down light" (93 W)  
PHILIPS TBS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MILLO
- ☒ Cuadro o subcuadro de distribución eléctrica
- ☒ Aluminado de emergencia 11 W
- ⌋ Toma de corriente monofásica
- ⊔ Interruptor

**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**  
*Plano:* Instalación eléctrica de S.S.A.A.  
Edificios de oficina, control y báscula.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

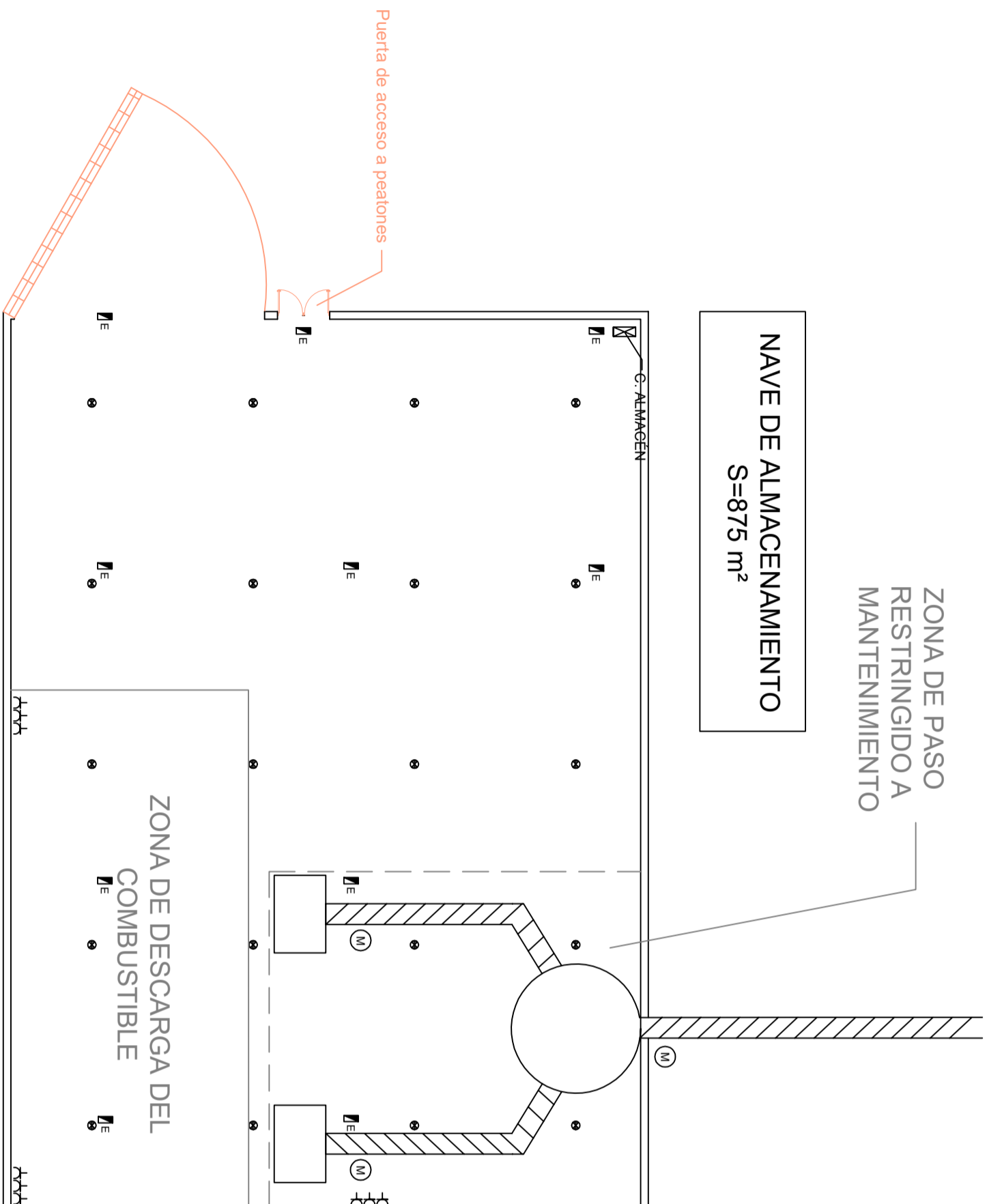
1:100

9

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*

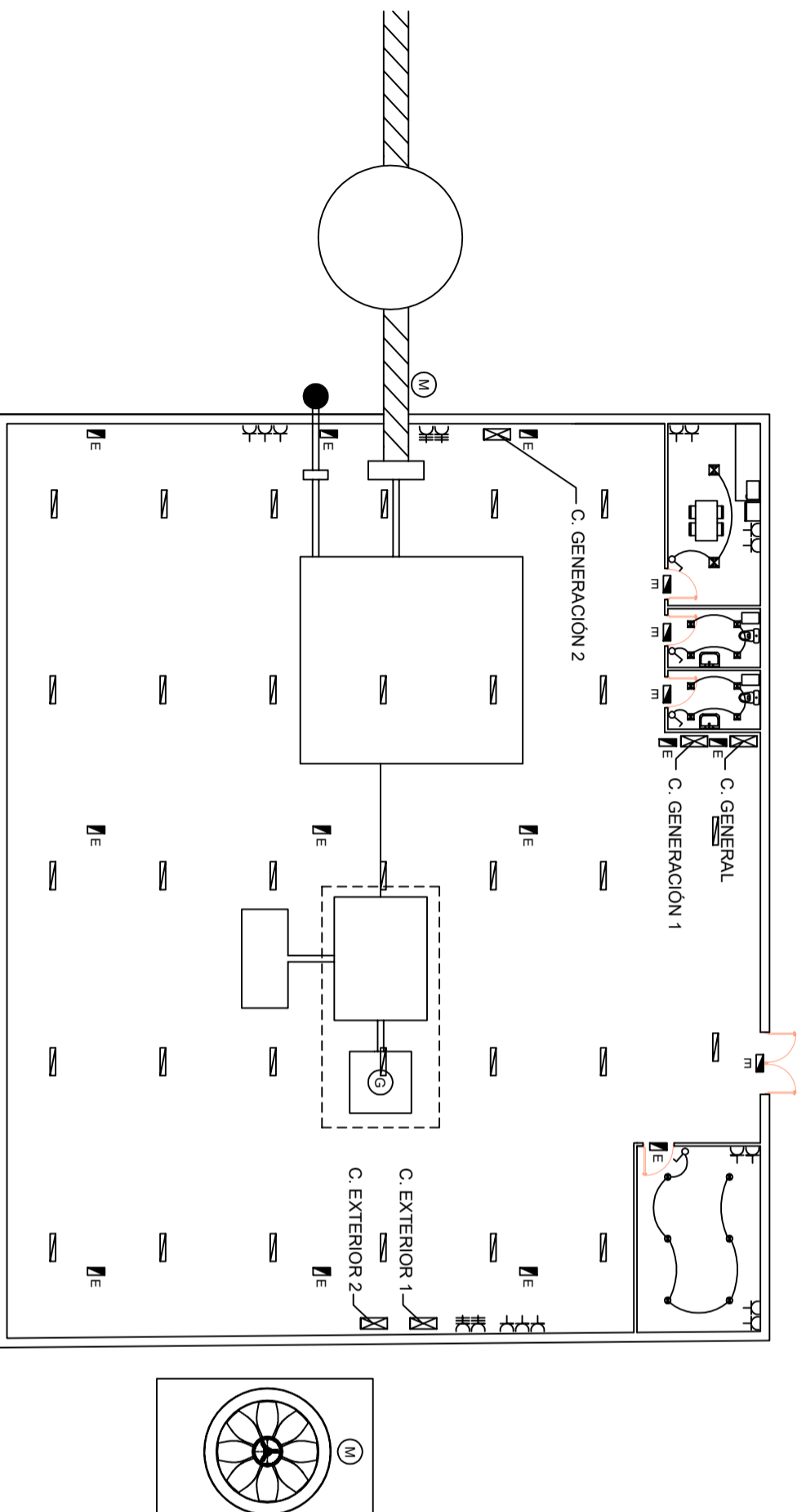


## LEYENDA:

- ☒ Luminaria tipo foco (52,5 W)  
PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
- ⊗ Luminaria tipo "Down light" (120 W)  
PHILIPS BY470P 1xECCO170S/840 HRO GC
- ☒ Cuadro de distribución eléctrica
- ☒ Aluminado de emergencia 11 W
- ⌋ Toma de corriente monofásica
- (M) Motor trifásico asíncrono

<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Instalación eléctrica de S.S.A.A. Nave de almacenamiento.			
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:200	10	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>

**NAVE DE GENERACIÓN**  
S=750 m<sup>2</sup>



### LEYENDA:

- ▮ Luminaria fluorescente (110 W)  
PHILLIPS TTX260 2xTL-D58W HFP WR + GTX260 58W L1
- ▣ Luminaria tipo foco (52,5 W)  
PHILLIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
- Luminaria tipo foco (33 W)  
PHILLIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
- Luminaria tipo "Down light" (93 W)  
PHILLIPS TBS772 6xTL5-14W/865/827/865 HFD AC-MILO
- ⊠ Cuadro de distribución eléctrica
- ▮ Aluminado de emergencia 11 W
- ⌘ Toma de corriente trifásica
- ⌘ Toma de corriente monofásica
- ⊙ Motor trifásico asíncrono
- ⊙ Generador trifásico síncrono
- ⊕ Interruptor

**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**

*Plano:* Instalación eléctrica de S.S.A.A.  
Nave de generación.

*Autor:* Anaís Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

1:200

11

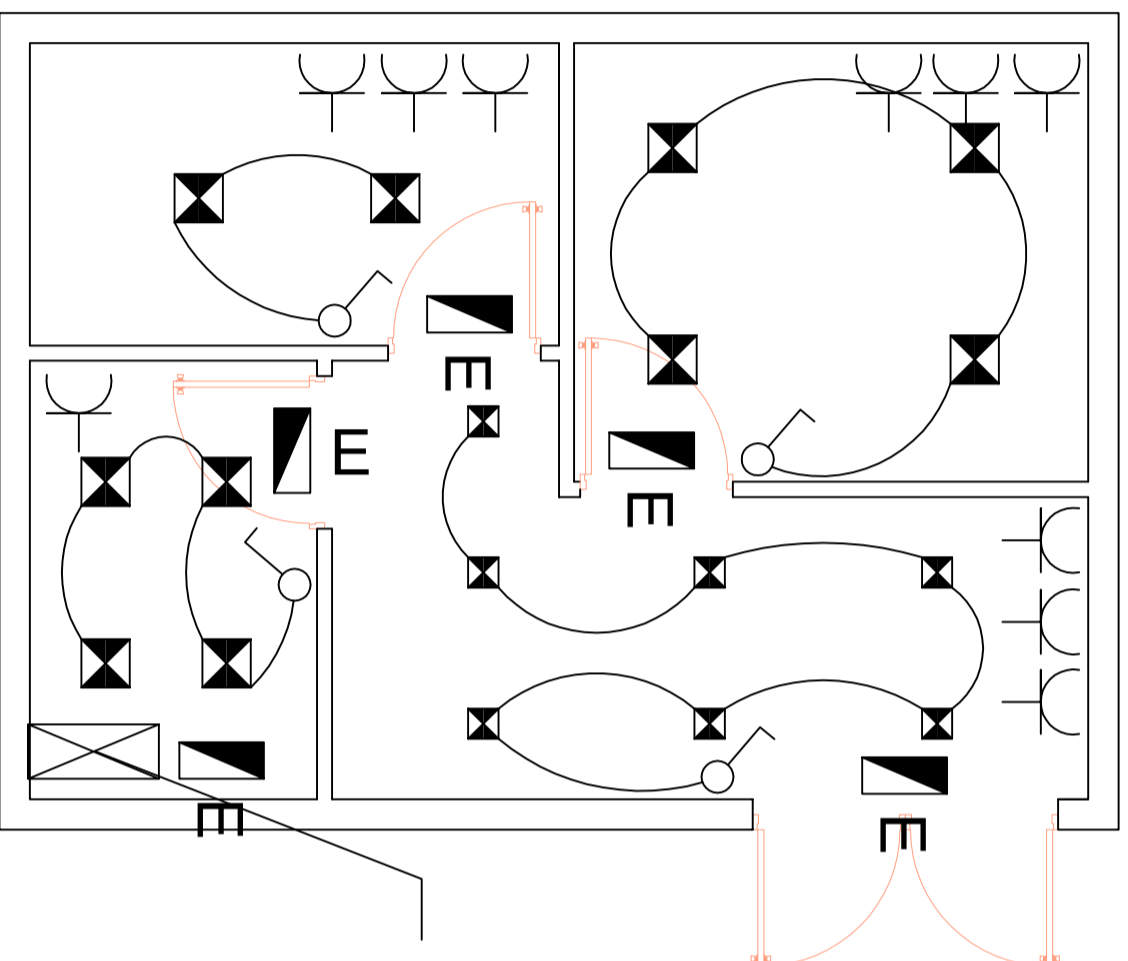
TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*

# EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN

S=35 m<sup>2</sup>



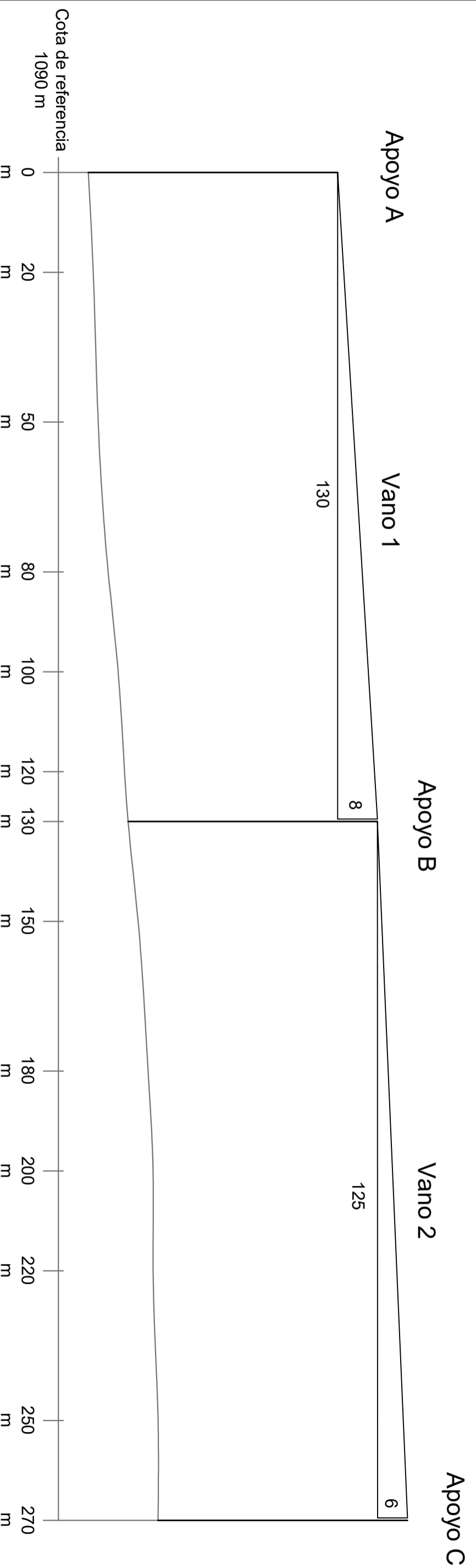
## C. TRANSFORMACIÓN

### LEYENDA:

- ☐ Luminaria tipo foco (52,5 W)  
PHILIPS TBS162 3xTL-D18W HFS M2
- Luminaria tipo foco (33 W)  
PHILIPS FBH022 C 1xPL-C/2P26W
- ☒ Cuadro de distribución eléctrica
- ▣ Aluminado de emergencia 11 W
- ⌋ Toma de corriente monofásica
- ⌋ Interruptor

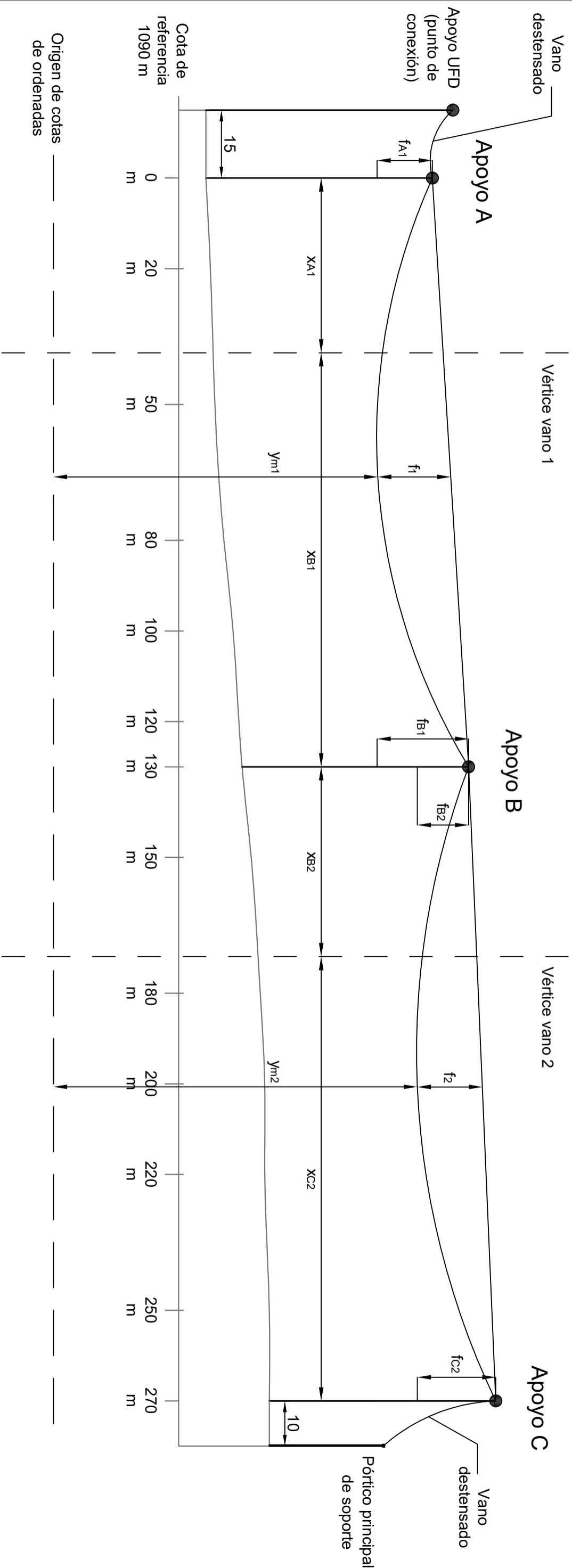
E.T.S.I.I. BÉJAR	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA	
	Plano: Instalación eléctrica de S.S.A.A. Edificio de transformación.	

<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:50	12
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017
		<i>Firma:</i>



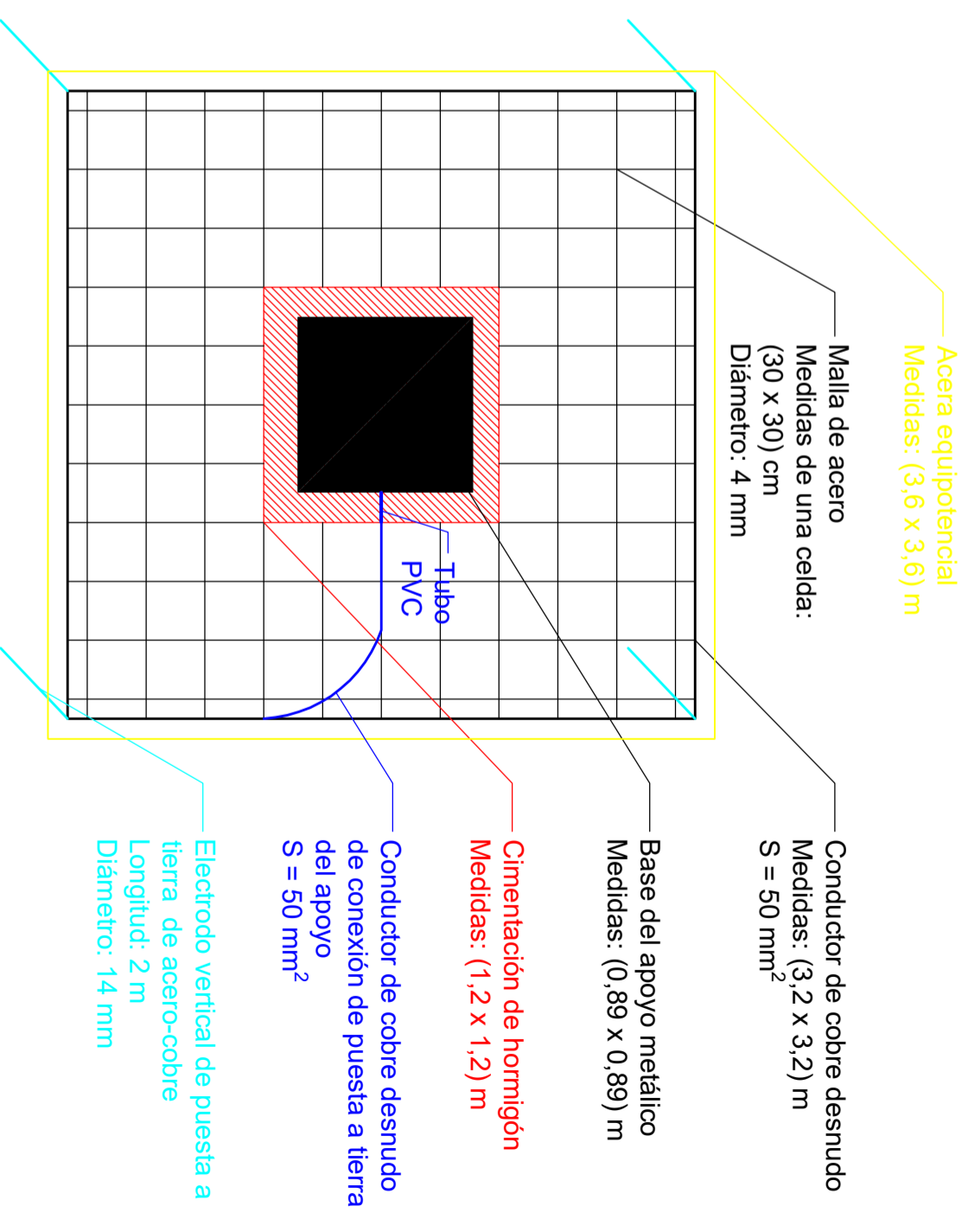
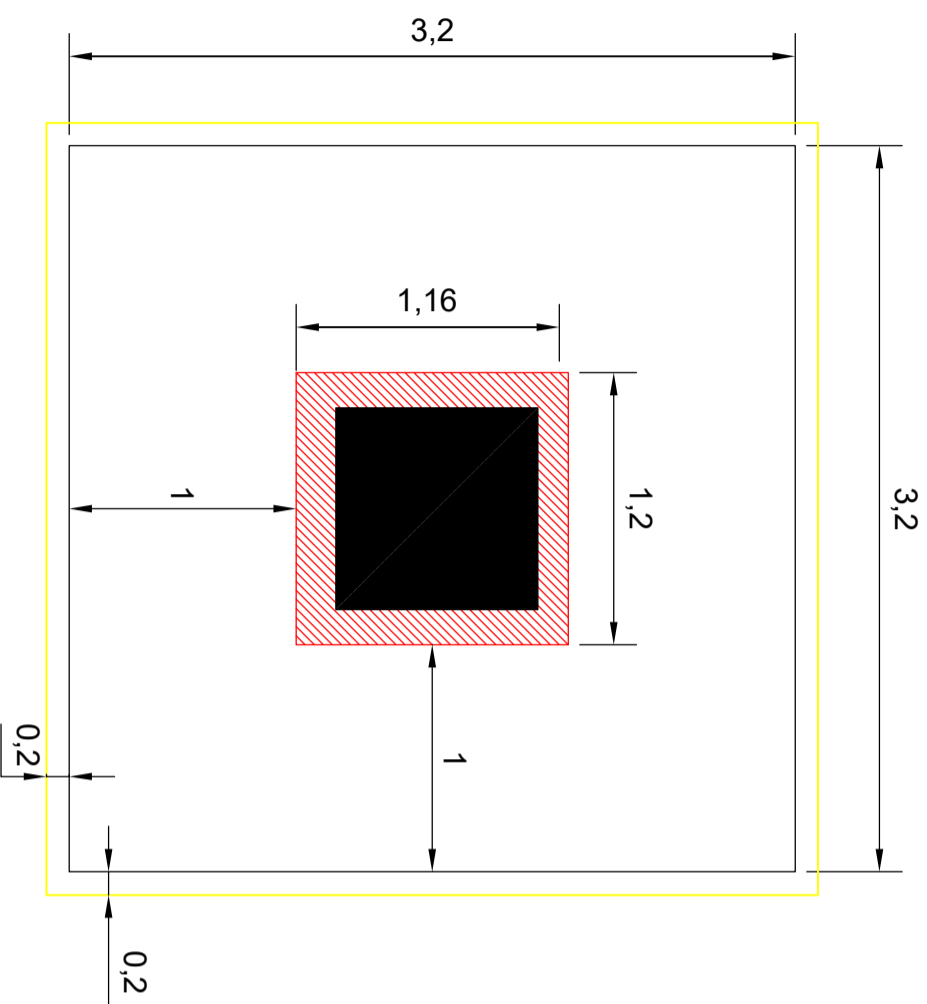
<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Línea eléctrica aérea de conexión a red. Datos de partida.			
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	13	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>





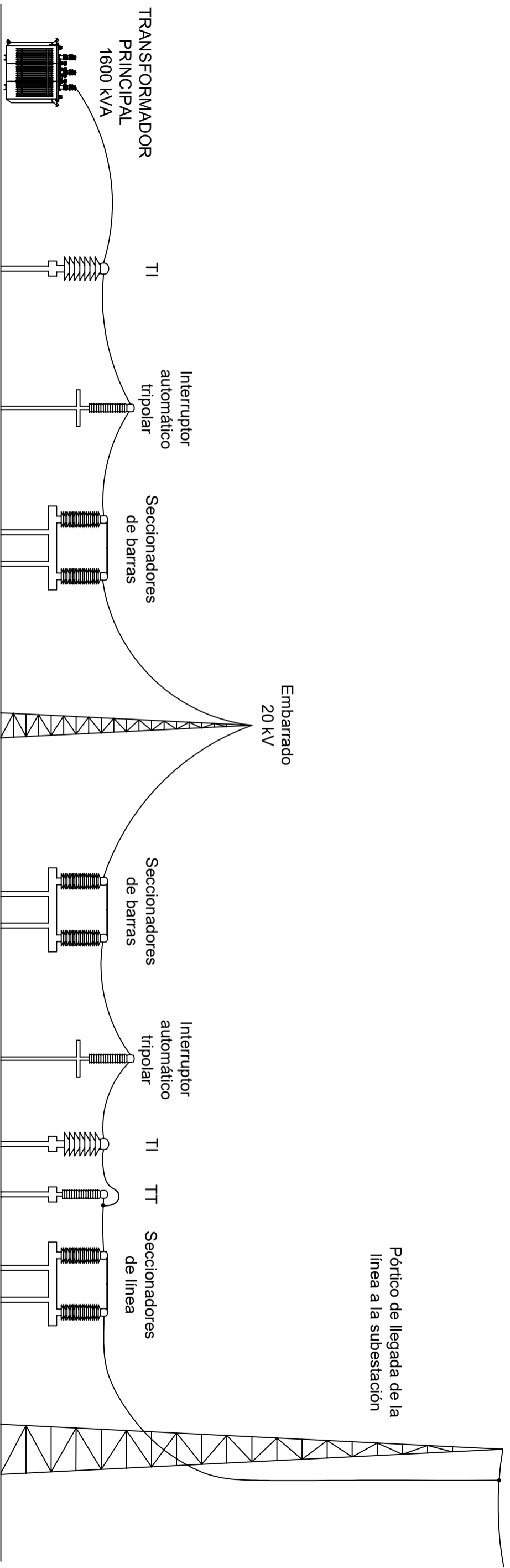
<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Línea eléctrica aérea de conexión a red. Tendido de la línea.			

<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	14
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017
		<i>Firma:</i>



E.T.S.I.I. BÉJAR	INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA	
	Plano: Instalación de puesta a tierra de los apoyos de la línea aérea de conexión a red	

Autor: Anaïs Cormorant Beguin	Escala:	Nº plano:
Tutor: Lydia Rozas Izquierdo	S/E	15
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA	Fecha: Septiembre 2017	Firma:



**E.T.S.I.I. BÉJAR**

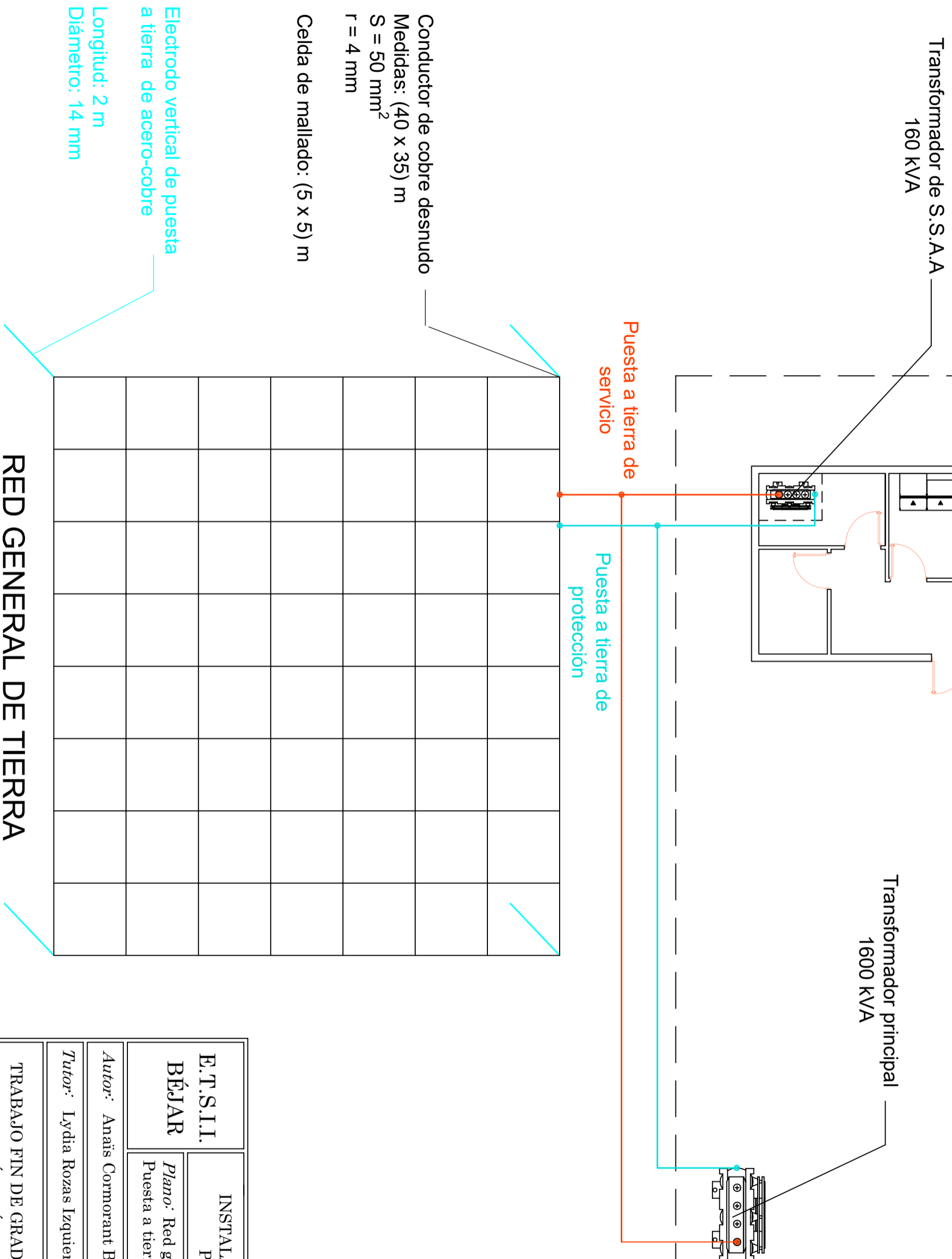
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA**

*Plano:* Disposición de aparataje en la subestación transformadora intemperie

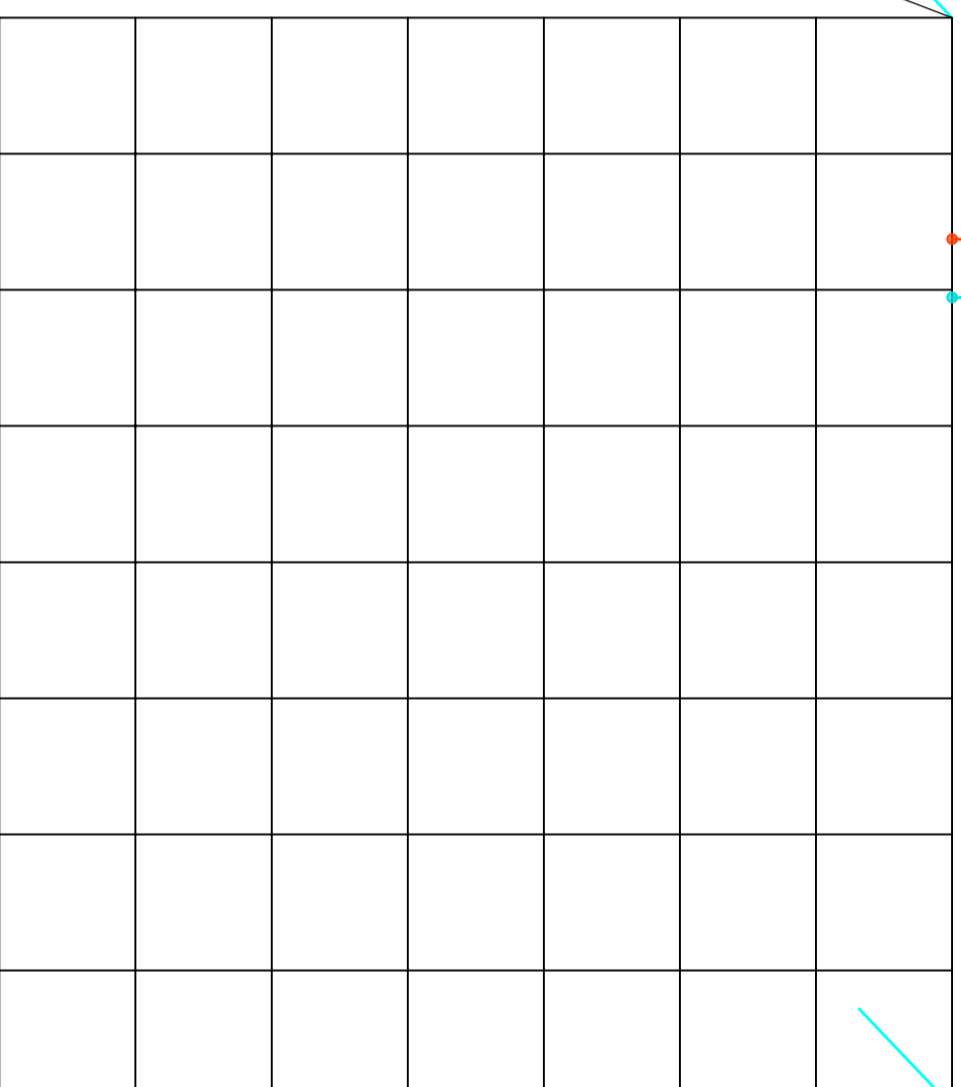
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	16
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA	<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>

# SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA

S=750 m<sup>2</sup>

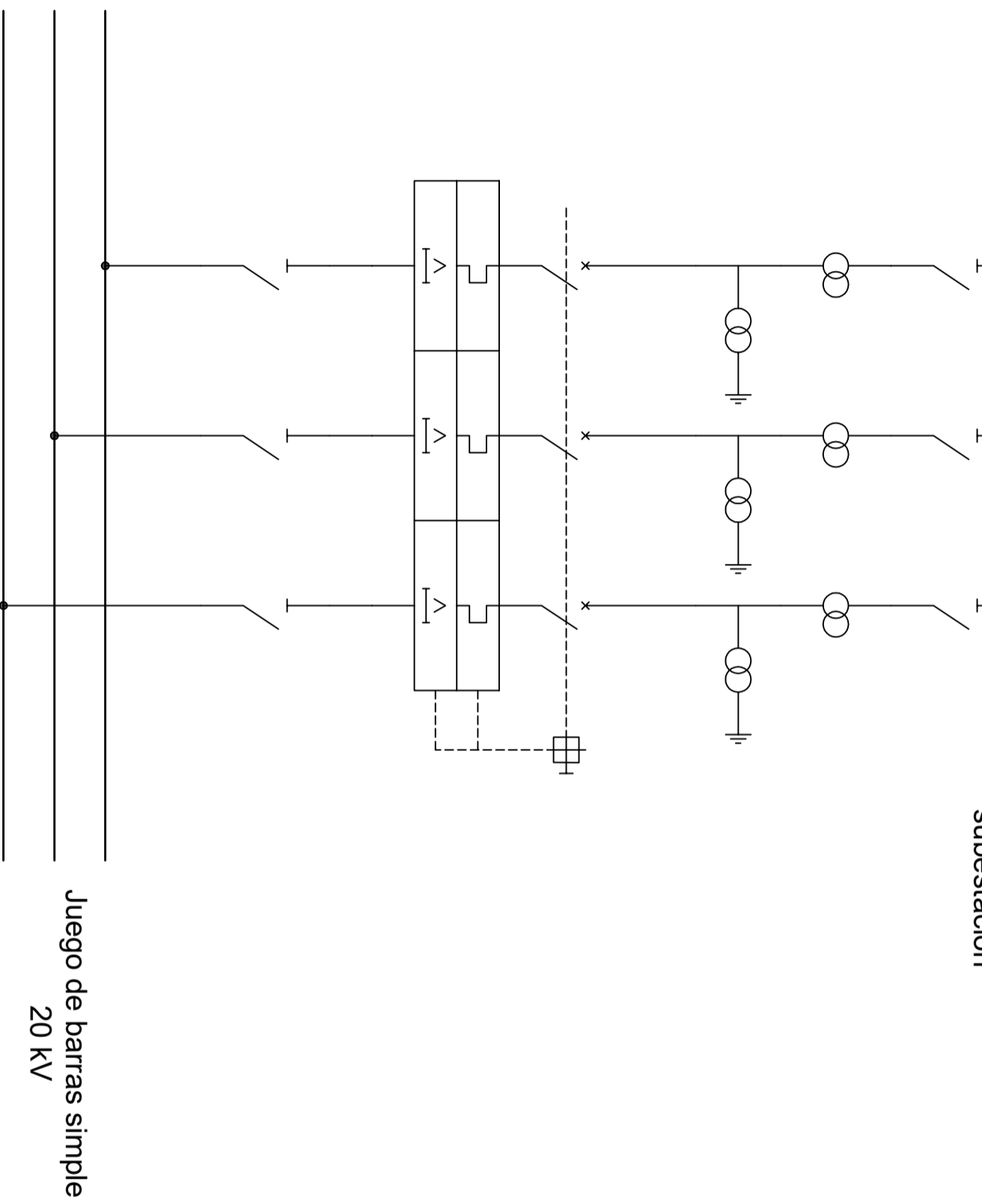
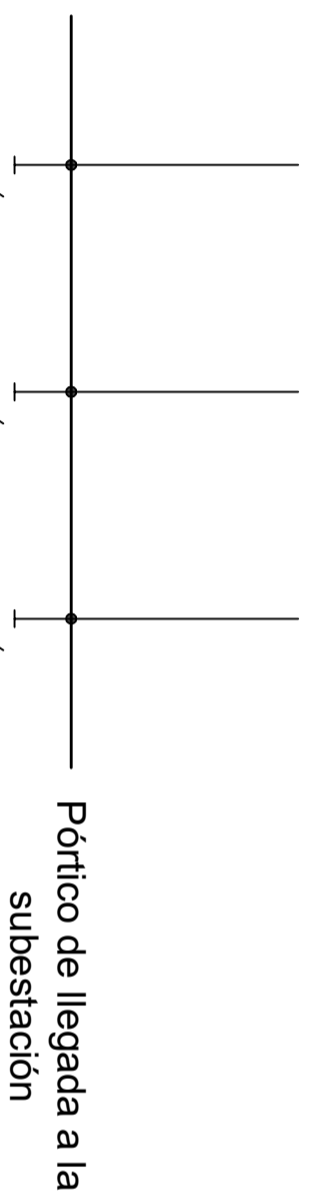


## RED GENERAL DE TIERRA



<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Red general de tierra de la subestación. Puesta a tierra de los transformadores.			
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	17	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>

Línea eléctrica aérea de conexión a red  
20 kV



E.T.S.I.I.  
BÉJAR

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA

*Plano:* Esquemas de la subestación  
transformadora. Parte en media tensión I.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

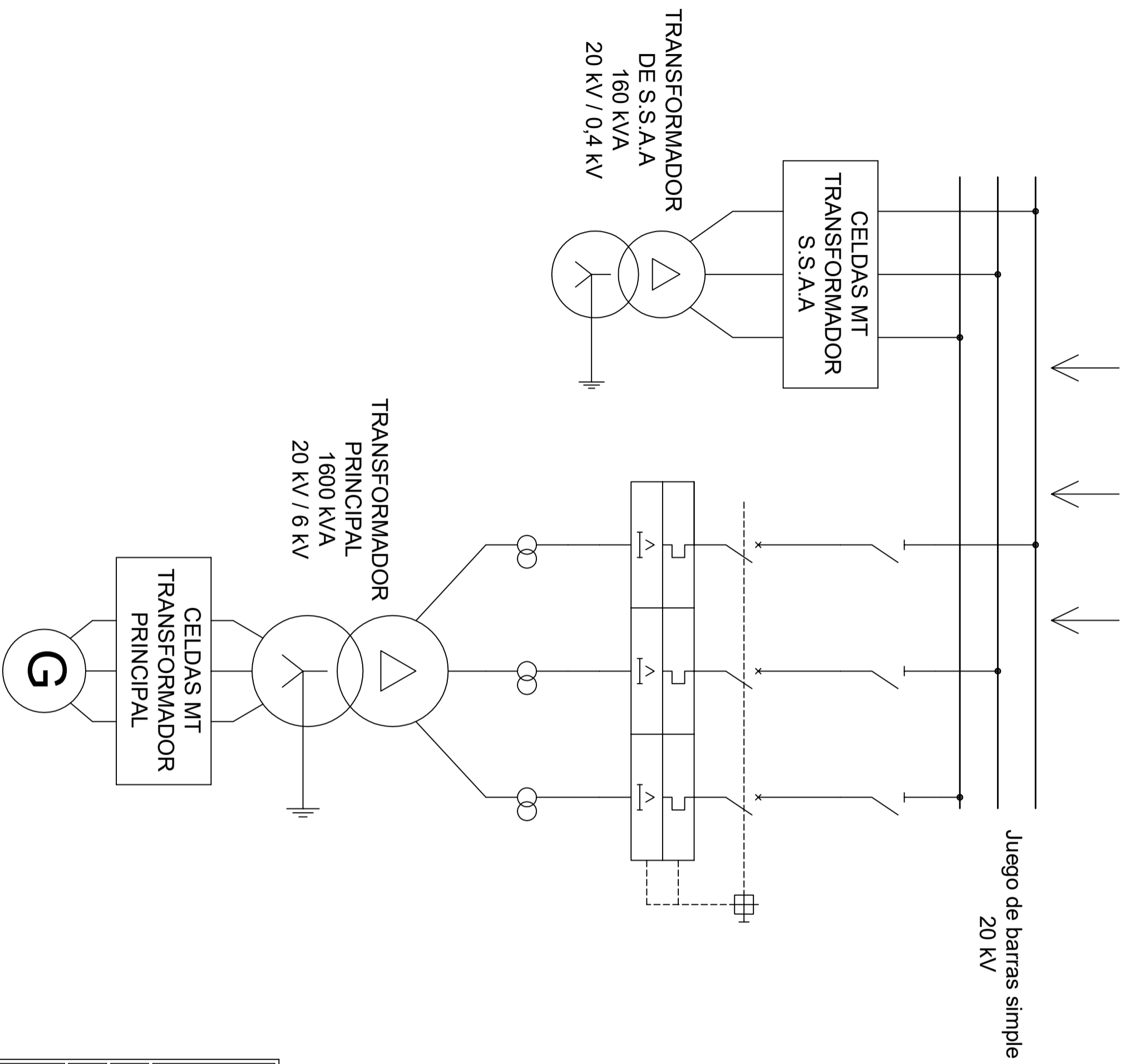
S/E

18

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

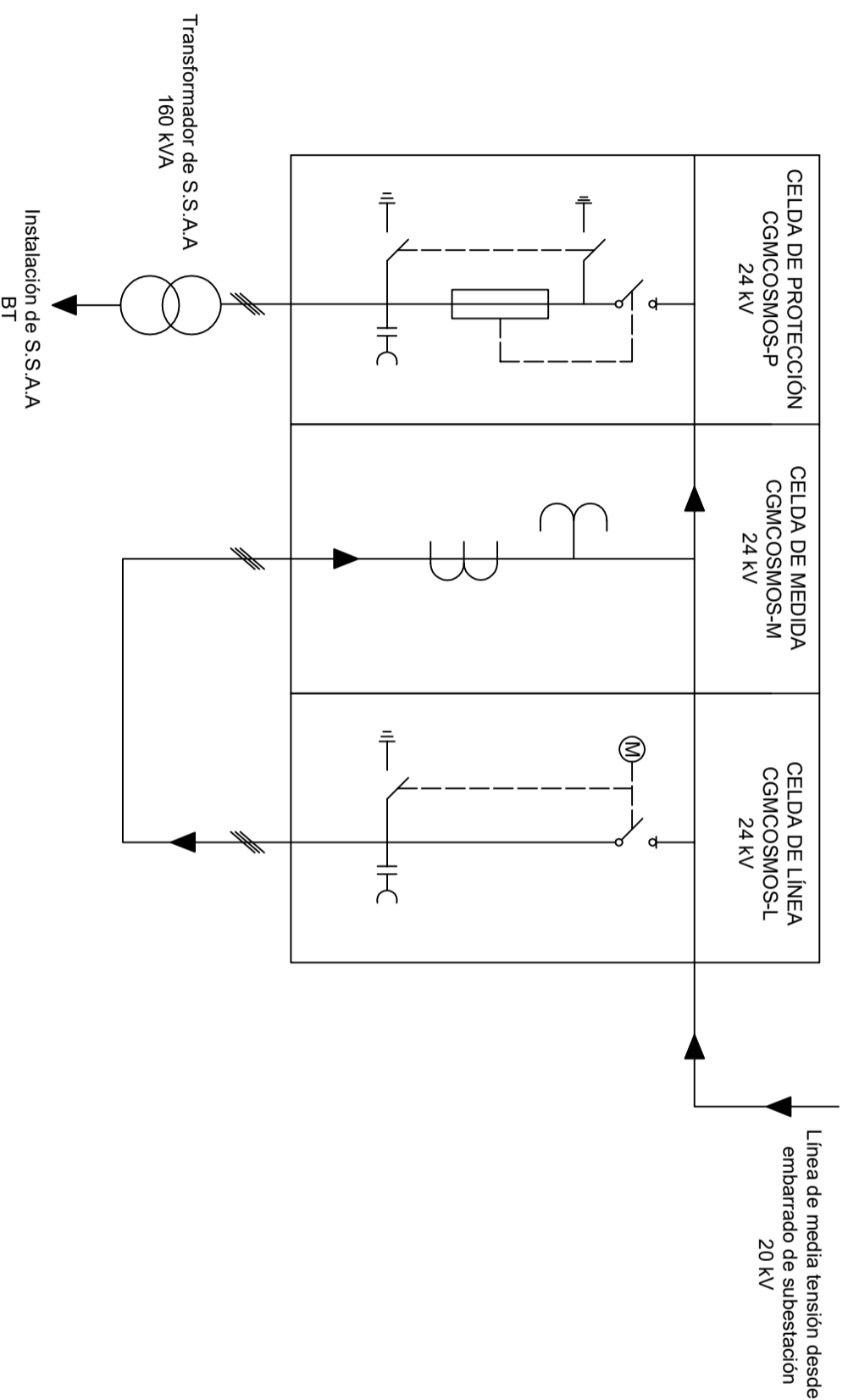
*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*

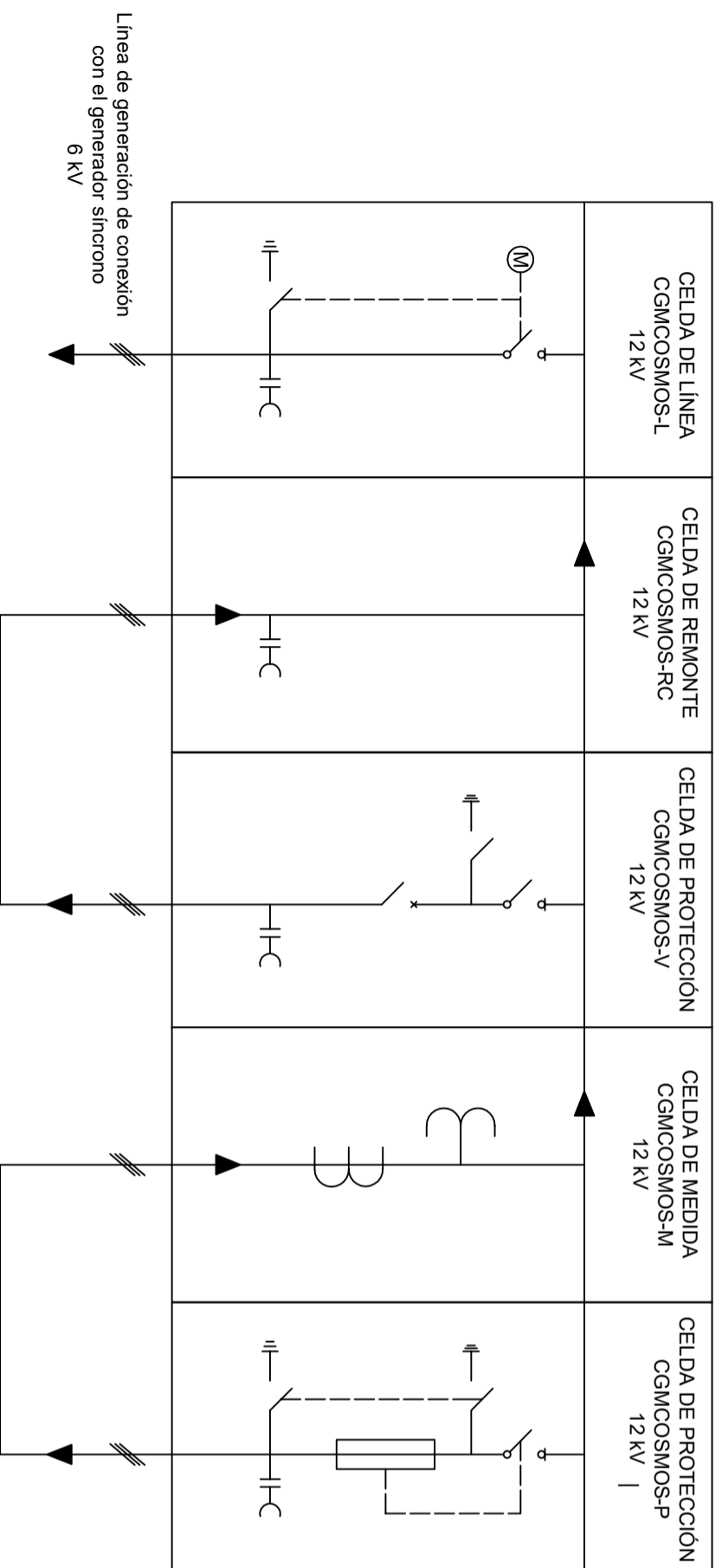
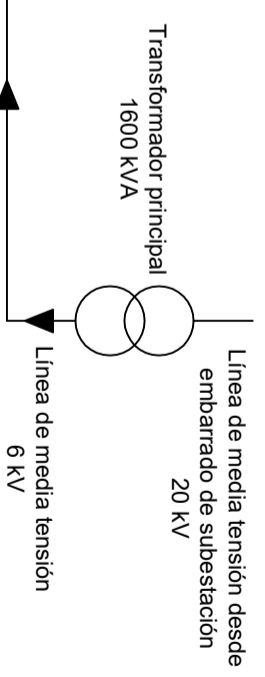


<b>E.T.S.I.I.</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<b>BÉJAR</b>		<i>Plano:</i> Esquemas de la subestación transformadora. Parte en media tensión II.	
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	19	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>

## CELDAS DE MT DEL TRANSFORMADOR DE S.S.A.A



## CELDAS DE MT DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL



**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**

*Plano:* Esquema eléctrico interno de las celdas de media tensión.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

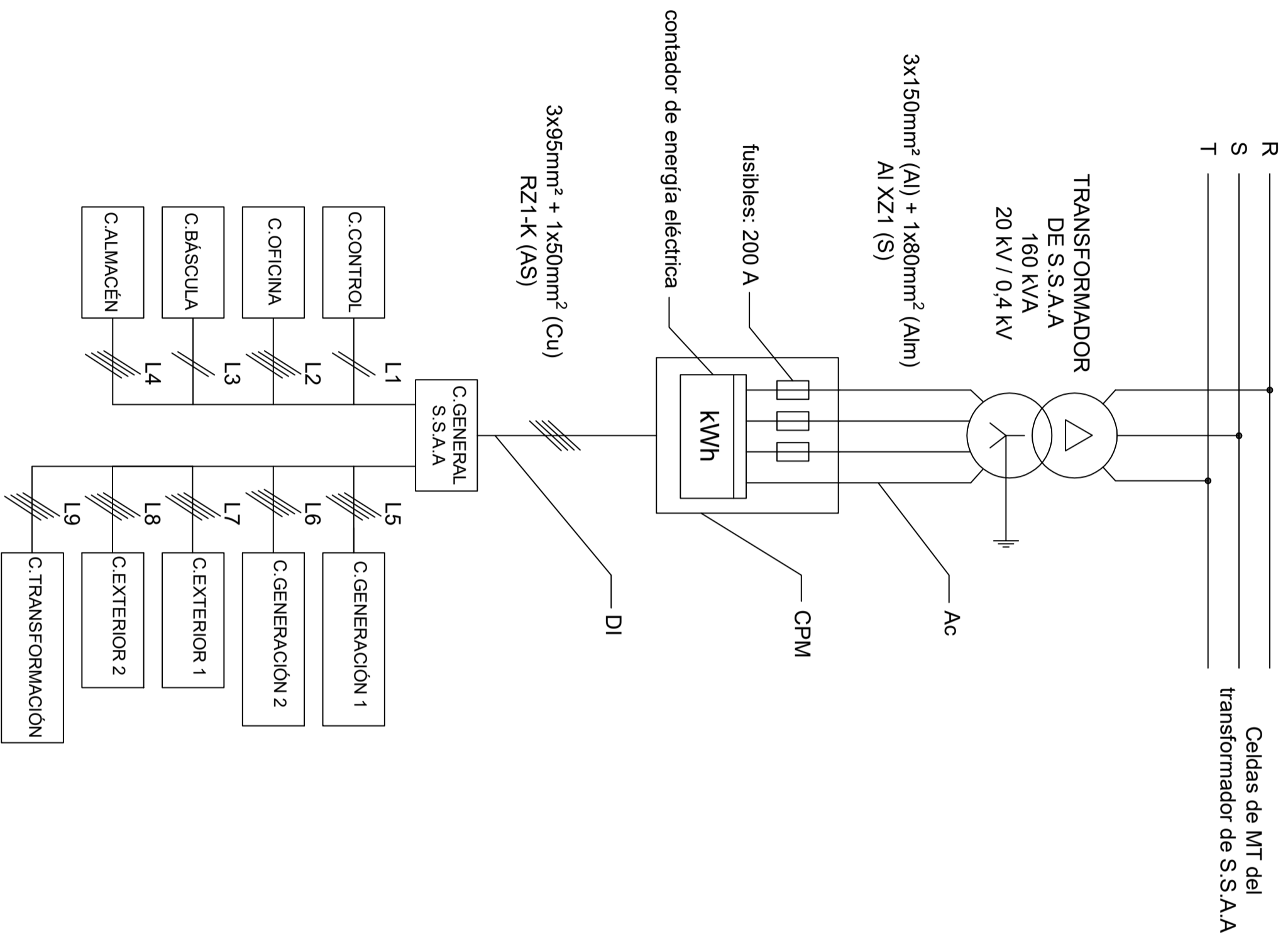
S/E

20

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

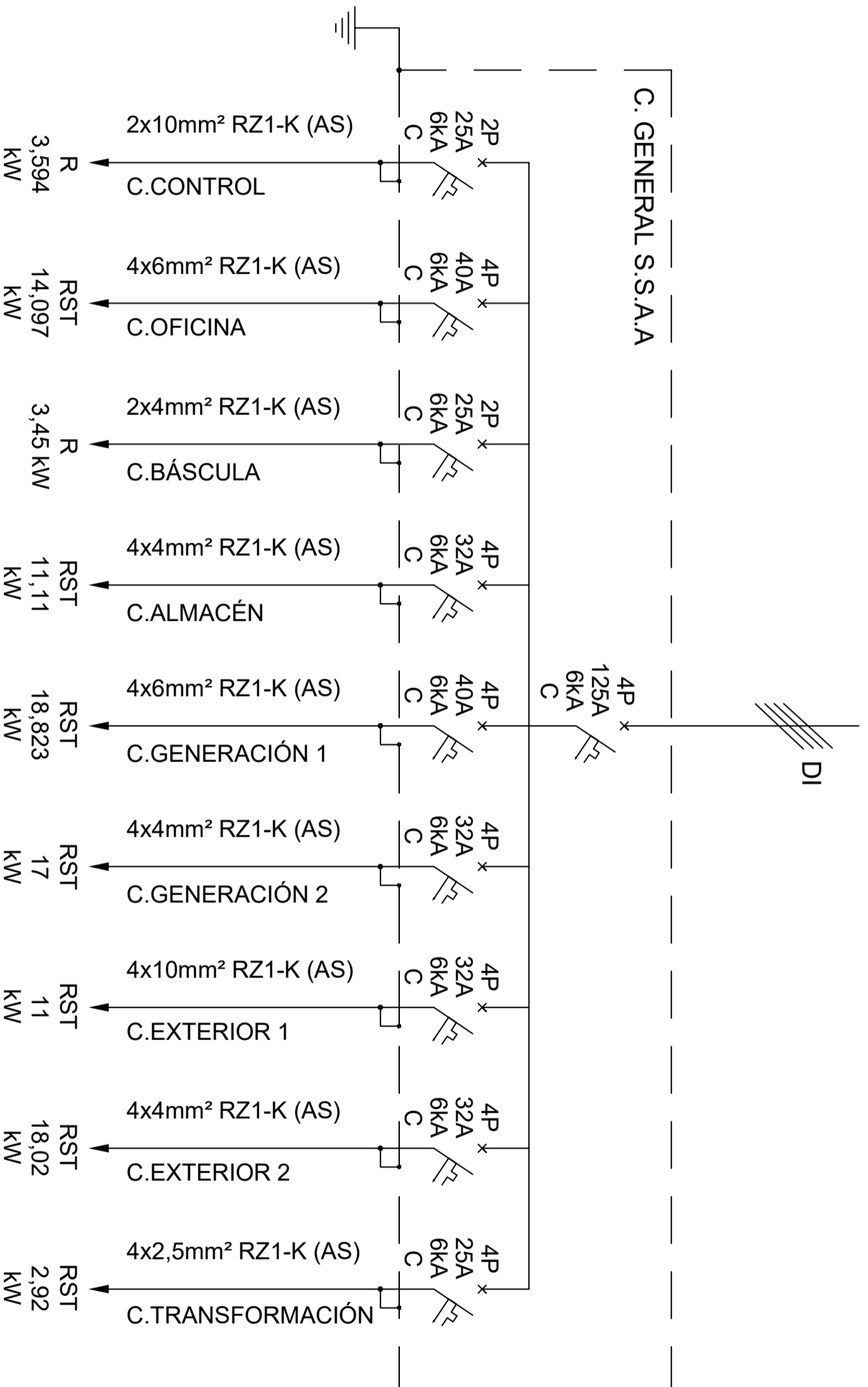
*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*



<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>		
	<i>Plano:</i> Diagrama de bloques de la instalación de servicios auxiliares en baja tensión.		
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	21	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA	<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>	



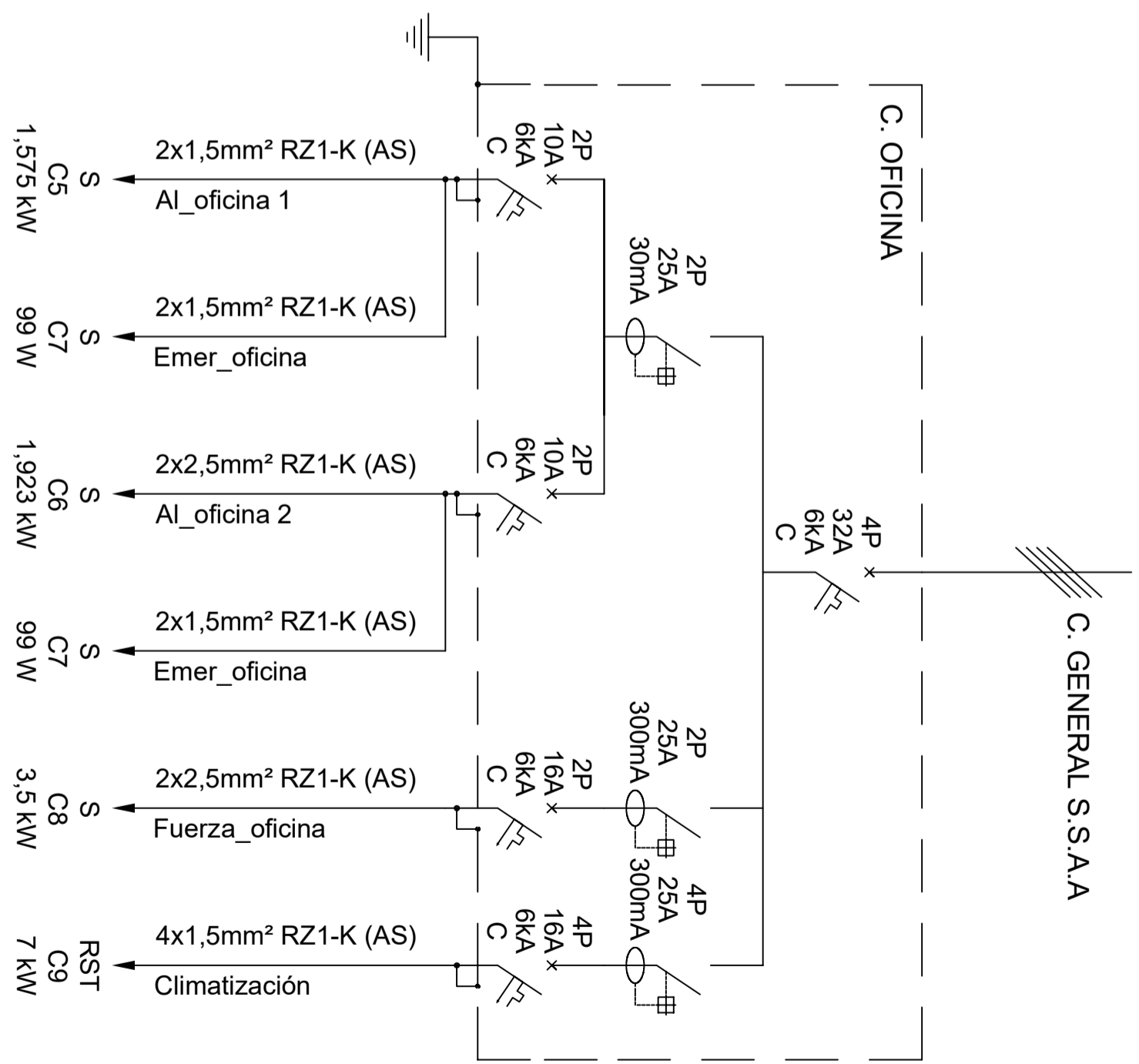
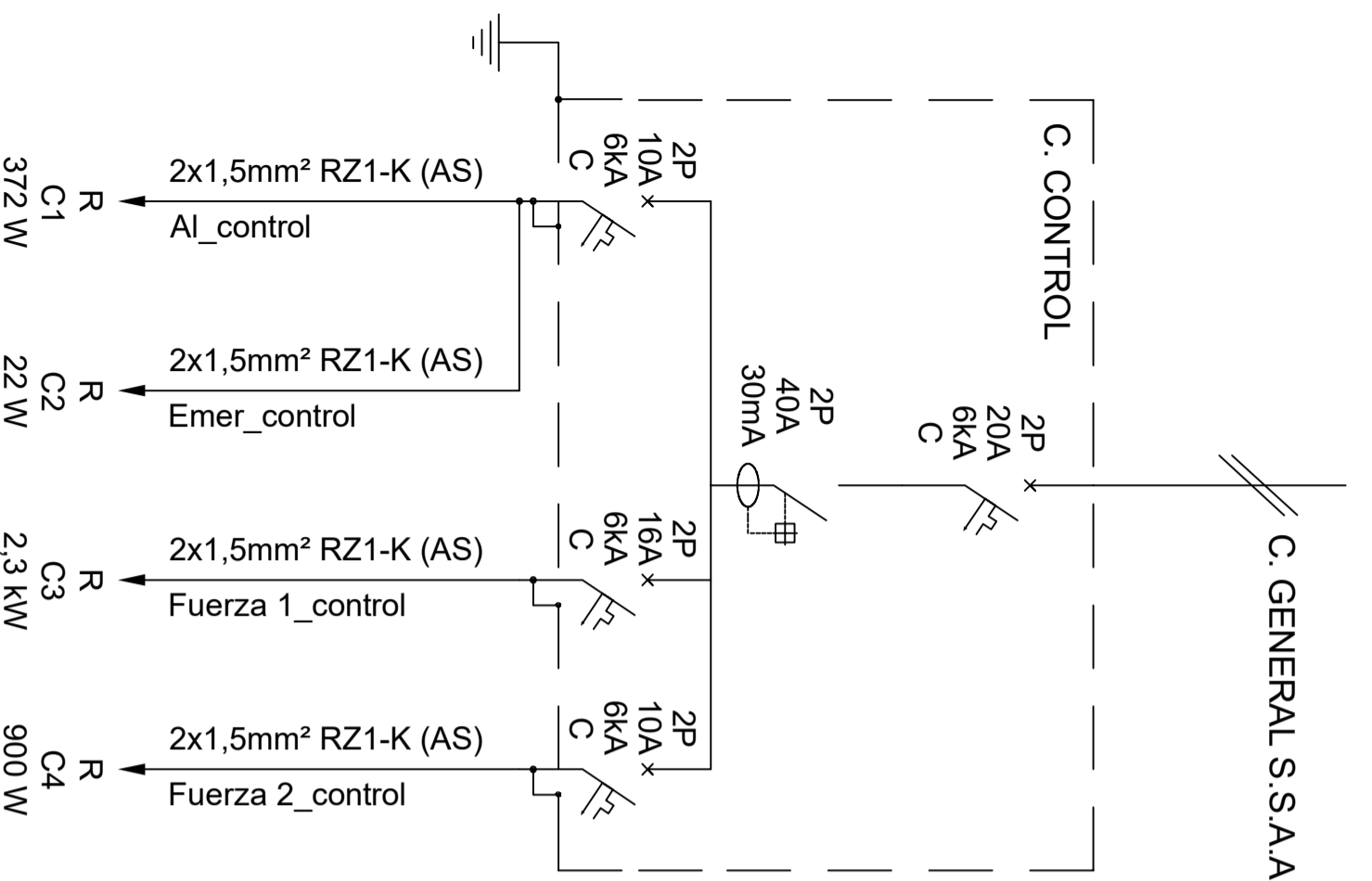


**E.T.S.I.I. BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA**

*Plano:* Esquemas unifilares BT. Cuadro general de servicios auxiliares.

<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	22
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA	<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>



**E.T.S.I.I. BÉJAR**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA

Plano: Esquemas unifilares BT. Cuadro de control y cuadro de oficina.

Autor: Anaïs Cormorant Beguin

Escala: N° plano: 23

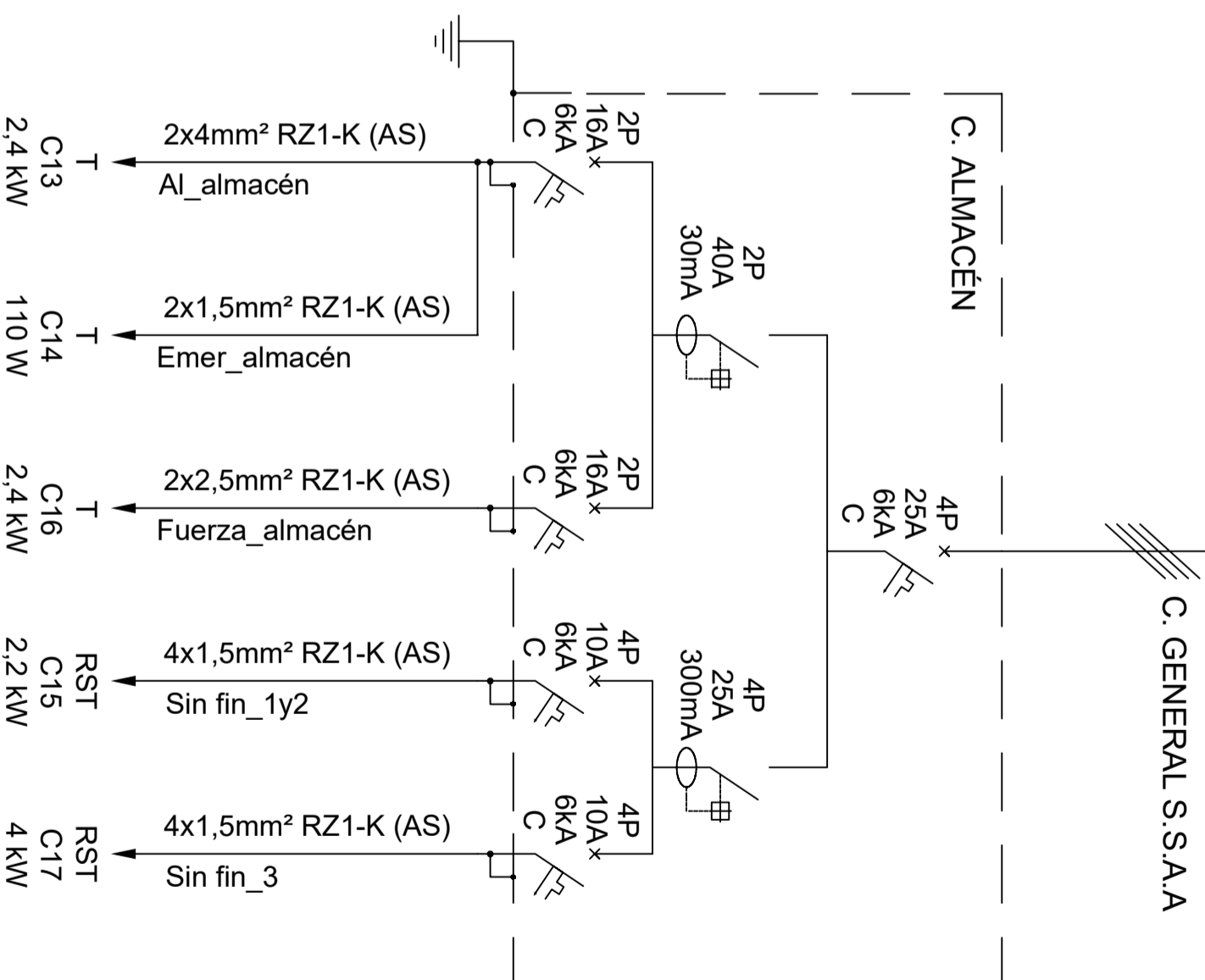
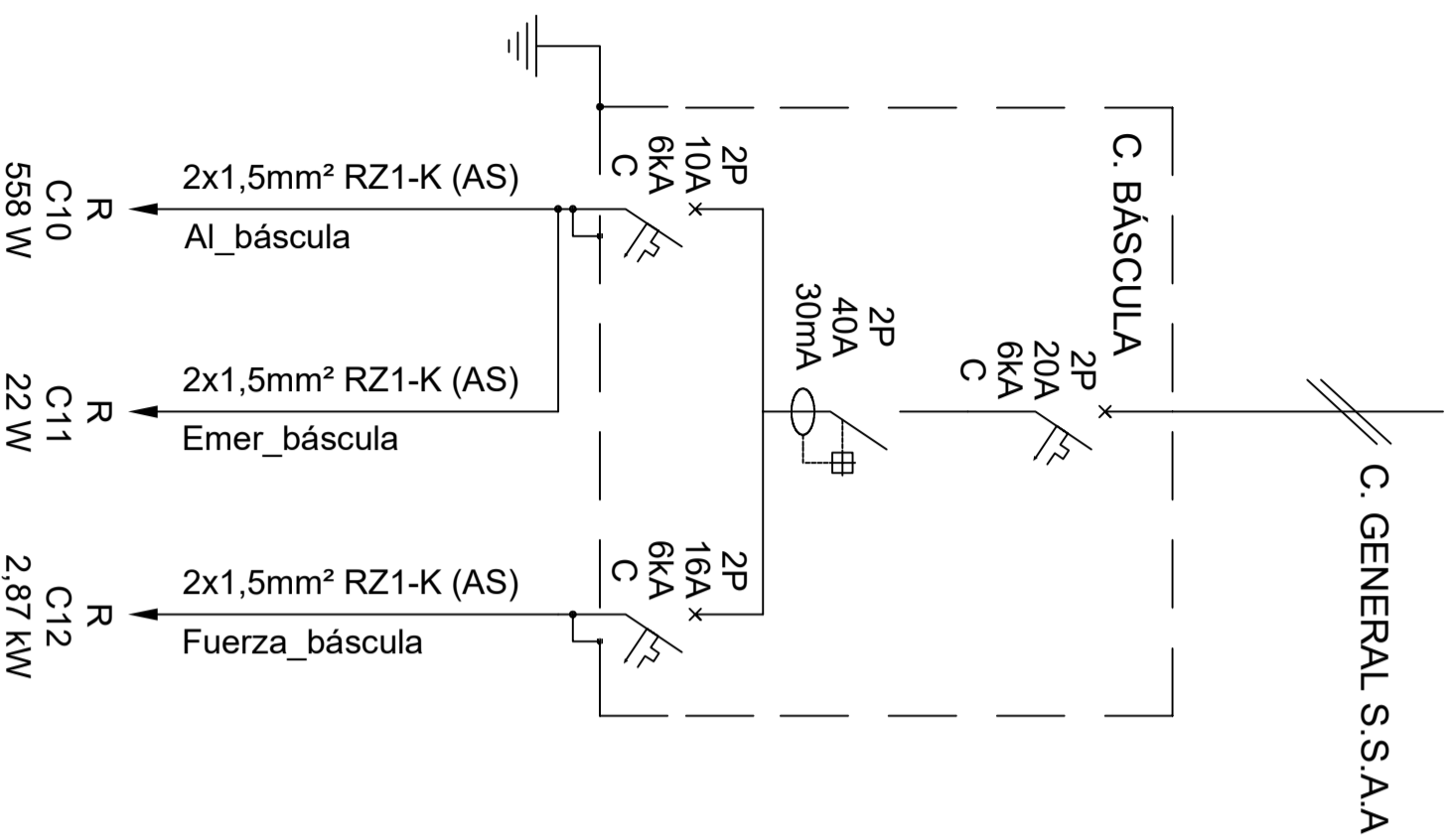
Tutor: Lydia Rozas Izquierdo

S/E

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Fecha: Septiembre 2017

Firma:



**E.T.S.I.I. BÉJAR**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA

Plano: Esquemas unifilares BT. Cuadro de báscula y cuadro de almacén.

Autor: Anaïs Cormorant Beguin

Escala: S/E

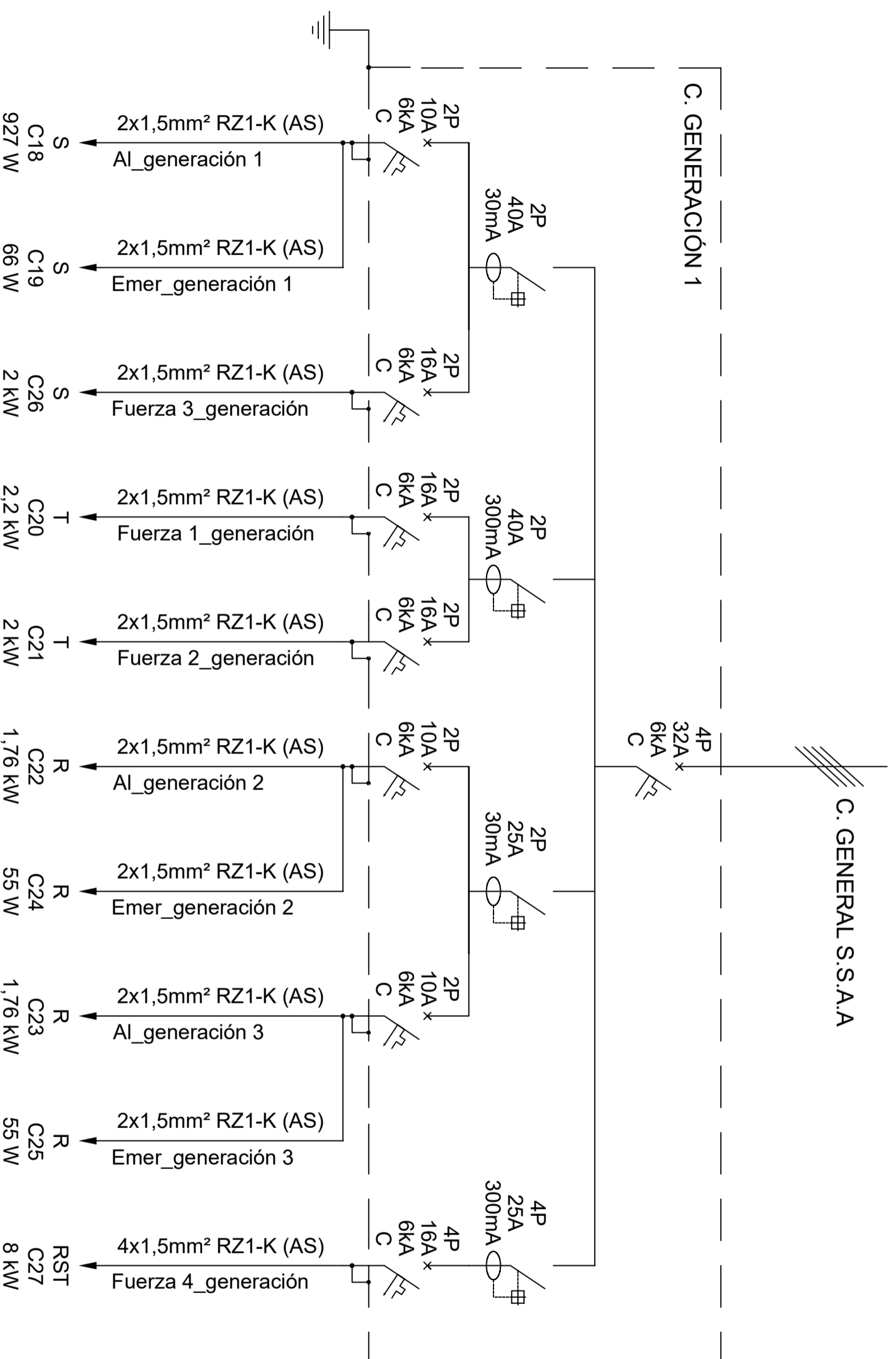
Tutor: Lydia Rozas Izquierdo

Nº plano: 24

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Fecha: Septiembre 2017

Firma:



C. GENERAL S.S.A.A

C. GENERACIÓN 1

**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA

Plano: Esquemas unifilares BT.  
Cuadro de generación 1.

Autor: Anaïs Cormorant Beguin

Escala: S/E

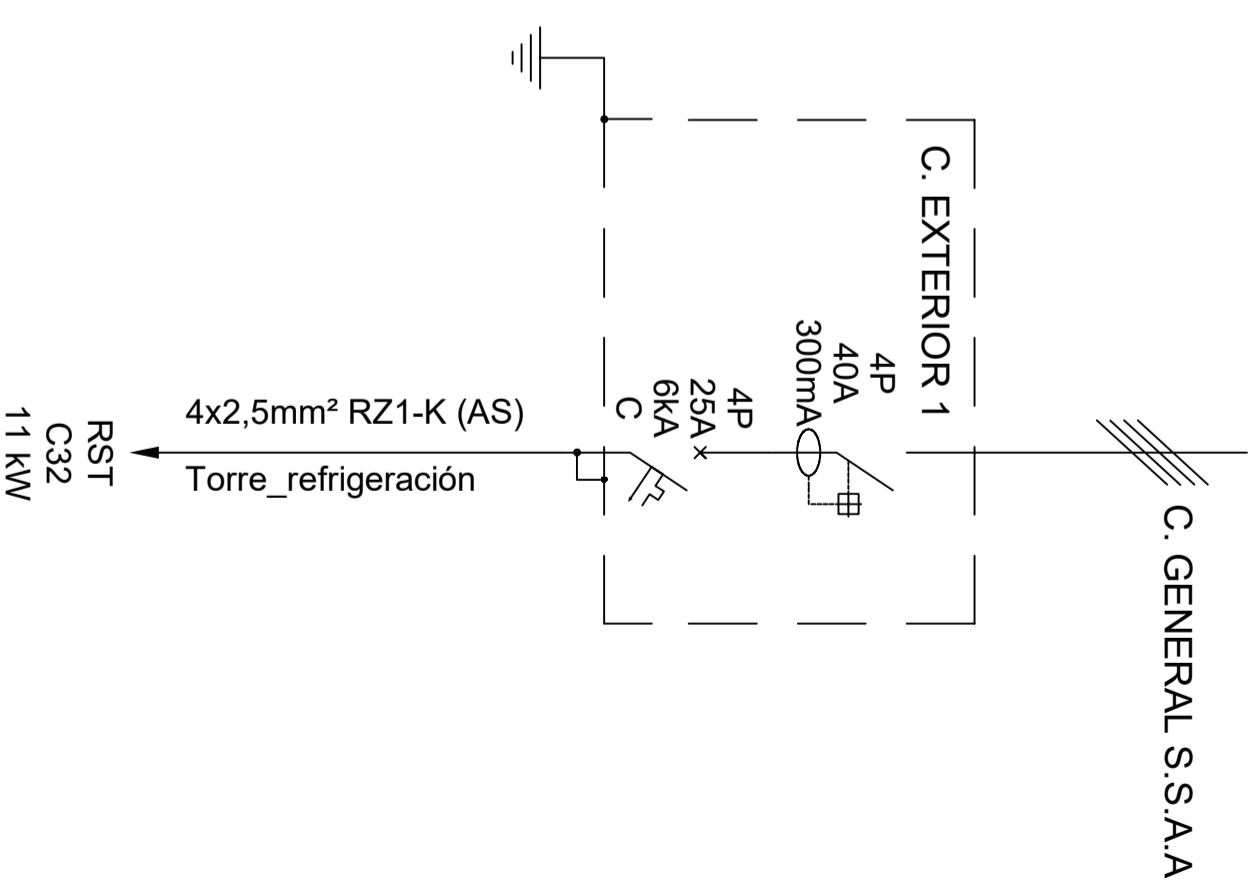
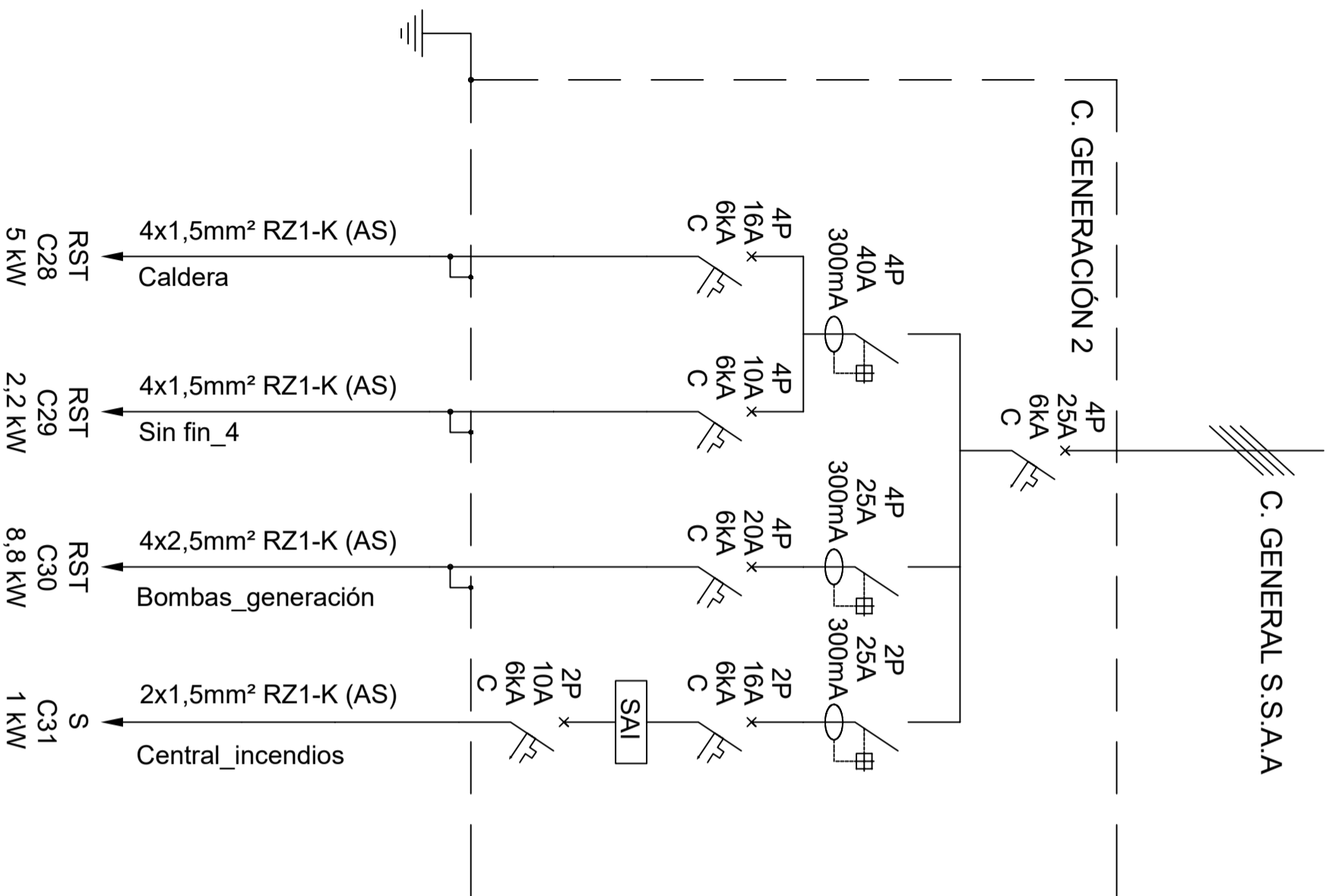
Nº plano: 25

Tutor: Lydia Rozas Izquierdo

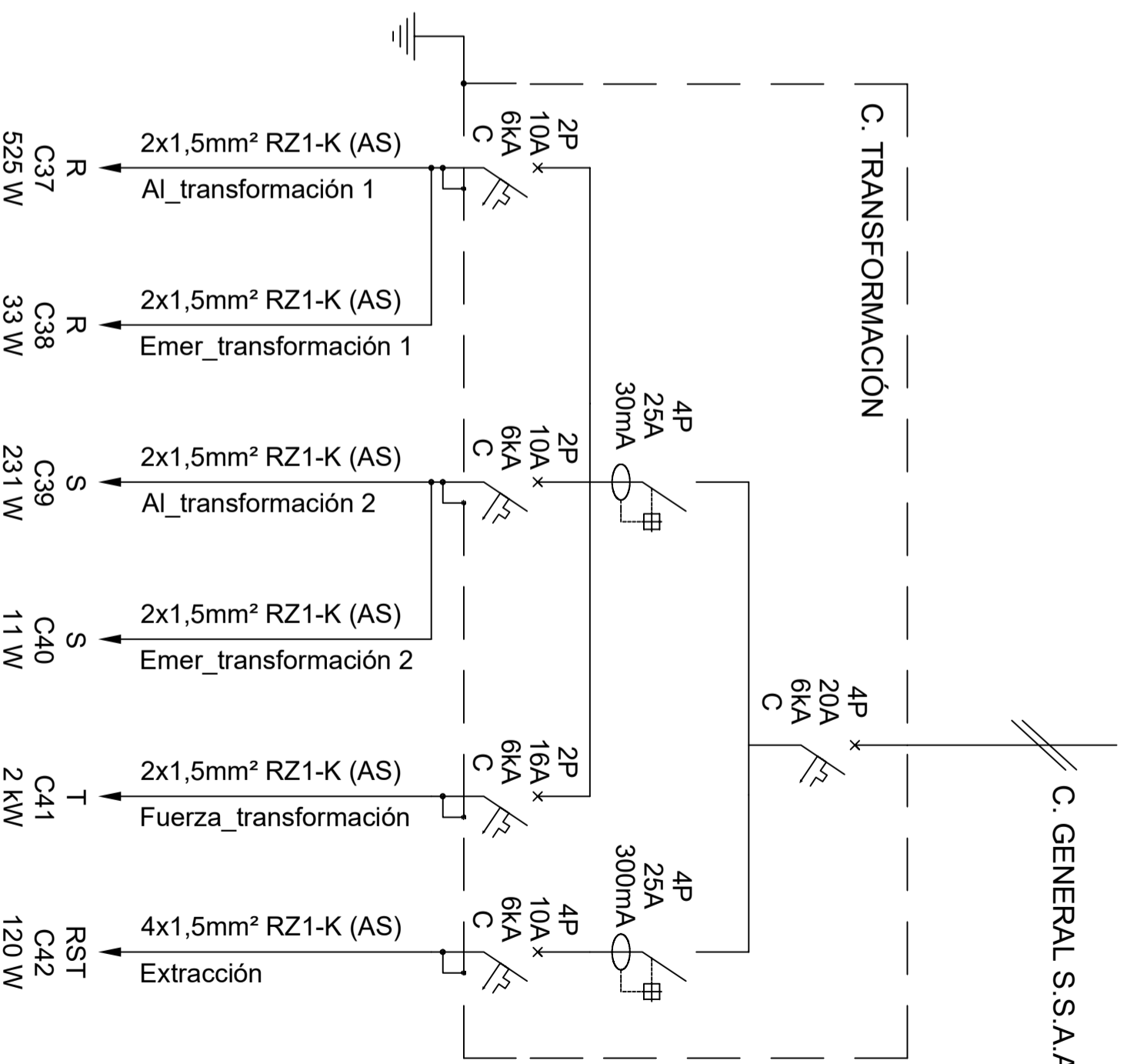
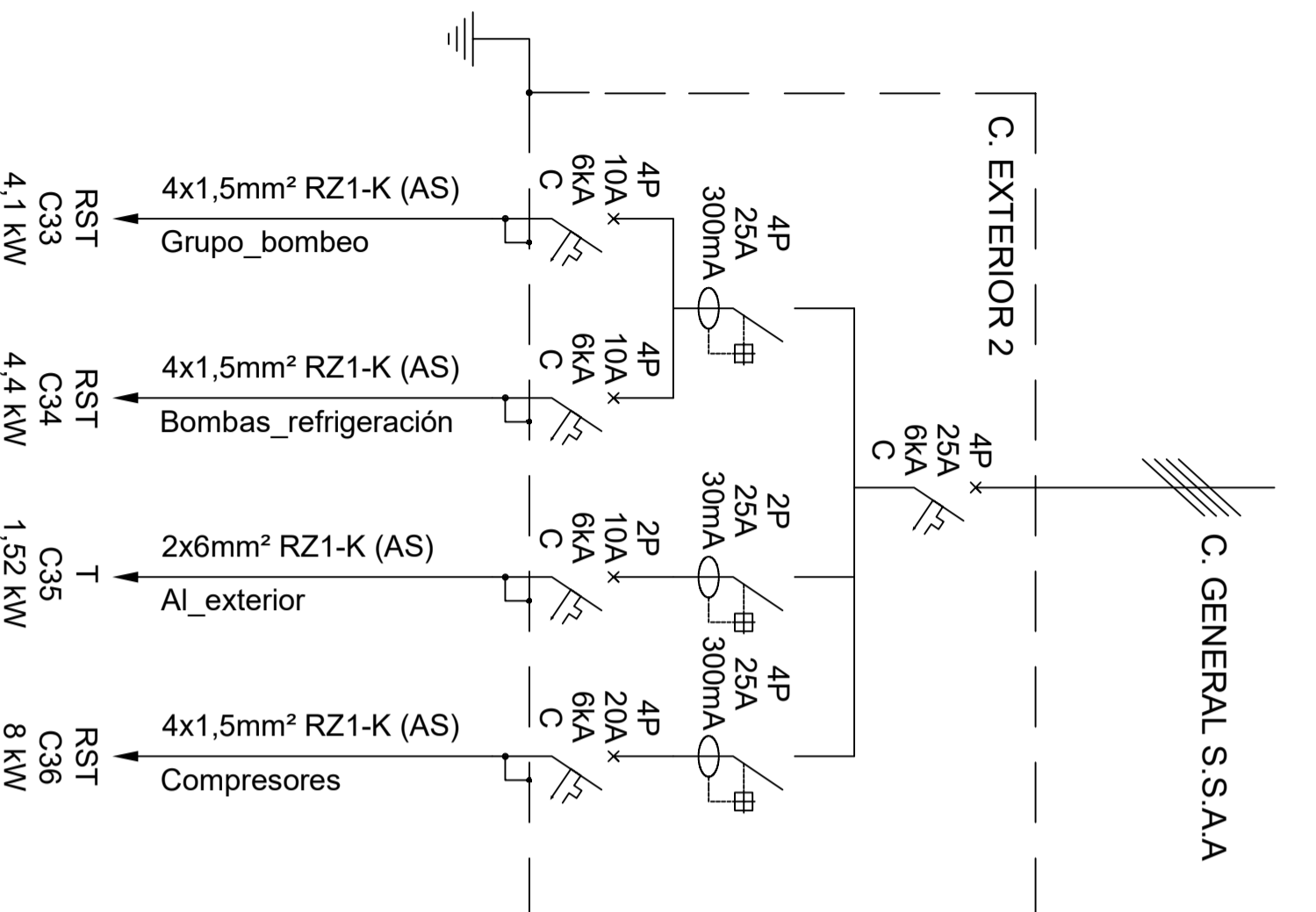
Fecha: Septiembre 2017

Firma:

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA



<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Esquemas unifilares BT. Cuadro de generación 2 y cuadro de exterior 1.			
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	S/E	26	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>



**E.T.S.I.I. BÉJAR**

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA

Plano: Esquemas unifilares BT. Cuadro de exterior 2 y cuadro de transformación.

Autor: Anaïs Cormorant Beguin

Tutor: Lydia Rozas Izquierdo

Escala: S/E

Nº plano: 27

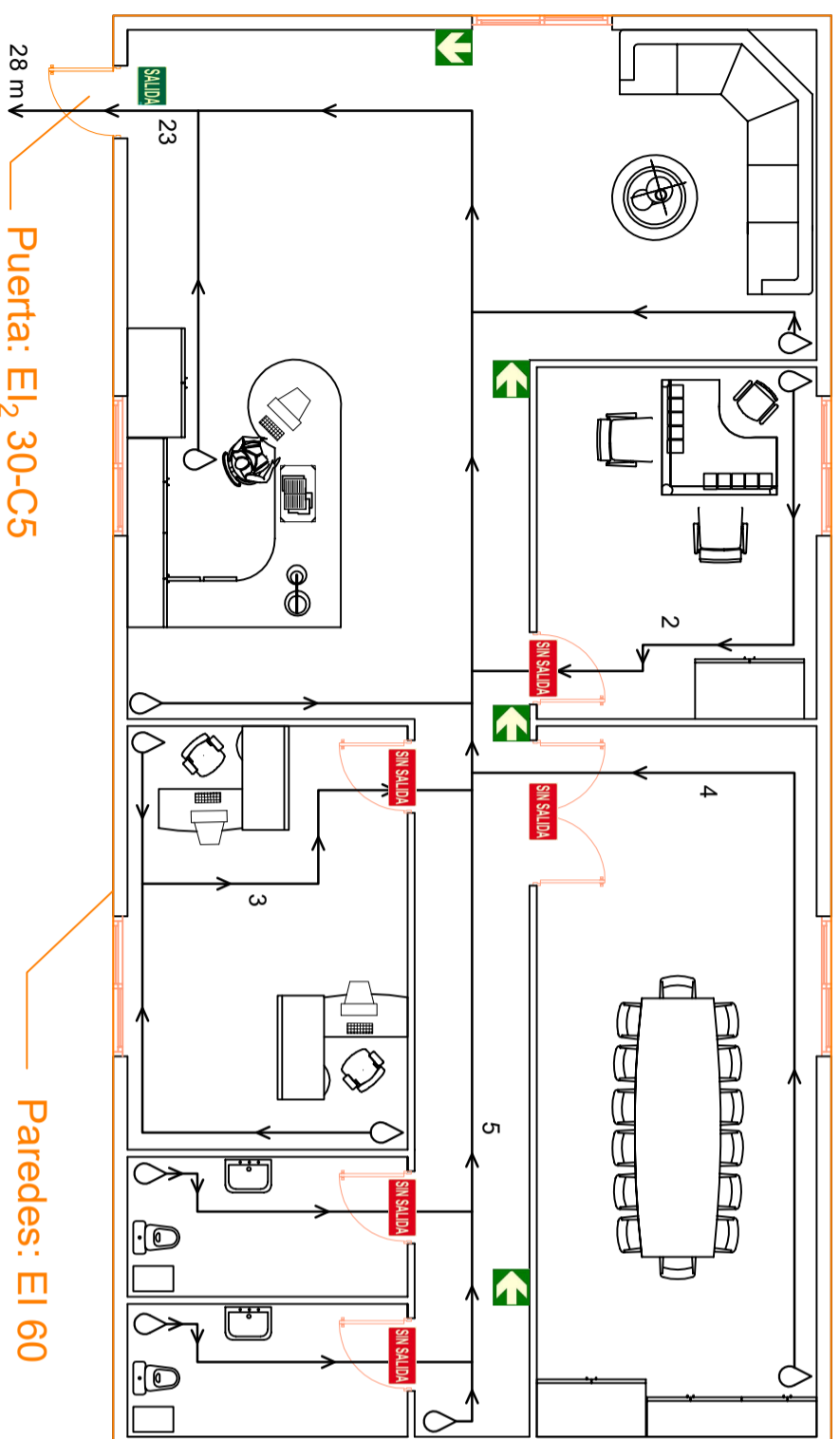
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Fecha: Septiembre 2017

Firma:

# EDIFICIO DE OFICINAS

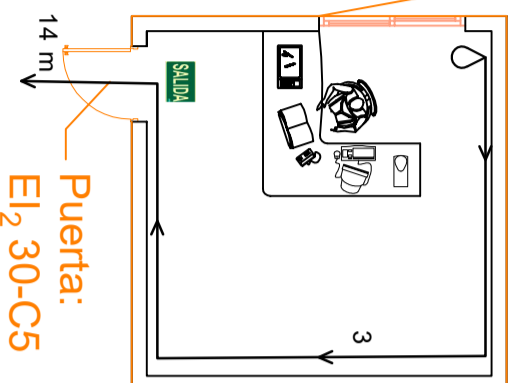
S=200 m<sup>2</sup>



Paredes: EI 60  
Techo: R 60  
Suelo: R 60

# EDIFICIO DE CONTROL

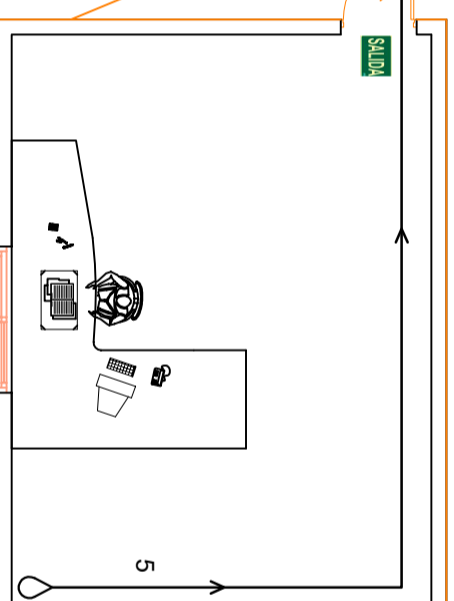
S=25 m<sup>2</sup>



Paredes: EI 60  
Techo: R 60  
Suelo: R 60

# EDIFICIO DE BÁSCULA

S=48 m<sup>2</sup>



Paredes: EI 60  
Techo: R 60  
Suelo: R 60

## LEYENDA:

- Sector de incendio único en cada edificio
- ∇ Origen de evacuación - "Usted está aquí"
- Recorrido de evacuación
- ➡ Señalización de dirección del recorrido de evacuación
- ➡ Señal con rótulo "SALIDA" para la salida de evacuación
- ➡ Señal con rótulo "SIN SALIDA"

E.T.S.I.I.  
BÉJAR

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA  
*Plano:* Instalación contra incendios. Protección pasiva de edificios no industriales.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

1:100

28

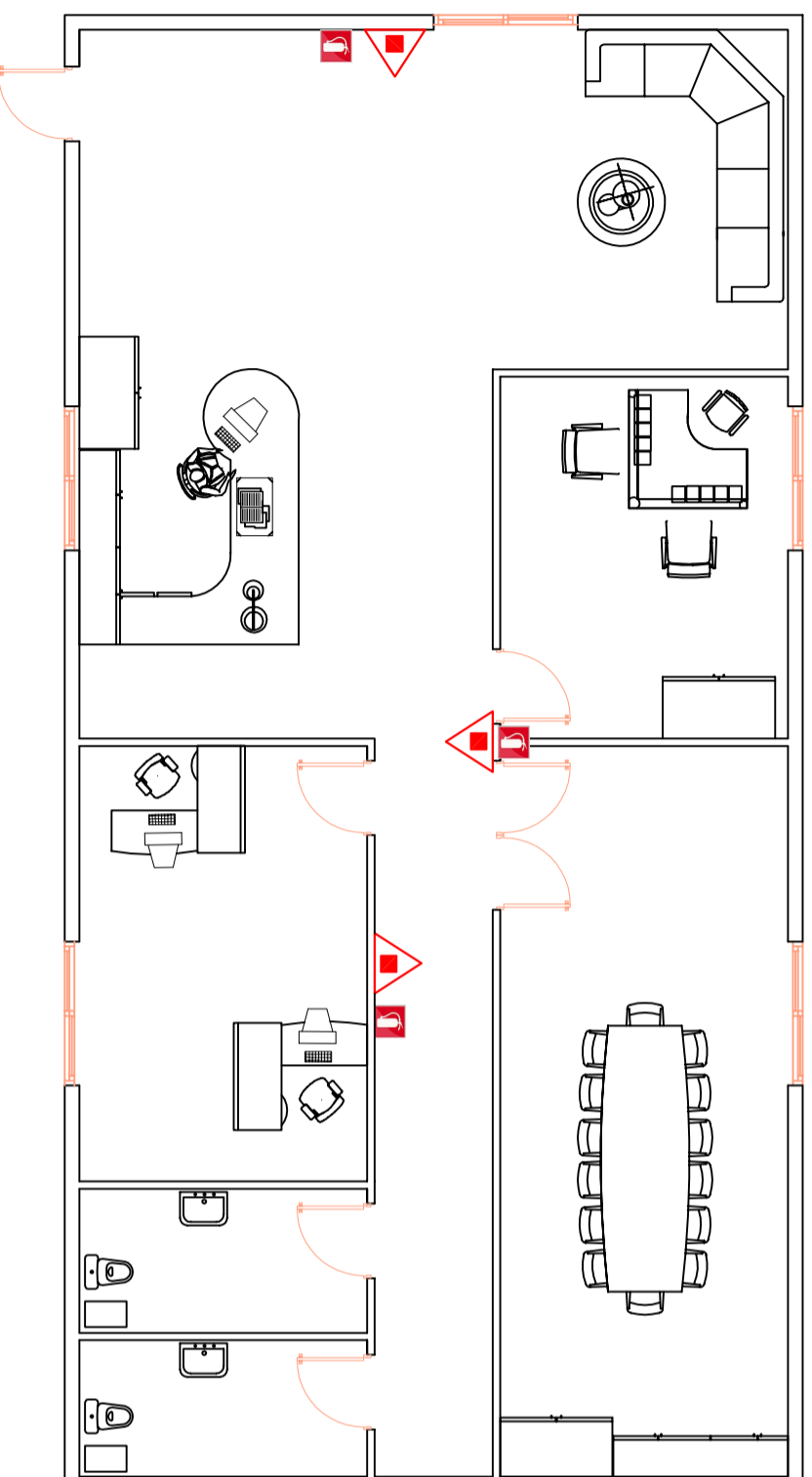
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:* Septiembre 2017

*Firma:*

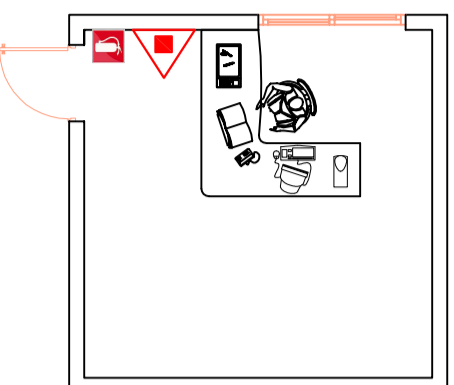
## EDIFICIO DE OFICINAS

S=200 m<sup>2</sup>



## EDIFICIO DE CONTROL

S=25 m<sup>2</sup>



## EDIFICIO DE BÁSCULA

S=48 m<sup>2</sup>



### LEYENDA:



Extintor de incendio de polvo trivalente ABC



Señalización de extintor de incendio

**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**

*Plano:* Instalación contra incendios.  
Protección activa de edificios no industriales.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

1:100

29

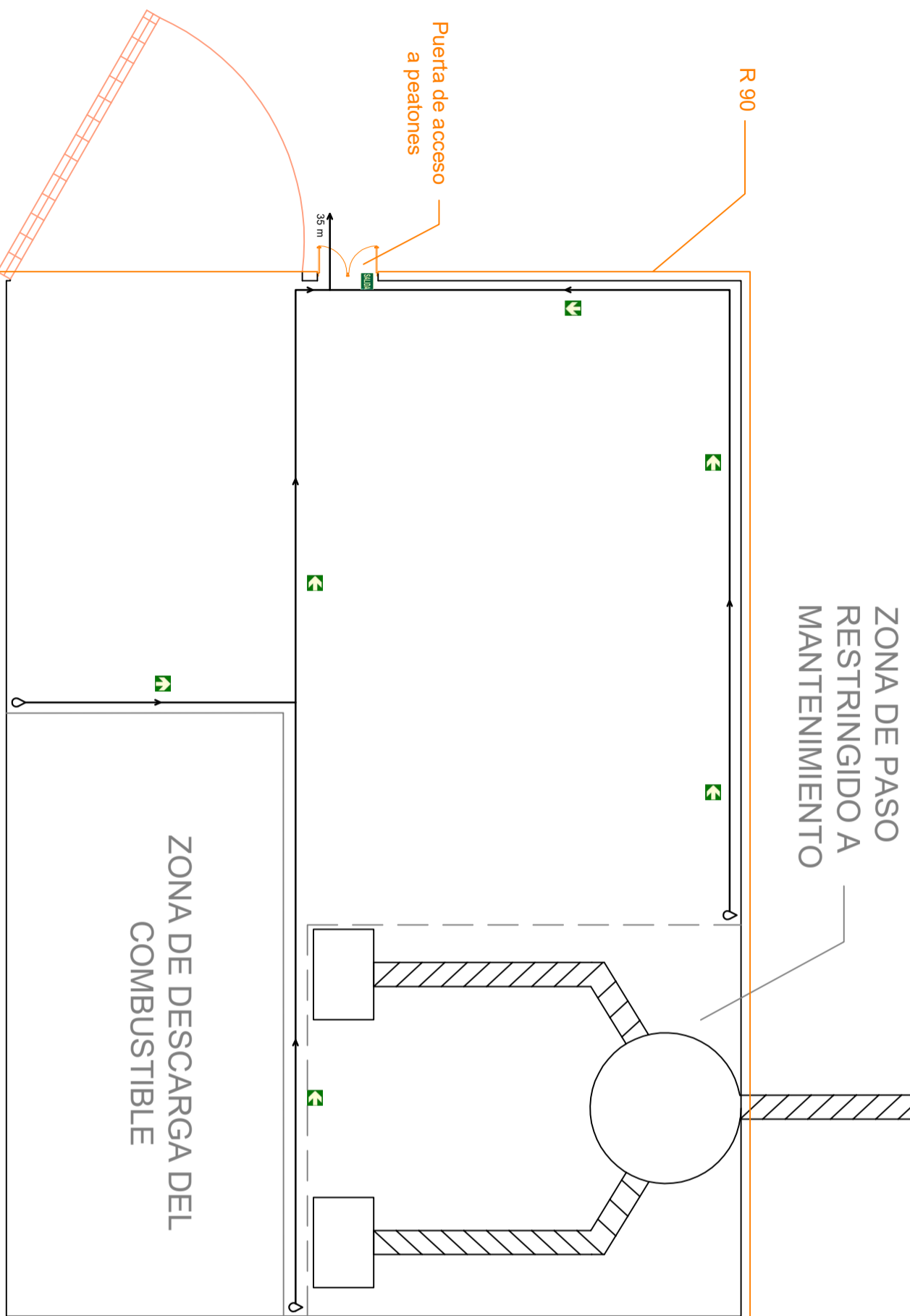
TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*



**NAVE DE ALMACENAMIENTO**  
S=875 m<sup>2</sup>



**LEYENDA:**

- Sector de incendio único en cada edificio
- ∇ Origen de evacuación - "Usted está aquí"
- Recorrido de evacuación
- ➡ Señalización de dirección del recorrido de evacuación
- SAIDA Señal con rótulo "SALIDA" para la salida de evacuación

**E.T.S.I.I.  
BÉJAR**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA**

*Plano:* Instalación contra incendios.  
Protección pasiva nave de almacenamiento.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:* N° plano: 30

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

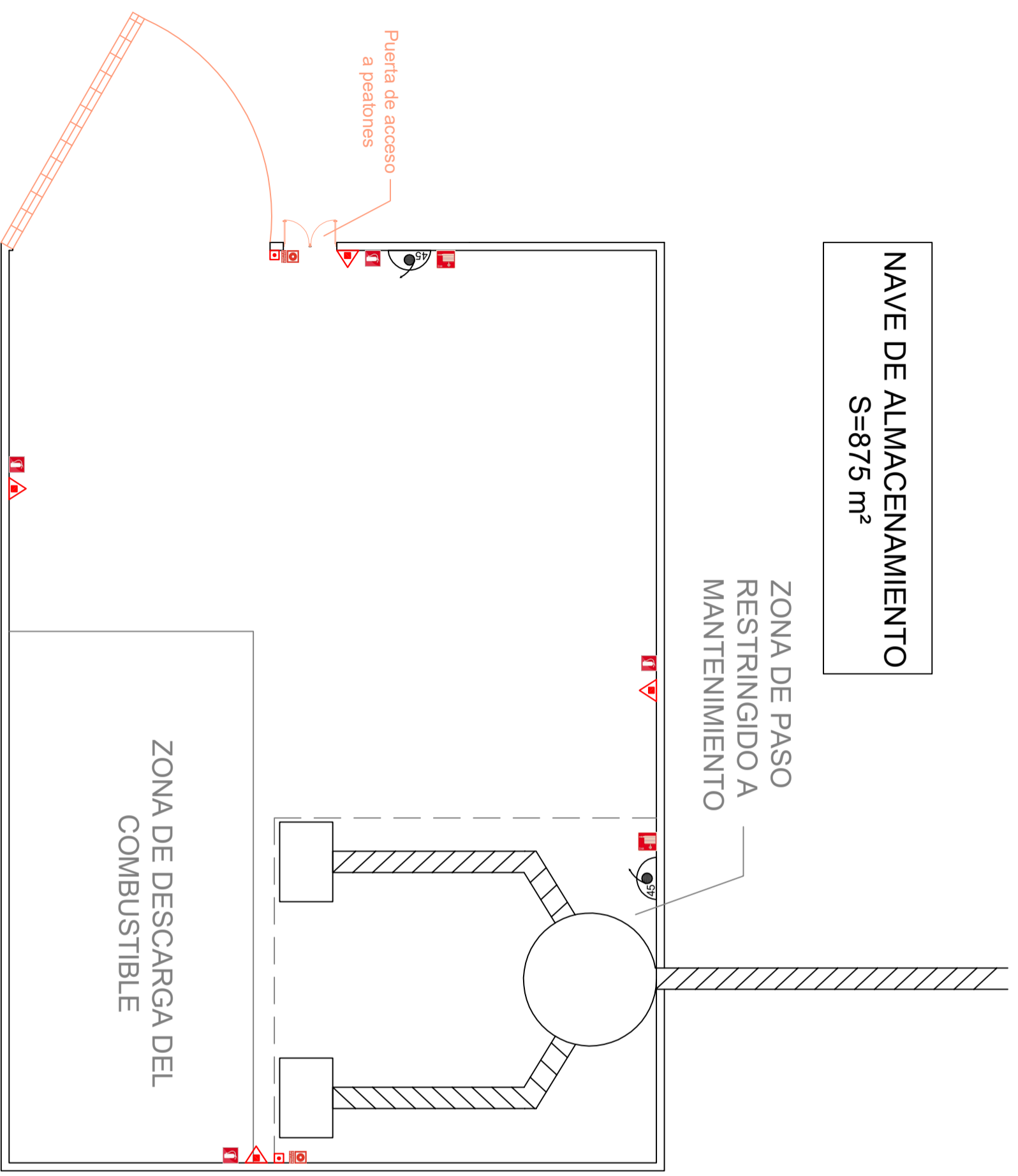
1:200

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA







*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*

**NAVE DE ALMACENAMIENTO**  
S=875 m<sup>2</sup>

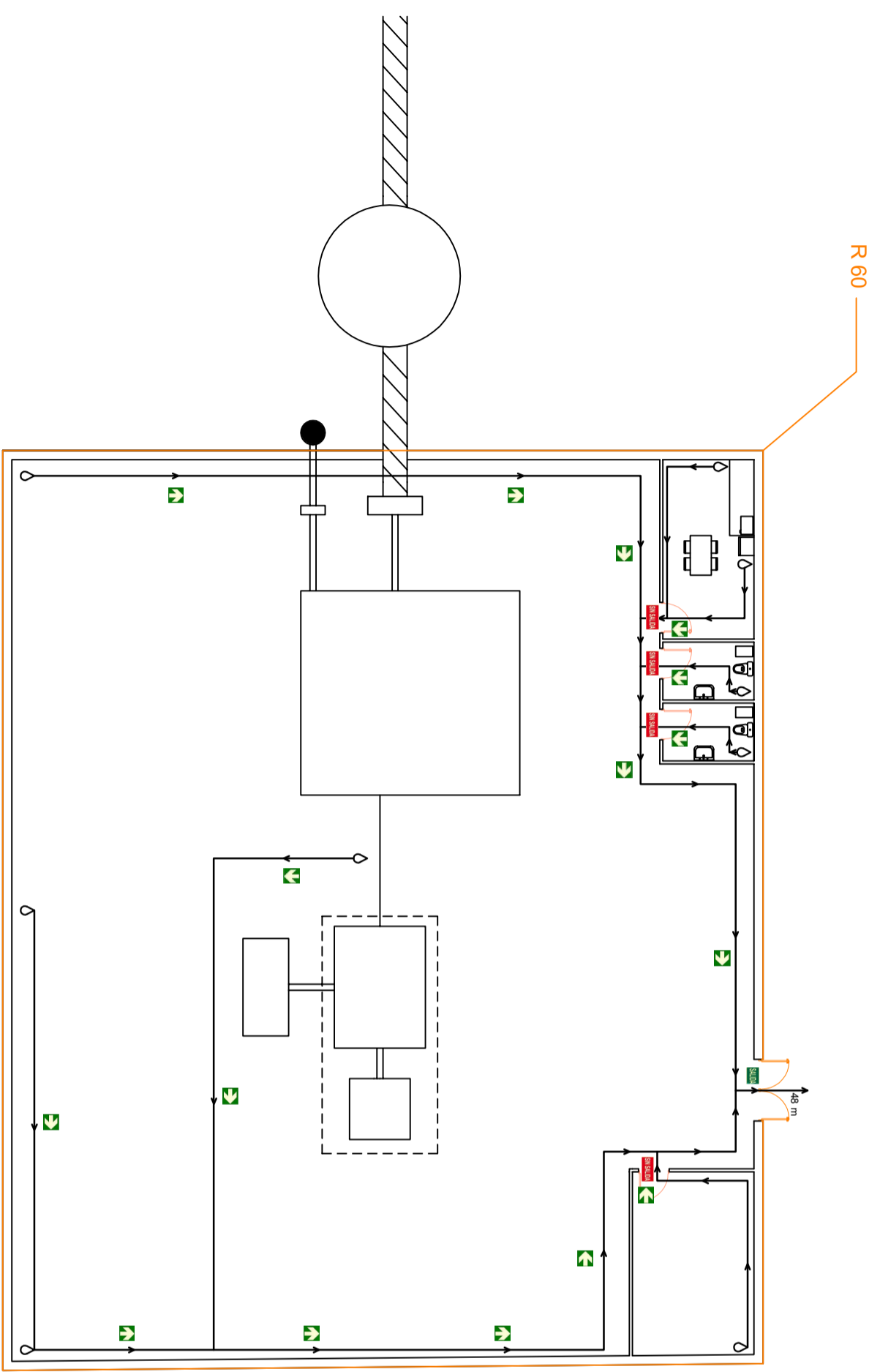


**LEYENDA:**

-  Extintor de incendio de polvo trivalente ABC
-  Señalización de extintor de incendio
-  Boca de incendio equipada (BIE) de 45 mm
-  Señalización BIE de 45 mm
-  Sistema de alarma manual (pulsador)
-  Señalización de pulsador de alarma

<b>E.T.S.I.I. BÉJAR</b>		<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA</b>	
<i>Plano:</i> Instalación contra incendios. Protección activa nave de almacenamiento.			
<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>	
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:200	31	
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017	<i>Firma:</i>

**NAVE DE GENERACIÓN**  
S=750 m<sup>2</sup>



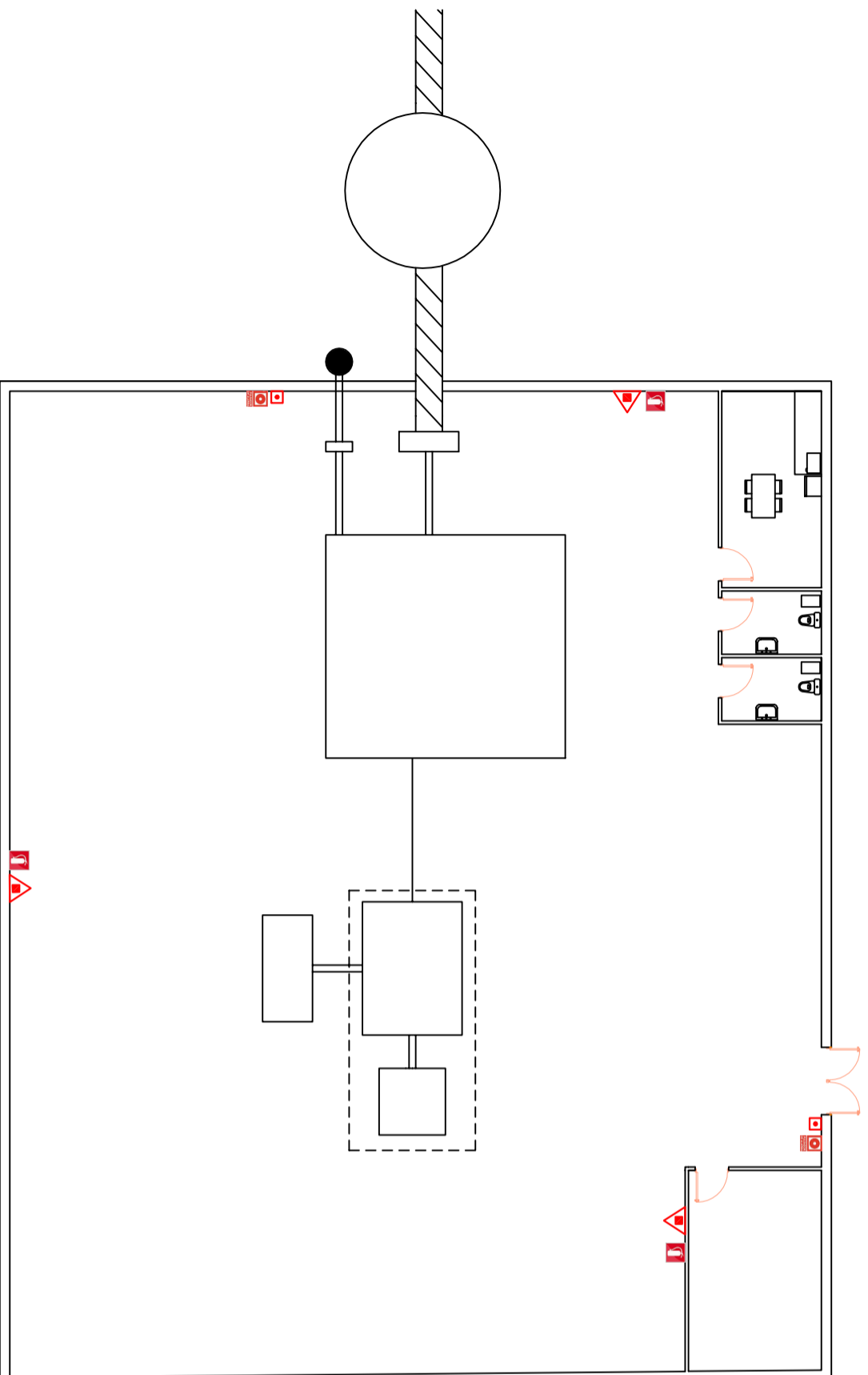
**LEYENDA:**

- Sector de incendio único en cada edificio
- △ Origen de evacuación - "Usted está aquí"
- Recorrido de evacuación
- ➔ Señalización de dirección del recorrido de evacuación
- SALIDA Señal con rótulo "SALIDA" para la salida de evacuación
- SIN SALIDA Señal con rótulo "sin salida" para puertas que no son salidas de evacuación





**E.T.S.I.I. BÉJAR**  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA PLANTA DE BIOMASA**  
*Plano:* Instalación contra incendios. Protección pasiva nave de generación.

<i>Autor:</i> Anaïs Cormorant Beguin	<i>Escala:</i>	<i>Nº plano:</i>
<i>Tutor:</i> Lydia Rozas Izquierdo	1:200	32
TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA		<i>Fecha:</i> Septiembre 2017
		<i>Firma:</i>

NAVE DE GENERACIÓN  
S=750 m<sup>2</sup>



LEYENDA:

-  Extintor de incendio de polvo trivalente ABC
-  Señalización de extintor de incendio
-  Sistema de alarma manual (pulsador)
-  Señalización de pulsador de alarma

E.T.S.I.I.  
BÉJAR

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA

*Plano:* Instalación contra incendios.  
Protección activa nave de generación.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

1:200

33

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

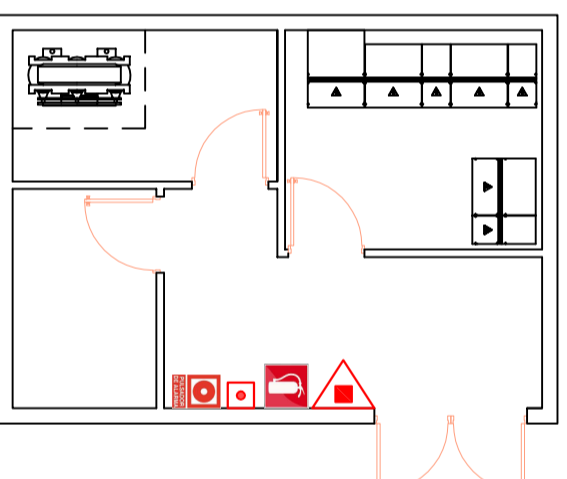
*Firma:*

## LEYENDA:

- Sector de incendio único en cada edificio
- ∇ Origen de evacuación - "¡Usted está aquí!"
- Recorrido de evacuación
- ➔ Señalización de dirección del recorrido de evacuación
- SALIDA Señal con rótulo "SALIDA" para la salida de evacuación
- SIN SALIDA Señal con rótulo "sin salida" para puertas que no son salidas de evacuación
- ▲ Extintor de incendio de polvo trivalente ABC
- 🔧 Señalización de extintor de incendio
- 🔴 Sistema de alarma manual (pulsador)
- 🔴 Señalización de pulsador de alarma

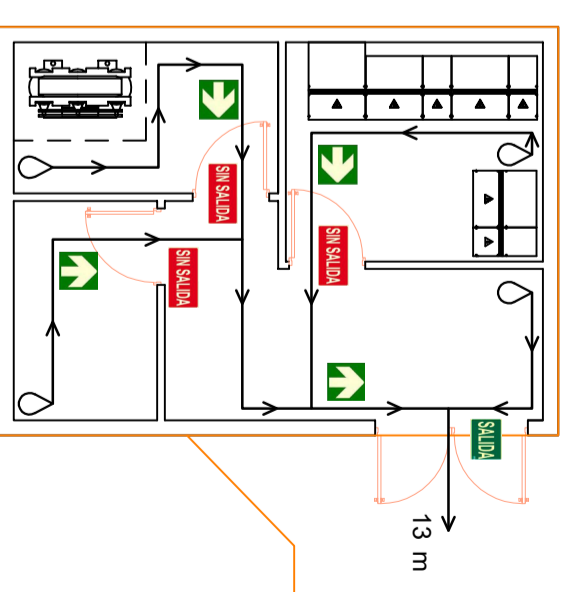
### EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN

S=35 m<sup>2</sup>



### EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN

S=35 m<sup>2</sup>



E.T.S.I.I.  
BÉJAR

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  
PLANTA DE BIOMASA

*Plano:* Instalación contra incendios. Protección pasiva y activa del edificio de transformación.

*Autor:* Anaïs Cormorant Beguin

*Escala:*

*Nº plano:*

*Tutor:* Lydia Rozas Izquierdo

1:100

34

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Fecha:*  
Septiembre  
2017

*Firma:*