

## Trabajo Fin de Grado

# AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

**Onofrio Luisi Ciccarrone**

Director/es

**Antonio Montañés Espinosa**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021



## *AGRADECIMIENTOS*

*A mis padres, a mi hermana, a mi pareja y a mis amigos, gracias a quienes hoy en día soy y a quienes sólo puedo expresar mi agradecimiento por apoyarme durante toda la etapa académica que hoy culmina.*

*A mi profesor, por su acompañamiento, su dedicación y su apoyo durante esta fase.*

*"El futuro mostrará los resultados y juzgará a cada uno de acuerdo a sus logros"*

*Nikola Tesla.*



## RESUMEN

A través del siguiente proyecto expuesto, se analizará el proceso y método por el cual se lleva a cabo la ampliación y actualización de la Subestación Eléctrica de Daroca. La SET se encuentra ubicada en la localidad de Daroca, a 84 km de la ciudad de Zaragoza. La ampliación y actualización de esta se hará sustituyendo los niveles actuales de 45/15 kV a los niveles de 132/45/15 kV.

La actualización consiste en sustituir la aparamenta actual en 45 kV y en 15 kV, que inicialmente era aparamenta de exterior, en aparamenta de interior con la construcción de un edificio que albergará las celdas de estos niveles de tensión y el edificio de control. En el nivel de 132 kV la aparamenta será de exterior, y se llevará a cabo con módulos híbridos tanto en las posiciones de línea como en las posiciones de transformador.

Esta actualización y ampliación, se realiza ya que la instalación actual no es capaz de suministrar los niveles de energía demandados y es necesario una ampliación y actualización de la misma. Esto permite reforzar el suministro en alta tensión y la evacuación de la energía de las líneas procedentes del parque fotovoltaico. Además, hacer frente al incremento de nuevas empresas en el polígono de la localidad y sus alrededores.

El siguiente proyecto estará formado por una serie de documentos básicos. La memoria, que sirve de nexo entre lo expuesto en los anexos y lo que estará redactado en ella y junto al pliego de condiciones y los planos que tienen como misión representar gráficamente, describirá de manera unívoca el objeto del proyecto. Además, dentro de la misma, encontramos el anexo de cálculos y el anexo de estudio básico de seguridad y salud, los cuales justifican o aclaran apartados específicos de la memoria.

A continuación de la memoria y los planos, seguirá el pliego de condiciones. Este tiene como misión establecer condiciones técnicas, administrativas, económicas y legales. Buscando que el objeto del proyecto pueda materializarse y se eviten posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.

Por último, se muestra el presupuesto de esta ampliación y actualización. Este se lleva a cabo realizando una división por capítulos de los elementos por posiciones. Con esto se obtiene el presupuesto de ejecución material que será el coste de realización del proyecto y es la suma de estos capítulos. A este se le sumarán gastos generales y beneficio industrial, lo que dará lugar al presupuesto de ejecución por contrata que será el precio por el cual el contratista se adjudica la ejecución de la obra.



## ÍNDICE DOCUMENTOS BÁSICOS

DOCUMENTO BÁSICO I.....MEMORIA

- ANEXO I.....CÁLCULOS
- ANEXO II.....ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO BÁSICO II.....PLANOS

DOCUMENTO BÁSICO III.....PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO BÁSICO IV.....PRESUPUESTO

# Memoria

## AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

Onofrio Luisi Ciccarrone

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021



# ÍNDICE GENERAL

<b>MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>1</b>
1.ANTECEDENTES .....	1
2.OBJETO.....	1
3.PETICIONARIO .....	2
4.NORMATIVA.....	2
5.MEMORIA.....	4
5.1 EMPLAZAMIENTO .....	4
5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA .....	4
5.2.1 DATOS BÁSICOS DE DISEÑO.....	7
5.3 SISTEMAS.....	7
5.3.1 SISTEMA DE 132 kV INTEMPERIE .....	7
5.3.1.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA .....	8
5.3.1.2 AUTOVÁLVULAS .....	9
5.3.1.3 MODULOS HÍBRIDOS COMPACTOS.....	10
5.3.1.4 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD .....	11
5.3.1.5 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	13
5.3.2 SISTEMA DE 45 kV INTEMPERIE .....	15
5.3.2.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	15
5.3.2.2 AUTOVÁLVULAS .....	16
5.3.3 SISTEMA DE 45 kV INTERIOR.....	17
5.3.3.1 CELDAS .....	17
5.3.3.2 MEDIDA Y PROTECCIÓN DE LAS CELDAS .....	18
5.3.4 SISTEMA DE 15 kV INTEMPERIE .....	19
5.3.4.1 AUTOVÁLVULAS .....	19
5.3.5 SISTEMA DE 15 kV INTERIOR.....	20
5.3.5.1 CELDAS .....	20
5.3.5.2 MEDIDA Y PROTECCIÓN DE LAS CELDAS .....	21
5.3.6 SISTEMAS AUXILIARES .....	22
5.3.7 BATERÍAS DE CONDENSADORES .....	22
6. RED DE TIERRAS.....	23
6.1 RED DE TIERRAS INFERIORES.....	23
6.2 RED DE TIERRAS SUPERIORES .....	24
7. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS .....	24

8. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD .....	24
9. RESUMEN PRESUPUESTO .....	27
10. CONCLUSIÓN .....	28
<b>ANEXO DE CÁLCULOS. ....</b>	<b>28</b>
1. CÁLCULO PARA LAS INTESIDADES NOMINALES .....	28
1.1 PARA LAS LÍNEAS DE 132 kV: .....	28
1.2 PARA LAS LÍNEAS DE 45 kV: .....	29
1.3 PARA LAS LÍNEAS DE 15 kV: .....	29
1.4 INTENSIDAD NOMINAL EN TRANSFORMADORES DE 132/45 kV: .....	30
1.4.1 INTENSIDAD EN EL PRIMARIO: .....	30
1.4.2 INTENSIDAD EN EL SECUNDARIO: .....	30
1.5 INTENSIDAD NOMINAL EN TRANSFORMADORES DE 45/15 kV: .....	31
1.5.1 INTENSIDAD EN EL PRIMARIO: .....	31
1.5.2 INTENSIDAD EN EL SECUNDARIO: .....	31
1.6 RESUMEN INTENSIDADES .....	32
2. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO .....	33
2.1 VALORES DEL SISTEMA BASE .....	34
2.2 VALORES DE LAS REACTANCIAS POR POSICIÓN EN POR UNIDAD .....	34
2.2.1 REACTANCIAS DE LAS LÍNEAS .....	34
2.2.2 REACTANCIAS DE LOS TRANSFORMADORES .....	35
3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO .....	37
3.1 CÁLCULO EN PUNTO 1 .....	37
3.2 CÁLCULO EN PUNTO 3 .....	39
3.3 TABLA RESUMEN VALORES DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO. ....	41
4. CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS AUTOVÁLVULAS. ....	42
4.1 PARA EL CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS EN 132 kV: .....	43
4.1.1 LÍNEA DE FUGA: .....	43
4.1.2 TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO: .....	44
4.1.3 SOBRETENSIÓN TEMPORAL .....	44
4.1.4 TENSIÓN NOMINAL ASIGNADA: .....	45
4.2 PARA EL CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS EN 45kV: .....	47
4.2.1 LÍNEA DE FUGA: .....	47
4.2.2 TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO: .....	47
4.2.3 SOBRETENSIÓN TEMPORAL: .....	48
4.2.4 TENSIÓN NOMINAL ASIGNADA: .....	49
4.3 PARA EL CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS EN 15 kV: .....	51
4.3.1 LÍNEA DE FUGA: .....	51

4.3.2 Tensión de funcionamiento continuo: .....	51
4.3.3 Sobretenación temporal: .....	52
4.3.4 Tensión nominal asignada: .....	53
5. Cálculo para la puesta a tierra. ....	55
5.1 Cálculo de la longitud de los conductores y la resistencia de malla.....	56
5.2 Cálculo de las tensiones de paso y tensiones de contacto .....	59
5.2.1 Según Reglamento (ITC-RAT 13):.....	59
5.2.2 Según Norma IEEE-80 (tensiones de contacto y paso de diseño):.....	61
5.2.2.1 Tensión de contacto: .....	61
5.2.2.2 Tensión de paso: .....	64
5.3 Cálculo puesta a tierra en baja tensión .....	66
6. Selección de los transformadores de tensión e intensidad. ..	67
6.1 Selección de equipos de medida y protección por posiciones: .....	67
6.1.1 Nivel de 132 KV .....	67
6.1.1.1 Funciones a aplicar por posición. ....	69
6.1.2 Nivel de 45 KV.....	69
6.1.3 Nivel de 15 KV.....	70
6.1.4 Selección de contador: .....	70
6.2 Transformadores de tensión.....	71
6.2.1 Nivel de 132: .....	72
6.2.2 Tabla resumen elección transformadores de tensión ..	75
6.3 Transformadores de intensidad .....	76
6.3.1 Secundario de medida.....	76
6.3.1.1 Pérdida de carga: .....	77
6.3.1.2 Tabla resumen secundarios de medida .....	78
6.3.2 Secundarios de protección.....	78
6.3.2.1 Pérdida de carga: .....	78
6.3.2.2 Cálculo de ALF .....	79
6.3.2.3 Tabla resumen secundarios de medida. ....	81
7. Cálculo de la altura de las puntas Franklin con el método de las esferas rodantes. ....	81
7.1 Altura mínima de la punta Franklin. ....	82
7.2 Cálculo esfera rodante .....	83
<b>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....</b>	<b>82</b>
1. Objeto.....	82

2. ALCANCE .....	82
3. NORMATIVA.....	83
4.DATOS GENERALES .....	84
4.1 PROPÓSITO Y APLICACIÓN .....	84
4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS .....	84
4.3 SITUACIÓN Y PROPIEDAD .....	84
4.4 PRINCIPALES TRABAJOS .....	85
4.5 PLAZO DE EJECUCIÓN.....	86
4.6 NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTO .....	86
4.7 OFICIOS .....	86
4.8 MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES .....	87
4.9 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES .....	88
4.9.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES .....	88
4.9.2 PROTECCIONES PERSONALES.....	89
4.9.3 PROTECCIONES COLECTIVAS .....	89
4.10 EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	90
4.11 RIESGOS GENERALES OBRA CIVIL .....	90
4.12 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	91
4.12.1 PROTECCIONES COLECTIVAS .....	92
4.12.2 PROTECCIONES PERSONALES.....	92
4.13 REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD .....	94
5. MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA RIESGOS ELÉCTRICOS EN MANIOBRAS ELÉCTRICAS.....	95
5.1 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD.....	95
5.2 INSTRUCCIONES BÁSICAS PARA MANIOBRAS .....	95
6 MEDIOS AUXILIARES .....	96
6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MEDIOS AUXILIARES .....	96
6.2 CHARLA DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS PARA PERSONAL DE INGRESO EN OBRA .....	97
6.3 CHARLAS SOBRE RIESGOS ESPECÍFICOS.....	97
6.4 REUNIONES DE SEGURIDAD.....	98
7 MEDICINA ASISTENCIAL.....	98
7.1 PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA .....	98
7.1.1 BOTIQUÍN:.....	98
7.1.2 MEDICINA PREVENTIVA: .....	99
7.1.3 EMERGENCIAS:.....	100
7.1.4 CONTROL MÉDICO.....	100

# Memoria Descriptiva

## AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/e

Onofrio Luisi Ciccarrone

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021

## MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.ANTECEDENTES

Con fecha 16 de junio de 2020 se llevó a cabo un acuerdo con ENDESA S.A. por el cual se acordaba la ampliación de la Subestación Eléctrica de Daroca desde los niveles de 45/15 kV a niveles de 132/45/15 kV.

Esto permite reforzar el suministro en alta tensión de acuerdo al nuevo trazado y la evacuación de la energía producida en un futuro parque fotovoltaico en el término municipal de Daroca y al incremento de demanda debido a nuevas empresas y PYMES que se instalarán en el polígono industrial de Daroca.

La instalación actual no es capaz de suministrar los niveles de energía demandados y es necesario una ampliación y actualización de la misma. Con esto se justifica la necesidad de una renovación de la SET de Daroca con la que se conseguirá un buen servicio a los clientes y la capacidad de suministrar la energía demandada.

Esta ampliación contribuye a aumentar la importancia de las energías renovables en la planificación energética del término municipal de Daroca, teniendo en cuenta todas las directivas y objetivos que se han establecido.

### 2.OBJETO

El presente proyecto tiene por objeto exponer ante los Organismos Competentes que la instalación cumple con las condiciones y garantías mínimas establecidas por los reglamentos actuales. Este busca solicitar y obtener autorización y aprobación administrativa. Así como la solicitud de todas las autorizaciones y permisos que sean necesarios para la aprobación de esta. Para ello se presenta este proyecto en el que se incluye:

- La descripción y justificación de cálculos y aparamenta utilizada en la Subestación Eléctrica de Daroca 132/45/15 kV de 72,6 MVA de potencia de transformación.

- Planos de localización, distribución y funcionamiento.
- Presupuesto de instalaciones instaladas para la ampliación y renovación de esta.

### 3.PETICIONARIO

El siguiente proyecto y estudio del mismo ha sido realizado por ENDESA S.A. colaborando con el alumno ONOFRIO LUISI CICCARRONE en colaboración con la ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.

### 4.NORMATIVA

La legislación y normas aplicables en el proyecto serán las indicadas a continuación y se considerará en su última edición con sus respectivas modificaciones y enmiendas que les afecten.

Por tanto:

- Reglamento de Alta Tensión. Real Decreto 337/2014, de 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.
- Reglamento Electrotécnico de Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Real Decreto 223/2008, de 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51, publicado en BOE número 224 de 18 de septiembre de 2002.
- SRZ001. Especificaciones Técnicas Particulares Endesa Distribución Eléctrica DOC. Subestaciones AT/MT.
- Normalización Nacional (Normas UNE).

- Recomendaciones UNESA.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, publicada en BOE número 310, de 27 de diciembre de 2013.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, publicado en BOE número 310 de 27 de diciembre de 2000.
- UNE-EN 60694. Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- UNE-EN 61869. Transformadores de medida.
- UNE-EN 60099. Pararrayos
- Norma SDZ001.DOC de Endesa "Criterios de diseño del sistema de puesta a tierra en subestaciones de AT/MT del tipo exterior" de enero de 2000, la cual se basa en la IEEE-80.
- Especificación Técnica GE SND010 de Endesa del 1 de junio de 1999 sobre baterías de condensadores.
- Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo, por el que se establecen normas sobre las condiciones de los suministros de energía eléctrica y la calidad de este servicio, publicado en BOE número 135 de 6 de junio de 1986.
- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional, publicada en BOE número 313 de 31 de diciembre de 1994.



## 5.1 EMPLAZAMIENTO

La Subestación Eléctrica de Daroca 132/45/15 kV estará ubicada en el término municipal de Daroca, provincia de Zaragoza, en el campo de Daroca. Localidad situada a 84 km de la capital aragonesa.

La subestación abarcará aproximadamente 3.477 m<sup>2</sup>.

Sus coordenadas son:

41°6'47.48" N, 1°25'1.03" W.

## 5.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

La Subestación Eléctrica de Daroca abarcará aproximadamente 3.477 m<sup>2</sup> y consta de un parque de intemperie de 132 kV y un edificio que albergará las celdas de 72 kV (nivel de 45 kV) y las celdas de media tensión de 24 kV (nivel de 15 kV), además de los elementos de protección.

La Subestación Eléctrica de Daroca consta de dos líneas de alimentación en el nivel de 132 kV, estas serán LÍNEA CALAMOCHA y LÍNEA CARIÑENA. Estas líneas se plantean con aparamenta híbrida tanto en las posiciones de línea como en las posiciones de transformador. A través de dos transformadores de potencia de 30 MVA cada uno, se reducirá la tensión a 45 kV. Los niveles de 132 kV y 45 kV estarán unidos mediante simple embarrado.

A la salida de estos transformadores de 132/45 kV mediante canaletas se realizará la conexión a las celdas de SF6 ubicadas en el interior del edificio. En este nivel se realiza

## *SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA*

### *MEMORIA*

una modernización de la aparamenta ya que inicialmente el nivel de 45 kV era de intemperie y tras la actualización pasa a interior mediante celdas de SF6.

Estas celdas tendrán un doble embarrado y estarán formadas por siete de ellas: cuatro posiciones de transformador, dos de líneas procedentes de las plantas fotovoltaicas y una de medida. Dos de ellas que son las posiciones de los transformadores, se conectarán a las celdas en el nivel de 15 kV mediante otros dos transformadores de potencia 6,3 MVA cada uno, reduciendo la tensión de 45 kV a 15 kV.

En el mismo edificio se alojan las celdas del nivel de SF6 de 15 kV (24 kV). Estas serán de simple embarrado y estarán formadas por quince de ellas: una de servicios auxiliares, dos de medida, ocho posiciones de línea que alimentan al polígono y algunas de ellas de reserva, una de acoplamiento longitudinal de barra, dos posiciones para transformadores y una para batería de condensadores.

Una de las celdas de 15 kV será la de las baterías de condensadores con el que se mejora y corrige el factor de potencia de la energía suministrada por la subestación.

El edificio de control ubicado en el edificio de interior, albergará los equipos destinados a protección, medida y control.

La Subestación Eléctrica de Daroca estará formada por:

- *SISTEMA DE 132 kV EN INTEMPERIE*
  - ❖ Dos (2) transformadores de potencia de 30 MVA cada uno 132/45 kV.
  - ❖ Cuatro (4) módulos de aparamenta híbrida para posiciones de línea y de transformador.
  - ❖ Doce (12) autoválvulas de protección de línea y de transformador.
  - ❖ Un (1) embarrado para líneas de 132 kV.
  - ❖ Un (1) juego de transformadores de tensión para barras de 132 kV.
  
- *SISTEMA DE 45 kV EN INTERIOR*

Estará formado por un conjunto de celdas aisladas en SF6.

- ❖ Dos (2) celdas de protección para transformadores de potencia de 132/45 kV en lado de 45 kV.
- ❖ Dos (2) celdas de protección para transformadores de potencia de 45/15 kV en lado de 45 kV.
- ❖ Una (1) celda de medida de embarrado con transformadores de tensión.
- ❖ Dos (2) celdas de línea del parque fotovoltaico.
- ❖ Un (1) juego de transformadores de tensión para barras de 132 kV.
- ❖ Juego de transformadores de intensidad y tensión equipados ya en las celdas de SF6.

- *SISTEMA DE 45 kV EN INTEMPERIE*

- ❖ Dos (2) transformadores de potencia de 6,3 MVA cada uno 45/15 kV.
- ❖ Seis (6) autoválvulas de protección de transformador.

- *SISTEMA DE 15 kV EN INTERIOR*

Estará formado por un conjunto de celdas aisladas en SF6.

- ❖ Dos (2) celdas de protección para transformadores de potencia de 45/15 kV en lado de 15 kV.
- ❖ Dos (2) celdas de medida de embarrado con transformadores de tensión.
- ❖ Ocho (8) celdas de línea:
  - Línea Centro Penitenciario.
  - Línea Circunvalación Sur.
  - Línea Campo Romanos.
  - Línea Circunvalación Norte.
  - Línea Polígono Industrial.
  - Línea Reserva 1.
  - Línea Reserva 2.
  - Línea Reserva 3.
- ❖ Una (1) celda de acoplamiento longitudinal.
- ❖ Una (1) celda para baterías de condensadores.
- ❖ Una (1) celda para servicios auxiliares equipada con transformador de 15/0,420 kV.

- ❖ Juego de transformadores de intensidad y tensión equipados ya en las celdas de SF6.

### 5.2.1 DATOS BÁSICOS DE DISEÑO

La aparamenta a instalar cumple con los siguientes valores mínimos para cada uno de los niveles de tensión aplicables en la instalación:

Valor de:	132 kV	45 kV	15 kV
Tensión nominal (kV)	132	45	15
Tensión más elevada del material (kV)	145	52	17,5
Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	650	250	95
Tensión de ensayo a frecuencia industrial (kV)	275	95	38

Tabla 1. Datos básicos de diseño

## 5.3 SISTEMAS

### 5.3.1 SISTEMA DE 132 kV INTEMPERIE

El sistema en el nivel de 132 kV está compuesto por elementos localizados en el parque exterior.

Los elementos principales que constituyen este sistema son los transformadores de potencia, autoválvulas y los módulos híbridos.

La selección de estos elementos se realiza conforme a las características propias de la instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormalmente extremas.

La disposición espacial de la aparamenta se realizará de acuerdo a la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje y mantenimiento.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

#### 5.3.1.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

La Subestación de Daroca estará formada como se ha mencionado anteriormente por dos transformadores de potencia en el nivel de 132 kV, cada uno de ellos de 30 MVA y serán en baño de aceite.

Las características de estos serán:

- Potencia nominal .....30 MVA ONAN / ONAF
- N.º de unidades ..... 2
- Tipo ..... Trifásico en baño de aceite mineral
- Tensión primaria en vacío ..... 132.000 V
- Tensión secundaria en vacío ..... 45.000 V
- Servicio ..... Continuo
- Instalación ..... Intemperie
- Grupo de conexión ..... YNy11
- Tensión de cortocircuito ..... 12 %
- Frecuencia ..... 50 Hz
- Temperatura ambiente (Máx / mín) ..... 40°C / -25°C

El transformador de potencia poseerá las siguientes características constructivas:

- Tapa de acero que está reforzada con perfiles y será resistente a la sobrepresión interna de 350 milibares.
- Radiadores galvanizados adosados a la cuba.
- Arrollamientos de cobre electrolítico de alta conductividad, independientes y aislados entre sí.
- Circuito magnético constituido por tres columnas y culatas en estrella, formadas por láminas de acero al silicio, laminadas en frío, de grano orientado.
- Circuito magnético puesto a tierra mediante conexiones de cobre, a través de la cuba.

El transformador deberá incorporar al menos los siguientes elementos:

- Depósito de expansión de transformador.
- Depósito de expansión de cambiador de tomas.
- Desecadores de aire.
- Válvula de sobrepresión.
- Relé Buchholz.
- Relé Buchholz de cambiador de tomas.
- Dispositivo de recogida de gases.
- Termómetro.
- Termostato.
- Cambiador de tomas en primario en carga de 21 escalones.
- Placas de toma de tierra bimetálicas.
- Ruedas orientables en las dos direcciones principales.
- Soporte para apoyo de gatos hidráulicos.
- Elementos de elevación, arrastre, desencubado y fijación para el transporte.
- Sonda de medida de temperatura tipo PT-100.
- Caja de conexiones.
- Placa de características de acero inoxidable.

### 5.3.1.2 AUTOVÁLVULAS

Las autoválvulas protegerán la instalación de posibles averías ocasionadas por sobretensiones originadas en la red de tipo atmosférico. En este nivel se colocarán para proteger las posiciones de línea y los transformadores.

En este nivel de 132 kV se instalarán 12 autoválvulas de la marca ABB cuyos cálculos para su elección se encuentra en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

Las características de estas son:

- Tipo..... Óxido de Zinc
- N.º de unidades .....12
- Tensión máxima de servicio (Um) ..... 145 kV
- Tensión nominal (Ur) ..... 132 kV

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

- Clase de descarga ..... SL
- Línea de fuga mínima ..... 25 mm/kV
- Intensidad nominal de descarga cresta ..... 10 kA
- Servicio ..... Intemperie
- Accionamiento.....Electromecánico, tensado de resortes

#### 5.3.1.3 MODULOS HÍBRIDOS COMPACTOS

Estos equipos compactos engloban todas las funciones en una. Los módulos híbridos disponen de las funciones de interruptores, seccionadores, puestas a tierra y equipos de medición.

Estos módulos combinan aislamiento en SF6 con componentes aislados en aire. Permiten diseños optimizados en subestaciones como alternativas a los diseños convencionales.

Entre las ventajas de estos equipos destaca la de un ahorro importante de espacio, hasta un 400%. Además, permiten un mantenimiento más rápido y de mayores periodos de tiempo. Cuenta con una mayor exposición de los elementos a fenómenos medioambientales adversos.

Gracias al reducido número de componentes individuales, los requisitos de obra civil de las subestaciones, como la cimentación, número de estructuras soporte, interconexiones del cableado y las conexiones de alta tensión, se simplifican. Los trabajos de instalación se limitan a sólo uno o dos días por posición y, a menudo, se pueden ejecutar sin la supervisión de especialistas.

Las características de estos módulos son:

- Tipo .....Híbrido con cámara giratoria
- N.º de unidades ..... 4
- Instalación ..... Intemperie
- Servicio ..... Continuo
- Aislamiento interno y fluido extintor ..... SF6
- Intensidad nominal ..... 2500 A
- Temperatura ambiente (Max / min.) ..... 40°C / -25°C

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

- Tensión de servicio ..... 132 kV
- Tensión más elevada para el material ..... 145 kV
- Frecuencia ..... 50 Hz
- Poder de corte asignado en cortocircuito.....40 kA

#### 5.3.1.4 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Los transformadores de intensidad son elementos que irán incorporados en el módulo híbrido y tienen como función la de adaptar los valores de intensidad que circulan por la instalación a niveles que sean suficientemente bajos para poder ser usados en los relés de protección y por aparatos de medida.

Estos se conectan en serie con el primario del circuito que se requiere controlar y el secundario en serie con las bobinas de corriente de medición y de protección.

Se instalará un transformador de intensidad por fase en las posiciones de transformador, línea y barras.

Los cálculos para la selección de estos se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

En este apartado se recoge un resumen de los modelos escogidos:

En las posiciones de barras y líneas tenemos un transformador de intensidad en cada fase y están formados por dos primarios y seis secundarios (dos de medida, cuatro de protección).

Sus características son:

- Servicio ..... Intemperie
- N.º de unidades ..... 6
- Tensión de servicio ..... 132 kV
- Tensión más elevada para el material ..... 145 kV
- Aislamiento..... Papel aceite
- Relación de transformación ..... 300-600 / 5-5-5-5 A



- Secundario 1
  - ❖ Potencia nominal ..... 10 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,2s
- Secundario 2
  - ❖ Potencia nominal ..... 10 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,2s
- Secundario 3
  - ❖ Potencia nominal ..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 5P20
- Secundario 4
  - ❖ Potencia nominal ..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 5P20
- Secundario 5
  - ❖ Potencia nominal ..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 5P20
- Secundario 6
  - ❖ Potencia nominal ..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 5P20
- Niveles de aislamiento:
  - ❖ Tensión a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) ..... 275 kV
  - ❖ Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s) .... 650 kV

En las posiciones de transformadores tenemos un transformador de intensidad en cada fase y están formados por dos primarios y dos secundarios (dos de medida, dos de protección).

Sus características son:

- Servicio ..... Intemperie
- N.º de unidades ..... 6
- Tensión de servicio ..... 132 kV
- Tensión más elevada para el material ..... 145 kV
- Aislamiento..... Papel aceite
- Relación de transformación ..... 300-600/5-5-5-5 A

- Secundario 1
  - ❖ Potencia nominal ..... 10 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,2s
- Secundario 2
  - ❖ Potencia nominal ..... 10 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,2s
- Secundario 3
  - ❖ Potencia nominal ..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 5P20
- Secundario 4
  - ❖ Potencia nominal ..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 5P20
- Niveles de aislamiento:
  - ❖ Tensión a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) ..... 275 kV
  - ❖ Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50  $\mu$ s) ..... 650 kV

#### 5.3.1.5 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Los transformadores de intensidad son elementos que irán incorporados en el módulo híbrido y tienen como función de adaptar los valores de tensión que circulan por la instalación a niveles que sean suficientemente bajos para poder ser usados en los relés de protección y por aparatos de medida.

Estos se conectan en paralelo con el primario del circuito que se requiere controlar y el secundario en paralelo con las bobinas de corriente de medición y de protección.

Se instalará un transformador de tensión por fase en las posiciones de transformador, línea y barras.

Los cálculos para la selección de estos se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

En este apartado se recoge un resumen de los modelos escogidos:

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

En las posiciones de barras y líneas tenemos un transformador de tensión en cada fase y están formados por dos primarios y seis secundarios (dos de medida, dos de protección y dos de protección/medida).

Sus características son:

- Servicio ..... Intemperie
- Tipo..... Inductivo
- N.º de unidades ..... 6
- Tensión de servicio ..... 132 kV
- Tensión más elevada para el material ..... 145 kV
- Aislamiento..... Papel aceite
- Relación de transformación .....  $\frac{132.000}{\sqrt{3}} \frac{110}{\sqrt{3}} \frac{110}{\sqrt{3}} \frac{110}{\sqrt{3}}$
- Secundario 1
  - ❖ Potencia nominal ..... 30 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,2
- Secundario 2
  - ❖ Potencia nominal ..... 30 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,2
- Secundario 3
  - ❖ Potencia nominal ..... 30 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 3P
- Secundario 4
  - ❖ Potencia nominal ..... 30 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 3P
- Secundario 5
  - ❖ Potencia nominal ..... 30 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,5-3P
- Secundario 6
  - ❖ Potencia nominal ..... 30 VA
  - ❖ Clase de precisión ..... CI 0,5-3P
- Niveles de aislamiento:
  - ❖ Tensión a frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) ..... 275 kV
  - ❖ Tensión soportada a impulsos tipo rayo (1,2/50 µs) .... 650 kV

### 5.3.2 SISTEMA DE 45 kV INTEMPERIE

El sistema en el nivel de 45 kV está compuesto por elementos localizados en el parque exterior.

Los elementos principales que constituyen este sistema son los transformadores de potencia y autotransformadores.

La selección de estos elementos se realiza conforme a las características propias de la instalación, para la correcta operación tanto en condiciones normales como en situaciones de funcionamiento anormalmente extremas.

La disposición espacial de la aparamenta se realizará de acuerdo a la reglamentación vigente y a otras consideraciones prácticas con objeto de facilitar las operaciones requeridas durante el montaje y mantenimiento.

#### 5.3.2.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

La Subestación de Daroca estará formada como se ha mencionado anteriormente por dos transformadores de potencia en el nivel de 132 kV, cada uno de ellos de 6,3 MVA y serán en baño de aceite.

Las características de estos serán:

- Potencia nominal .....6,3 MVA ONAN / ONAF
- N.º de unidades ..... 2
- Tipo ..... Trifásico en baño de aceite mineral
- Tensión primaria en vacío ..... 45.000 V
- Tensión secundaria en vacío ..... 15.000 V
- Servicio ..... Continuo
- Instalación ..... Intemperie
- Grupo de conexión ..... YNd11
- Tensión de cortocircuito ..... 9 %
- Frecuencia ..... 50 Hz

- Temperatura ambiente (Máx / mín) ..... 40°C / -25°C

#### 5.3.2.2 AUTOVÁLVULAS

Las autoválvulas protegerán la instalación de posibles averías ocasionadas por sobretensiones originadas en la red de tipo atmosférico. En este nivel se colocarán para proteger las posiciones de transformador.

En este nivel de 45 kV se instalarán 6 autoválvulas de la marca ABB cuyos cálculos para su elección se encuentra en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

Las características de estas son:

- Tipo ..... Óxido de Zinc
- N.º de unidades ..... 6
- Tensión máxima de servicio (Um) ..... 52 kV
- Tensión nominal (Ur) ..... 45 kV
- Clase de descarga ..... SL
- Línea de fuga mínima ..... 25 mm/kV
- Intensidad nominal de descarga cresta ..... 10 kA
- Servicio ..... Intemperie
- Accionamiento..... Electromecánico, tensado de resortes

#### 5.3.3.1 CELDAS

Este estará formado por las celdas que estarán albergadas por el edificio. Estos equipos incorporan la aparamenta de maniobra para el nivel de 45 kV en el interior de las celdas aisladas en SF6.

Estas celdas están conectadas a un doble embarrado y se compone de:

- Dos (2) de línea.
- Cuatro (4) de transformador.
- Una (1) de medida.

Las características de estas celdas serán:

- Tensión de servicio ..... 45 kV
- Tensión nominal de aislamiento..... 72 kV
- Nivel de aislamiento:
  - ❖ A frecuencia industrial (50 Hz) .....50 kV (eficaz)
  - ❖ A onda de choque tipo rayo .....125 kV (cresta)
- Intensidad nominal del embarrado (principal).....1250 A
- Intensidad nominal de corte..... 31,5 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito..... 63/80 kA
- Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C.....0,3 bar
- Grado de protección circuitos principales de corriente ..... IP 65
- Grado de protección frontal de operación..... IP 30

Para la protección y medida estas celdas albergarán los transformadores de tensión y de intensidad.

La relación de transformación para los transformadores de intensidad será de 200-400/5-5-5-5-5 A. Los cálculos de estos se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS. Estos estarán formados por dos secundarios de medida y cuatro de protección:

- Dos secundarios de medida
  - ❖ Potencia nominal..... 5 VA
  - ❖ Clase de precisión.....0,5
- Cuatro secundarios de protección
  - ❖ Potencia nominal..... 15 VA
  - ❖ Clase de precisión.....5P20

Además, las celdas de las líneas de las plantas fotovoltaicas albergan unos transformadores de tensión con cuatro devanados secundarios, dos de medida y dos de protección, sus características son:

- Dos secundarios de medida
  - ❖ Potencia nominal..... 25 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 0,2
- Dos secundarios de protección
  - ❖ Potencia nominal..... 25 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 3P

La celda de medida alberga transformadores de tensión con cuatro devanados secundarios, dos de medida y dos de protección, sus características son:

- Dos secundarios de medida
  - ❖ Potencia nominal..... 25 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 0,2
- Dos secundarios de protección

- ❖ Potencia nominal..... 25 VA
- ❖ Clase de precisión.....cl 3P

Los cálculos de todos ellos se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

#### 5.3.4 SISTEMA DE 15 kV INTEMPERIE

El sistema en el nivel de 15 kV está compuesto por elementos localizados en el parque exterior.

Los elementos que constituyen este sistema son las autoválvulas.

##### 5.3.4.1 AUTOVÁLVULAS

Las autoválvulas protegerán la instalación de posibles averías ocasionadas por sobretensiones originadas en la red de tipo atmosférico. En este nivel se colocarán para proteger las de los transformadores.

En este nivel de 15 kV se instalarán 6 autoválvulas de la marca SIEMENS cuyos cálculos para su elección se encuentra en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

Las características de estas son:

- Tipo ..... Óxido de Zinc
- Nº de unidades .....6
- Tensión máxima de servicio ( $U_m$ ) ..... 24 kV
- Tensión nominal ( $U_r$ ) ..... 27 kV
- Clase de descarga ..... DH
- Línea de fuga mínima ..... 25 mm/kV
- Intensidad nominal de descarga cresta ..... 10 kA
- Servicio ..... Intemperie
- Accionamiento.....Electromecánico, tensado de resortes



### 5.3.5 SISTEMA DE 15 kV INTERIOR

#### 5.3.5.1 CELDAS

Este estará formado por las celdas que estarán albergadas por el edificio. Estos equipos incorporan la aparamenta de maniobra para el nivel de 15 kV en el interior de las celdas aisladas en SF6.

Estas celdas están conectadas a un simple embarrado y se compone de:

- Ocho (8) de línea.
- Dos (2) de transformador.
- Dos (2) de medida.
- Una (1) de acoplamiento longitudinal.
- Una (1) de servicios auxiliares.
- Una (1) de baterías de condensadores.

Las características de estas celdas serán:

- Tensión de servicio ..... 15 kV
- Tensión nominal de aislamiento..... 24 kV
- Nivel de aislamiento:
  - ❖ A frecuencia industrial (50 Hz) .....50 kV (eficaz)
  - ❖ A onda de choque tipo rayo .....125 kV (cresta)
- Intensidad nominal del embarrado (principal).....1250 A
- Intensidad nominal de corte..... 25 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito..... 63/80 kA
- Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C.....0,3 bar
- Grado de protección circuitos principales de corriente ..... IP 65
- Grado de protección frontal de operación..... IP 30

Para la protección y medida estas celdas albergarán los transformadores de tensión y de intensidad.

La relación de transformación para los transformadores de intensidad será de 200-400/5-5-5 A. Los cálculos de estos se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS. Estos estarán formados por un secundario de medida y dos de protección:

- Un secundario de medida
  - ❖ Potencia nominal..... 10 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 0,5
- Dos secundarios de protección
  - ❖ Potencia nominal..... 10 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 5P15

Las dos celdas de medida albergan transformadores de tensión con tres devanados secundarios, uno de medida y dos de protección, sus características son:

- Un secundario de medida
  - ❖ Potencia nominal..... 25 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 0,2
- Dos secundarios de protección
  - ❖ Potencia nominal..... 25 VA
  - ❖ Clase de precisión.....cl 3P

Los cálculos de todos ellos se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

Este sistema estará formado por los siguientes servicios:

- Un ventilador de adecuada potencia.
- Alumbrado interior compuesto por 20 lámparas led de 8 W cada una.
- Alumbrado exterior compuesto por 8 focos de 450 W de potencia.
- Alumbrado de emergencia interior compuesto por 14 sistemas led de 3 W cada uno.
- 10 tomas de corriente de 16 A y 230 V divididas en 4 circuitos.
- Batería de corriente continua para alimentar los relés instalados.

Estos servicios se alimentan a través de un transformador de relación 15/0,420 kV de 25 kVA de potencia ubicado en una de las celdas de media tensión. EL tipo de conexión en media tensión será en triángulo y en la posición de baja tensión será con neutro puesto a tierra. El cálculo del neutro a tierra en baja tensión (picas en hilera) se recoge en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

#### **5.3.7 BATERÍAS DE CONDENSADORES**

Estas tienen su propia celda. Son las encargadas de mejorar y corregir el factor de potencia de la energía suministrada por parte de la instalación.

Siguiendo las especificaciones técnicas de ENDESA nuestra batería de condensadores será de 3 MVar y estará formada por 12 condensadores cuyo esquema de conexión será en doble estrella. La potencia asignada del condensador será de 333 kVar.

Esta celda contiene un interruptor automático y un seccionador de puesta a tierra junto a un transformador de intensidad que serán los encargados de protegerlas.

## 6. RED DE TIERRAS

Los cálculos para la realización de la puesta a tierra se recogen en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

Así pues, distinguimos:

### 6.1 RED DE TIERRAS INFERIORES

Con el fin de conseguir niveles admisibles de las tensiones de paso y contacto, la Subestación está dotada de una malla de tierras inferiores formada por cable de cobre de 95 mm<sup>2</sup> de sección, enterrada en el terreno a 80 cm de profundidad, formando una malla de dimensiones máximas de 57 x 61 m (rejilla de 3x3 m). En esta medida de la superficie de la malla se tiene en cuenta que la malla sobresale un metro la valla principal.

Los cruces de los conductores de tierra y las derivaciones de las tomas de tierra con la malla de tierras, se realizan mediante soldaduras aluminotérmicas.

Se preverán tomas de tierra para todos los bastidores y demás elementos metálicos de la subestación, así como las tomas de tierra para unión con el mallazo del edificio de control.

El neutro de baja tensión se conectará a tierra mediante picas cuya separación será 1,5 veces su longitud. Esta puesta a tierra en baja tensión se distribuye fuera del alcance de la malla de alta tensión, a 20 metros de esta, debido a que, si se produce un cortocircuito en la malla de alta tensión, puede ocasionarse una sobretensión en el nivel de baja dañando la aparamenta de esta. Esta sobretensión genera un diferencial de potencial entre la malla de alta tensión y la puesta a tierra de baja la cual no puede ser superior a 50 V según especificaciones. Por tanto, alejarla 20 metros hace posible impedir sobretensiones entre la malla en el nivel de alta tensión y la red de baja tensión. El cálculo de la puesta a tierra en baja tensión por medio de picas en hilera se recoge en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

*SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA*  
*MEMORIA*  
**6.2 RED DE TIERRAS SUPERIORES**

Para la protección frente a descargas atmosféricas se instalarán pararrayos con punta Franklin, éstos estarán conectados a la malla.

Estos se han elegido mediante un cálculo aproximado de las esferas rodantes que se recoge en el documento básico de ANEXO DE CÁLCULOS.

## **7. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS**

En el interior del edificio se instalan zanjas de conducción de cables subterráneas, con tapa de chapa metálica, para conexión entre aparatos de campo y cuadros de mando, medida, protección, control y comunicaciones instalados en el interior del edificio.

En intemperie, esto se realizará empleando cables que discurren por el interior de canales prefabricados de hormigón.

## **8. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD**

En este apartado se recogen las distancias mínimas que se deberán cumplir en la instalación de la Subestación Eléctrica de Daroca. Estas distancias vienen marcadas en las instrucciones técnicas complementarias de:

- Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.
- Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

Según Reglamento de Alta Tensión:

<i>ITC</i>	<i>Distancias</i>	<i>Valor mínimo en metros</i>
<i>ITC-RAT 12 Tabla 2</i>	<i>Distancia mínima entre fases en aire.</i>	- 1,3 metros en niveles de 132 kV. - 0,48 metros en niveles de 45 kV. - 0,48 metros en niveles de 15 kV.
<i>ITC-RAT 14 punto 4.1.3</i>	<i>Entre elementos en tensión para 132 kV.</i>	- 1,4 metros.
<i>ITC-RAT 14</i>	<i>Todo elemento en tensión no protegido.</i>	- 3,8 metros en niveles de 132 kV. - 2,98 metros en niveles de 45 kV.
<i>ITC-RAT 14 punto 4.1.4</i>	<i>Pasillos libres de obstáculos.</i>	- 2,5 metros de altura.
<i>ITC-RAT 14 punto 4.1.5</i>	<i>Todo elemento aislante.</i>	- Si se encuentra por debajo de 2,3 metros se requiere sistema de protección.
<i>ITC-RAT 14 punto 5.1.2</i>	<i>Embarrados y elementos aislantes.</i>	- Si se encuentran a una altura inferior a 5 metros colocar elementos aislantes.
<i>ITC-RAT 14 punto 5.2.2</i>	<i>Partes de elementos del transformador como cubas, interruptores etc.</i>	- 3 metros del suelo.

Tabla 2. Valores mínimos de distancias según RAT

Según Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión:

<i>ITC</i>	<i>Distancias</i>	<i>Valor mínimo en metros</i>
<i>ITC-LAT 07 punto 5.2</i>	<i>Distancias de los aisladores a los elementos en tensión.</i>	<i>- 1,2 metros el aislador del pórtico.</i>
<i>ITC-LAT 07 punto 5.</i>	<i>Altura de entrada para líneas en 132 kV.</i>	<i>- <math>D_{add} + D_{el} = 5,3 + 1,2 = 6,5</math> metros.</i>

*Tabla 3. Valores mínimos de distancias según LAT.*

\*Estas distancias son según reglamento y ya están aplicadas para los valores de tensión presentes en la SET.

## 9. RESUMEN PRESUPUESTO

Con independencia de la existencia del DOCUMENTO IV, en este apartado se recoge un resumen del presupuesto según norma **UNE 157001**.

Por tanto:

<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO</b>
TRANSFORMADORES.	1.042.800 €
APARAMENTA DE 132 kV.	381.600 €
APARAMENTA DE 45 kV.	373.200 €
APARAMENTA DE 15 kV.	295.680 €
OBRA CIVIL Y EDIFICIO PARA ALBERGAR CABINAS Y EQUIPOS DE CONTROL.	445.725 €
SISTEMAS DE COMUNICACIONES.	90.000 €
SERVICIOS AUXILIARES.	17.000 €
RED DE TIERRAS.	25.000 €
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	20.000 €
CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDIDA.	97.400 €
VARIOS.	23.100 €
PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS NECESARIAS.	30.000 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M)</b>	<b>2.841.505 €</b>

GASTOS GENERALES 13%	369.395,65 €
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	170.490,3 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>3.381.390,95 €</b>

El presupuesto total asciende a **TRES MILLONES TRESCIENTOS OCHENTA Y UNO MIL TRESCIENTOS NOVENTA EUROS Y NOVENTA Y CINCO CENTÍMOS**.



## **10.CONCLUSIÓN**

Con todo lo expuesto anteriormente y junto a los planos y el pliego de condiciones se solicita la autorización a las administraciones competentes para la instalación de la Subestación Eléctrica de Daroca y su puesta en servicio.

**Zaragoza, a 10 de 01 de 2021.**

**Fdo. El Ingeniero Técnico Industrial**



**Onofrio Luisi Ciccarrone**

## Anexo de Cálculos

# AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

Onofrio Luisi Ciccarrone

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021

## 1. CÁLCULO PARA LAS INTENSIDADES NOMINALES

Para el cálculo de las intensidades nominales aplicaremos la siguiente fórmula en cada una de las posiciones interesadas:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

### 1.1 PARA LAS LÍNEAS DE 132 kV:

De la **tabla 11 de la ITC-LAT 07 punto 4.2.1** obtenemos la densidad de corriente interpolando en los valores correspondientes y eligiendo el conductor **147-ALI/34-STIA (LA-180)** y con sección conocida de 181,6 mm<sup>2</sup> su densidad interpolando será de:

**2,592 A/mm<sup>2</sup>**

Por tanto:

$$I = \text{densidad} \left( \frac{A}{\text{mm}^2} \right) \cdot \text{Sección (mm}^2) = 470,7072 A$$

Para esto es necesario tener en cuenta el coeficiente de reducción que estará en el mismo punto de la ITC nombrada anteriormente.

Para el caso del LA-180 tenemos  $\left\{ \begin{matrix} 30 \text{ aluminio} \\ 7 \text{ acero} \end{matrix} \right.$  por tanto para 30+7 tendremos un coeficiente de reducción de **0,916**.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

Así pues, con el coeficiente y la intensidad calculada anteriormente, obtenemos la intensidad máxima:

$$I_{max} = 0,916 \cdot 470,7072 = 431,17 \text{ A}$$

Por tanto, esta será la intensidad nominal de la línea de 132 kV.

### 1.2 PARA LAS LÍNEAS DE 45 kV:

Para la potencia de las líneas de 45 kV se tendrá en cuenta el sumatorio de la potencia de los inversores de las líneas de FV:

$$S = 3 \cdot 6,8 \text{ MVA} = 20,4 \text{ MVA}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I = \frac{20,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 45 \cdot 10^3} = 261,73 \text{ A}$$

### 1.3 PARA LAS LÍNEAS DE 15 kV:

Para las líneas de 15 kV la intensidad nominal podría no calcularse ya que toda aparamenta disponible tendrá valores muy superiores a estos resultados ya que elegiremos aparamenta de 24 kV en esta posición.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

De la **tabla 11 de la ITC-LAT 07 punto 4.2.1** obtenemos la densidad de corriente interpolando en los valores correspondientes y eligiendo el conductor **47-AL1/8-ST1A (LA-56)** y con sección conocida de 54,6 mm<sup>2</sup> su densidad interpolando será de:

**3,8965 A/mm<sup>2</sup>**

Por tanto:

$$I = \text{densidad} \left( \frac{A}{\text{mm}^2} \right) \cdot \text{Sección} (\text{mm}^2) = 212,75 \text{ A}$$

## 1.4 INTENSIDAD NOMINAL EN TRANSFORMADORES DE 132/45 kV:

### 1.4.1 INTENSIDAD EN EL PRIMARIO:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I = \frac{30 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 131,22 \text{ A}$$

### 1.4.2 INTENSIDAD EN EL SECUNDARIO:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I = \frac{30 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 45 \cdot 10^3} = 384,90 \text{ A}$$

## 1.5 INTENSIDAD NOMINAL EN TRANSFORMADORES DE 45/15 kV:

### 1.5.1 INTENSIDAD EN EL PRIMARIO:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I = \frac{6,3 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 45 \cdot 10^3} = 80,83 \text{ A}$$

### 1.5.2 INTENSIDAD EN EL SECUNDARIO:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I = \frac{6,3 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 10^3} = 242,49 \text{ A}$$

## 1.6 RESUMEN INTENSIDADES

<b>Posición</b>	<b>Intensidad nominal (A)</b>
<i>Líneas de 132 kV</i>	<i>431,17</i>
<i>Líneas de 45 kV</i>	<i>261,73</i>
<i>Líneas de 15 kV</i>	<i>212,75</i>
<i>Intensidad en el primario de 132/45</i>	<i>131,22</i>
<i>Intensidad en el secundario de 132/45</i>	<i>384,90</i>
<i>Intensidad en el primario de 45/15</i>	<i>80,83</i>
<i>Intensidad en el secundario de 45/15</i>	<i>242,49</i>

*Tabla 4. Resumen intensidades nominales.*

## 2. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

En este punto se mostrarán los cálculos de las corrientes de cortocircuito cuyos valores serán necesarios para la elección de la aparamenta. El valor de esta corriente de cortocircuito dependerá de donde esté ubicado el cortocircuito.

Así pues, este estudio se llevará a cabo en los siguientes puntos:

- (1): entrada líneas de 132 kV. Estas serán línea Cariñena y línea Calamocha.
- (2): entrada transformadores 132/45 kV.
- (3): salida transformadores 132/45 kV.
- (4): entrada transformadores 45/15 kV y entrada líneas FV.
- (5): salida transformadores 45/15 kV.

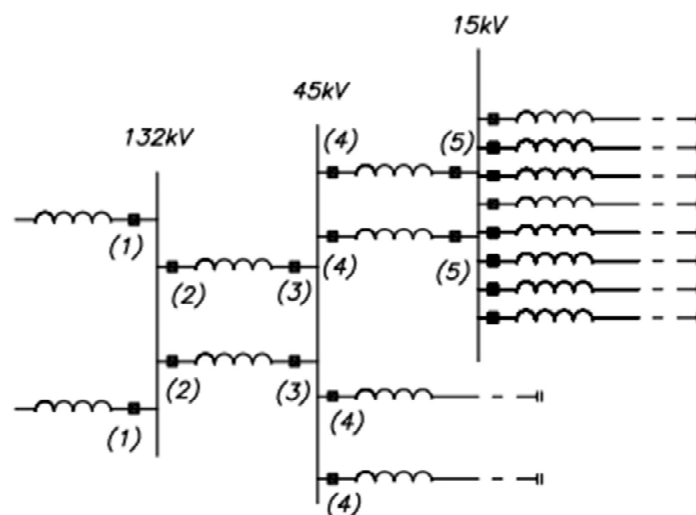


Figura 1. Esquema unifilar para el estudio de los cortocircuitos.



## 2.1 VALORES DEL SISTEMA BASE

Para simplificar el cálculo de los cortocircuitos usaremos el sistema base. Estos cálculos se llevarán a cabo mediante el uso de reactancias por unidad y valores de tensiones base y la elección de una potencia base que corresponde a la potencia de cortocircuito, que en este caso será la de las líneas de 132 kV. Por tanto, tendremos como valores base:

$$S_B = 2500 \text{ MVA}$$

$$U_B = (132 \text{ kV}; 45 \text{ kV}; 5 \text{ kV})$$

## 2.2 VALORES DE LAS REACTANCIAS POR POSICIÓN EN POR UNIDAD

### 2.2.1 REACTANCIAS DE LAS LÍNEAS

El cálculo de las reactancias de línea se llevará a cabo mediante la siguiente expresión:

$$X_{pu} (p. u) = \frac{X_{línea} (\%)}{100} \cdot \frac{S_B (MVA)}{S_{cc_{línea}} (MVA)}$$

Donde:

- $X_{pu}$  = valor de la reactancia de línea en por unidad.
- $X_{línea}$  = reactancia de red implicada en el cortocircuito es del 100%.
- $S_B$  = potencia base.
- $S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la línea.

Por tanto:

Para línea de 132 kV

Donde la potencia de cortocircuito es de 2500 MVA.

$$X_{pu\ 132kV} = \frac{X_{línea}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc_{línea}}} = \frac{100}{100} \cdot \frac{2500\ (MVA)}{2500\ (MVA)} = 1\ p.u$$

Para línea de 45 kV

Donde la potencia de cortocircuito es de 20,8 MVA (sumatorio de los inversores que se encuentran a la salida de las líneas FV).

$$X_{pu\ 45kV} = \frac{X_{línea}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc_{línea}}} = \frac{100}{100} \cdot \frac{2500\ (MVA)}{20,8\ (MVA)} = 122,55\ p.u$$

## 2.2.2 REACTANCIAS DE LOS TRANSFORMADORES

El cálculo de las reactancias de los transformadores se llevará a cabo mediante la siguiente expresión:

$$X_{pu}\ (p.u) = \frac{U_{cc}\ (\%)}{100} \cdot \frac{S_B\ (MVA)}{S_{cc_{trafo}}\ (MVA)}$$

Donde:

- $X_{pu}$  = valor de la reactancia del trafo en por unidad.
- $U_{cc}$  = tensión de cortocircuito en porcentaje y equivalente a la reactancia del transformador.
- $S_B$  = potencia base.
- $S_{cc}$  = potencia de cortocircuito del trafo.

Por tanto:

Para transformador de 132/45 Kv

Donde la potencia de cortocircuito es de 30 MVA.

$$X_{pu\ 132/45kV} = \frac{U_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc_{trafo}}} = \frac{12}{100} \cdot \frac{2500\ (MVA)}{30\ (MVA)} = 10\ p.u$$

Para línea de 45 kV

Donde la potencia de cortocircuito es de 6,3 MVA.

$$X_{pu\ 45/15kV} = \frac{U_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{cc_{trafo}}} = \frac{9}{100} \cdot \frac{2500\ (MVA)}{6,3\ (MVA)} = 35,72\ p.u$$

Por tanto, el esquema unifilar quedará tal que:

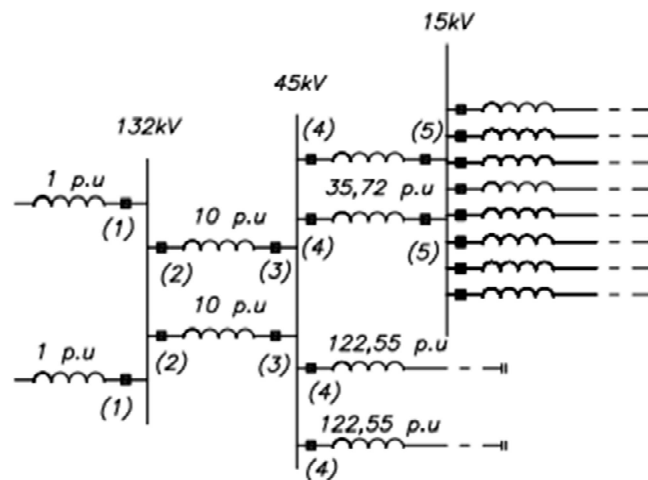


Figura 2. Esquema unifilar con valores de reactancias.

## *SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA*

### *MEMORIA*

Las de 15 kV no influyen en el cortocircuito porque no aportan energía por lo tanto quedarán representadas por un generador de tensión en circuito abierto y una reactancia cuyo valor en el caso de las de 15 kV no es necesario calcular.

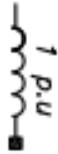
## **3. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.**

Este cálculo determinará los valores de corriente de cortocircuito en los puntos necesarios y marcados en la Figura 1.

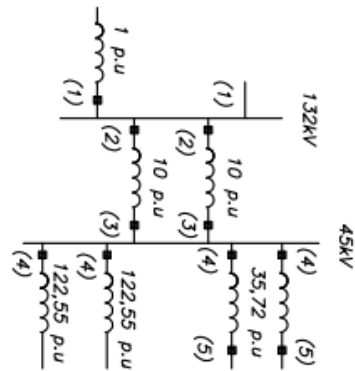
### **3.1 CÁLCULO EN PUNTO 1.**

Para realizar este cálculo primero debemos anular los generadores que sean independientes y como son de tensión esto implica cortocircuitarlos.

Primero calculamos la reactancia equivalente. Las líneas de 15 kV al no inyectar potencia como mencionado anteriormente no entrarán en este cálculo. Esta reactancia equivalente puede calcularse respondiendo a dos opciones:



Opción 1.



Opción 2.

Para la opción uno tenemos una reactancia equivalente de valor 1 por unidad, para la opción dos, la reactancia equivalente vista desde el punto 1 tiene un valor de:

$$X_{eq} = \left( \left( \frac{(61,28) \cdot (17,86)}{61,28 + 17,86} \right) + (5) \right) = 18,82$$

$$X_{eq} = \left( \frac{18,82 \cdot 1}{18,82 + 1} \right) = 0,95 \text{ p.u.}$$

La segunda opción al tener menor reactancia es la que entregará mayor energía al circuito. Por tanto, esta será la opción más desfavorable y con la que se calculará la potencia de cortocircuito en este punto y con esta la intensidad de cortocircuito.

Por tanto,

la potencia en el punto 1 será:

$$X_{eq} = \frac{S_B}{S_{cc1}}$$

$$S_{cc1} = \frac{S_B}{X_{eq}} = \frac{2500 \text{ MVA}}{0,95 \text{ p.u.}} = 2632,80 \text{ MVA}$$

Por tanto, con esta potencia de cortocircuito vamos a poder obtener el valor de intensidad de cortocircuito en el punto estudiado, en este caso el punto 1. Así pues:

$$S_{cc1} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc1}$$

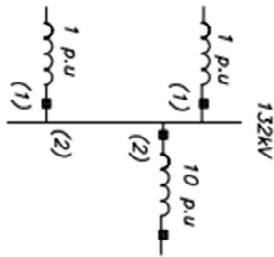
$$I_{cc1} = \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_{cc1} = \frac{2632,80 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 11515,51 \text{ A} \approx 11,52 \text{ kA}$$

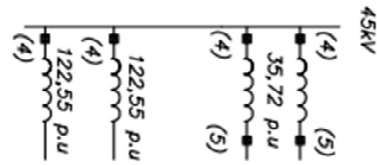
### 3.2 CÁLCULO EN PUNTO 3

Para realizar este cálculo primero debemos anular los generadores que sean independientes y como son de tensión esto implica cortocircuitarlos.

Primero calculamos la reactancia equivalente. Las líneas de 15 kV al no inyectar potencia como mencionado anteriormente no entrarán en este cálculo. Esta reactancia equivalente puede calcularse respondiendo a dos opciones:



Opción 1.



Opción 2.

Para la opción uno tenemos una reactancia equivalente de valor:

$$X_{eq} = 10 + 0,5 = 10,5 \text{ p. u.}$$

para la opción dos, la reactancia equivalente vista desde el punto 1 tiene un valor de:

$$X_{eq} = \left( \left( \frac{(122,55) \cdot (122,55)}{122,55 + 122,55} \right) + \left( \frac{(35,72) \cdot (35,72)}{35,72 + 35,72} \right) \right) = 17,86 \text{ p. u.}$$

La primera opción al tener menor reactancia es la que entregará mayor energía al circuito. Por tanto, esta será la opción más desfavorable y con la que se calculará la potencia de cortocircuito en este punto y con esta la intensidad de cortocircuito.

Por tanto,

la potencia en el punto 3 será:

$$X_{eq} = \frac{S_B}{S_{cc1}}$$

$$S_{cc3} = \frac{S_B}{X_{eq}} = \frac{2500 \text{ MVA}}{10,5 \text{ p.u.}} = 238,10 \text{ MVA}$$

Por tanto, con esta potencia de cortocircuito vamos a poder obtener el valor de intensidad de cortocircuito en el punto estudiado, en este caso el punto 1. Así pues:

$$S_{cc1} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc1}$$

$$I_{cc1} = \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_{cc3} = \frac{238,10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 45 \cdot 10^3} = 3054,76 \text{ A} \approx 30,55 \text{ kA}$$

Para el resto de puntos el procedimiento será el mismo y los resultados se recogerán en la siguiente tabla de resultados:

### 3.3 TABLA RESUMEN VALORES DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

<i>Punto del estudio del cortocircuito</i>	<i>Valor de potencia de cortocircuito (MVA)</i>	<i>Valor de intensidad de cortocircuito (kA)</i>
1	2632,80	11,52
2	22450,35	22,45
3	238,10	3,055
4	531,12	6,814
5	109,16	4,202

Tabla 5. Valores de las corrientes de cortocircuito.



#### 4. CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS AUTOVÁLVULAS.

El estudio para el cálculo de la selección de autoválvulas se llevará a cabo con la **norma UNE-EN 60099**.

Las autoválvulas ya no se clasifican por clases sino por su utilización esperada como se recoge en la siguiente tabla:

Clase del pararrayos	Estación			Distribución		
Designación	SH	SM	SL	DH	DM	DL
Corriente nominal de descarga <sup>a</sup>	20 kA	10 kA	10 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA
Corriente de descarga de impulso de maniobra <sup>a</sup>	2 kA	1 kA	0,5 kA	–	–	–
$Q_{rs}$ (C)	$\geq 2,4$	$\geq 1,6$	$\geq 1,0$	$\geq 0,4$	$\geq 0,2$	$\geq 0,1$
$W_{th}$ (kJ/kV)	$\geq 10$	$\geq 7$	$\geq 4$	–	–	–
$Q_{th}$ (C)	–	–	–	$\geq 1,1$	$\geq 0,7$	$\geq 0,45$

<sup>a</sup> Se pueden especificar otras corrientes por acuerdo entre fabricante y usuario.

NOTA Las letras "H", "M" y "L" de la designación significan servicio "Alto", "Medio" y "Bajo" respectivamente.

Tabla 6. Clasificación de los pararrayos norma UNE EN 60099-4

Así de esta manera las autoválvulas en las posiciones de 132KV y en 45KV serán de uso ligero de subestación SL (substation light) y en media tensión serán de uso alto en distribución DH (distribution high).

Para el cálculo de estas, se tendrá en cuenta un NIVEL III de contaminación en Daroca. Este es muy elevado ya que por la zona podría ser de NIVEL I pero ENDESA especifica tener en cuenta un NIVEL III. Para este nivel el valor será de 25mm/kV.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup>
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.</li> <li>- Zonas agrícolas<sup>2)</sup></li> <li>- Zonas montañosas</li> <li>- Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar<sup>3)</sup></li> </ul>	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.</li> <li>- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.</li> <li>- Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)<sup>2)</sup>.</li> </ul>	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.</li> <li>- Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar<sup>3)</sup>.</li> </ul>	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.</li> <li>- Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar.</li> <li>- Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.</li> </ul>	31,0

<sup>1)</sup> Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).  
<sup>2)</sup> Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.  
<sup>3)</sup> Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Figura 3. Niveles de contaminación.

#### 4.1 PARA EL CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS EN 132 kV:

Como hemos mencionado anteriormente serán de uso ligero de subestación SL.

##### 4.1.1 LÍNEA DE FUGA:

Según la **ITC-RAT 12 del Reglamento de Instalaciones de Alta Tensión (Tabla 2)** el valor más elevado de tensión de la red será **U<sub>s</sub> = 145kV** y la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo **LIW = 650kV**.

Será la longitud mínima de la línea de fuga del pararrayos.

$$\text{Línea de fuga (mm)} = U_s(\text{kV}) \cdot \text{Línea de fuga específica} \left( \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right)$$

$$\text{Línea de fuga (mm)} = 145(\text{kV}) \cdot 25 \left( \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right) = 3625 \text{ mm}$$

#### 4.1.2 TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO:

Según la **norma UNE EN 60099-5**, el valor mínimo de tensión en funcionamiento continuo (**U<sub>c</sub>**) será:

$$U_c \geq c \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}}$$

$$U_c \geq 1.05 \cdot \frac{145(kV)}{\sqrt{3}} = 87.9 kV$$

- Donde **C** es un coeficiente de seguridad.

#### 4.1.3 SOBRETENSIÓN TEMPORAL

Esta sobretensión se determinará a través de la siguiente expresión:

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq \frac{(k \cdot U_s)}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^m$$

Donde:

- k = indica como estará conectado el neutro del transformador a tierra.
- U<sub>s</sub> = valor más elevado de tensión de la red.
- T<sub>t</sub> = tiempo normalizado según la conexión del neutro.
- m = coeficiente en función de la conexión del neutro.

Conexión de neutro	k	Tierra del sistema
Neutro rígido a tierra	$k \leq 1,4$	Efectiva
Neutro no rígido a tierra	$1,4 \leq k \leq 1,73$	Inefectiva
Neutro aislado	$1,73 \leq k \leq 1,9$	Inefectiva

Tabla 7. Determinación del tipo de tierra del sistema.

Por tanto, al ser neutro a tierra la tierra del sistema será efectiva,

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq \frac{(1,4 \cdot 145)}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02} = 117,2 \text{ kV}$$

y el tiempo normalizado será  $\leq 1\text{s}$ .

Tierra del sistema	Duración del fallo	Tensión de la red $U_s$ (kV)	Tensión asignada mínima $U_r$ (kV)
Efectiva	$\leq 1 \text{ s}$	$\leq 100$	$\geq 0,8 \times U_s$
Efectiva	$\leq 1 \text{ s}$	$\geq 123$	$\geq 0,72 \times U_s$
Inefectiva	$\leq 10 \text{ s}$	$\leq 170$	$\geq 0,91 \times U_s$
Inefectiva	$\leq 2 \text{ h}$	$\leq 170$	$\geq 1,11 \times U_s$
Inefectiva	$> 2 \text{ h}$	$\leq 170$	$\geq 1,25 \times U_s$

Tabla 8. Tensión asignada mínima.

#### 4.1.4 TENSIÓN NOMINAL ASIGNADA:

Con la Tabla 8 se obtiene el valor de la tensión nominal asignada que irá ligada con el sistema de conexión a tierra.

$$U_r = 0,72 \cdot U_s = 0,72 \cdot 145(\text{kV}) = 104,4 \text{ kV}$$

Por tanto, para la elección de la autoválvula se cumplirá: 
$$\begin{cases} U_c \geq 87,9 \text{ kV} \\ U_r \geq 104,4 \text{ kV} \\ TOV_c \geq 117,2 \text{ kV} \end{cases}$$

Otro parámetro que debemos cumplir es el margen de protección a impulsos tipo rayo:

$$\text{Margen de protección} = \left(\frac{LIW}{U_{pl}}\right) \geq 1,2$$

Ese valor de 1,2 será ampliado a 2 porque se tiene en cuenta el envejecimiento del material y a los niveles de suciedad.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

El valor de LIW (nivel de aislamiento del equipo) se obtiene de la ITC-RAT 12 (tabla 2) y se escoge el valor mas elevado en este caso debido al neutro aislado. En este caso **LIW = 650 kV**.

**U<sub>pl</sub>** será el máximo valor de voltaje residual y se elige del catálogo de la autoválvula, en función de la autoválvula podremos tener varias opciones, éstas son:

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{650 \text{ (kV)}}{311 \text{ (kV)}} \right) = 2,09 \geq 1,2$$

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{650 \text{ (kV)}}{342 \text{ (kV)}} \right) = 1,9 \geq 1,2$$

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{650 \text{ (kV)}}{311 \text{ (kV)}} \right) = 1,81 \geq 1,2$$

Por tanto, la autoválvula elegida será la **PEXLIM R-Y de ABB**: 
$$\begin{cases} U_m = 145 \text{ kV} \\ U_r = 120 \text{ kV} \\ U_c = 92 \text{ kV} \\ U_{pl} = 311 \text{ kV} \end{cases}$$

Respecto a las distancias de protección que proporciona la autoválvula, la distancia máxima será:

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_{pl}}{2S} v$$

Donde:

- L = alcance de protección en metros.
- U<sub>BIL</sub> = nivel de aislamiento básico del equipo en kV (ITC-RAT 12 (tabla 1)).
- U<sub>pl</sub> = nivel de protección del pararrayos en kV.
- S = pendiente de la onda de sobretensión (1200 kV/μs)
- v = velocidad de propagación de la onda:
  - Línea aérea : 300m/μs
  - Cable : 150m/μs

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_{pl}}{2S} v = \frac{650 (kV) - 311(kV)}{2 \cdot 1200 \left(\frac{kV}{\mu s}\right)} \cdot 300 \left(\frac{m}{\mu s}\right) = 42,375 (m)$$

La distancia es más que suficiente, con los otros modelos de pararrayos probados anteriormente tanto la distancia de protección como el margen de protección disminuirían.

#### 4.2 PARA EL CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS EN 45kV:

Como hemos mencionado anteriormente serán de uso ligero de subestación SL.

##### 4.2.1 LÍNEA DE FUGA:

Según la **ITC-RAT 12 del Reglamento de Instalaciones de Alta Tensión (Tabla 2)** el valor más elevado de tensión de la red será  **$U_s = 52kV$**  y la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo  **$LIW = 250kV$** .

Será la longitud mínima de la línea de fuga del pararrayos.

$$\text{Línea de fuga (mm)} = U_s(kV) \cdot \text{Línea de fuga específica} \left(\frac{mm}{kV}\right)$$

$$\text{Línea de fuga (mm)} = 52(kV) \cdot 25 \left(\frac{mm}{kV}\right) = 1300 mm$$

##### 4.2.2 TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO:

Según la **norma UNE EN 60099-5**, el valor mínimo de tensión en funcionamiento continuo ( **$U_c$** ) será:

$$U_c \geq c \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}}$$

$$U_c \geq 1.05 \cdot \frac{52(kV)}{\sqrt{3}} = 31,52 \text{ kV}$$

- Donde **C** es un coeficiente de seguridad.

#### 4.2.3 SOBRETENSIÓN TEMPORAL:

Esta sobretensión se determinará a través de la siguiente expresión:

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq \frac{(k \cdot U_s)}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^m$$

Donde:

- k = indica como estará conectado el neutro del transformador a tierra.
- Us = valor más elevado de tensión de la red.
- Tt = tiempo normalizado según la conexión del neutro.
- m = coeficiente en función de la conexión del neutro.

Conexión de neutro	k	Tierra del sistema
Neutro rígido a tierra	$k \leq 1,4$	Efectiva
Neutro no rígido a tierra	$1,4 \leq k \leq 1,73$	Inefectiva
Neutro aislado	$1,73 \leq k \leq 1,9$	Inefectiva

Tabla 4. Determinación del tipo de tierra del sistema.

Por tanto, al ser neutro a tierra la tierra del sistema será efectiva,

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq \frac{(1,4 \cdot 52)}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{0.02} = 40,14 \text{ kV}$$

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

y el tiempo normalizado será  $\leq 1s$ .

Tierra del sistema	Duración del fallo	Tensión de la red $U_s$ (kV)	Tensión asignada mínima $U_r$ (kV)
Efectiva	$\leq 1 s$	$\leq 100$	$\geq 0,8 \times U_s$
Efectiva	$\leq 1 s$	$\geq 123$	$\geq 0,72 \times U_s$
Inefectiva	$\leq 10 s$	$\leq 170$	$\geq 0,91 \times U_s$
Inefectiva	$\leq 2 h$	$\leq 170$	$\geq 1,11 \times U_s$
Inefectiva	$> 2 h$	$\leq 170$	$\geq 1,25 \times U_s$

Tabla 5. Tensión asignada mínima.

#### 4.2.4 TENSIÓN NOMINAL ASIGNADA:

Con la Tabla 8 se obtiene el valor de la tensión nominal asignada que irá ligada con el sistema de conexión a tierra.

$$U_r = 0,8 \cdot U_s = 0,8 \cdot 52(kV) = 41,6 kV$$

Por tanto, para la elección de la autoválvula se cumplirá: 
$$\begin{cases} U_c \geq 31,52 kV \\ U_r \geq 41,6 kV \\ TOV_c \geq 41,14 kV \end{cases}$$

Otro parámetro que debemos cumplir es el margen de protección a impulsos tipo rayo:

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{LIW}{U_{pl}} \right) \geq 1,2$$

Ese valor de 1,2 será ampliado a 2 porque se tiene en cuenta el envejecimiento del material y a los niveles de suciedad.

El valor de LIW (nivel de aislamiento del equipo) se obtiene de la ITC-RAT 12 (tabla 2) y se escoge el valor más elevado en este caso debido al neutro aislado. En este caso **LIW = 250 kV**.



**U<sub>pl</sub>** será el máximo valor de voltaje residual y se elige del catálogo de la autoválvula, en función de la autoválvula podremos tener varias opciones, éstas son:

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{250 \text{ (kV)}}{125 \text{ (kV)}} \right) = 2 \geq 1,2$$

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{250 \text{ (kV)}}{133 \text{ (kV)}} \right) = 1,87 \geq 1,2$$

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{250 \text{ (kV)}}{140 \text{ (kV)}} \right) = 1,78 \geq 1,2$$

Por tanto, la autoválvula elegida será la **PEXLIM R-Y de ABB**:

$$\begin{cases} U_m = 52 \text{ kV} \\ U_r = 48 \text{ kV} \\ U_c = 38 \text{ kV} \\ U_{pl} = 125 \text{ kV} \end{cases}$$

Respecto a las distancias de protección que proporciona la autoválvula, la distancia máxima será:

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_{pl}}{2S} v$$

Donde:

- L = alcance de protección en metros.
- U<sub>BIL</sub> = nivel de aislamiento básico del equipo en kV (ITC-RAT 12 (tabla 1)).
- U<sub>pl</sub> = nivel de protección del pararrayos en kV.
- S = pendiente de la onda de sobretensión (1200 kV/μs)
- v = velocidad de propagación de la onda:
  - Línea aérea : 300m/μs
  - Cable : 150m/μs

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_{pl}}{2S} v = \frac{250 \text{ (kV)} - 125 \text{ (kV)}}{2 \cdot 1200 \left( \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}} \right)} \cdot 300 \left( \frac{\text{m}}{\mu\text{s}} \right) = 15,625 \text{ (m)}$$

La distancia es más que suficiente, con los otros modelos de pararrayos probados anteriormente tanto la distancia de protección como el margen de protección disminuirían.

#### 4.3 PARA EL CÁLCULO DE LAS AUTOVÁLVULAS EN 15 kV:

Como hemos mencionado anteriormente serán de uso ligero de subestación DH.

##### 4.3.1 LÍNEA DE FUGA:

Según la **ITC-RAT 12 del Reglamento de Instalaciones de Alta Tensión (Tabla 1)** el valor más elevado de tensión de la red será  **$U_s = 24\text{kV}$**  y la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo  **$LIW = 125\text{kV}$** .

Será la longitud mínima de la línea de fuga del pararrayos.

$$\text{Línea de fuga (mm)} = U_s(\text{kV}) \cdot \text{Línea de fuga específica} \left( \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right)$$

$$\text{Línea de fuga (mm)} = 24(\text{kV}) \cdot 25 \left( \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right) = 600 \text{ mm}$$

##### 4.3.2 TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO:

Según la **norma UNE EN 60099-5**, el valor mínimo de tensión en funcionamiento continuo ( **$U_c$** ) será:

$$U_c \geq c \cdot \frac{U_s}{\sqrt{3}}$$

$$U_c \geq 1.05 \cdot \frac{24(kV)}{\sqrt{3}} = 15,54 \text{ kV}$$

- Donde **C** es un coeficiente de seguridad.

#### 4.3.3 SOBRETENSIÓN TEMPORAL:

Esta sobretensión se determinará a través de la siguiente expresión:

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq \frac{(k \cdot U_s)}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^m$$

Donde:

- k = indica como estará conectado el neutro del transformador a tierra.
- Us = valor más elevado de tensión de la red.
- Tt = tiempo normalizado según la conexión del neutro.
- m = coeficiente en función de la conexión del neutro.

Conexión de neutro	k	Tierra del sistema
Neutro rígido a tierra	$k \leq 1,4$	Efectiva
Neutro no rígido a tierra	$1,4 \leq k \leq 1,73$	Inefectiva
Neutro aislado	$1,73 \leq k \leq 1,9$	Inefectiva

Tabla 4. Determinación del tipo de tierra del sistema.

Por tanto, al ser neutro a tierra la tierra del sistema será inefectiva,

$$TOV_c (10 \text{ seg}) \geq \frac{(1,73 \cdot 24)}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{10}{10}\right)^{0,02} = 24 \text{ kV}$$

y el tiempo normalizado será 10s.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA  
MEMORIA

Tierra del sistema	Duración del fallo	Tensión de la red $U_s$ (kV)	Tensión asignada mínima $U_r$ (kV)
Efectiva	$\leq 1$ s	$\leq 100$	$\geq 0,8 \times U_s$
Efectiva	$\leq 1$ s	$\geq 123$	$\geq 0,72 \times U_s$
Inefectiva	$< 10$ s	$< 170$	$> 0,91 \times U_s$
Inefectiva	$\leq 2$ h	$\leq 170$	$\geq 1,11 \times U_s$
Inefectiva	$> 2$ h	$\leq 170$	$\geq 1,25 \times U_s$

Tabla 5. Tensión asignada mínima.

#### 4.3.4 TENSIÓN NOMINAL ASIGNADA:

Con la Tabla 8 se obtiene el valor de la tensión nominal asignada que irá ligada con el sistema de conexión a tierra.

$$U_r = 1,11 \cdot U_s = 1,11 \cdot 24 \text{ (kV)} = 26,64 \text{ kV}$$

Por tanto, para la elección de la autoválvula se cumplirá: 
$$\begin{cases} U_c \geq 14,54 \text{ kV} \\ U_r \geq 26,64 \text{ kV} \\ TOV_c \geq 24 \text{ kV} \end{cases}$$

Otro parámetro que debemos cumplir es el margen de protección a impulsos tipo rayo:

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{LIW}{U_{pl}} \right) \geq 1,2$$

Ese valor de 1,2 será ampliado a 2 porque se tiene en cuenta el envejecimiento del material y a los niveles de suciedad.

El valor de LIW (nivel de aislamiento del equipo) se obtiene de la ITC-RAT 12 (tabla 1) y de la **lista 2** debido a que el neutro es aislado. Se escoge el valor más elevado en este caso debido al neutro aislado. En este caso **LIW = 125 kV**.

**U<sub>pl</sub>** será el máximo valor de voltaje residual y se elige del catálogo de la autoválvula, en función de la autoválvula podremos tener varias opciones, éstas son:

$$\text{Margen de protección} = \left( \frac{125 \text{ (kV)}}{79,7 \text{ (kV)}} \right) = 1,56 \geq 1,2$$

Por tanto, la autoválvula elegida será la **3EK7 270-3AF4 de SIEMENS**:

$$\begin{cases} U_m = 24 \text{ kV} \\ U_r = 27 \text{ kV} \\ U_c = 22 \text{ kV} \\ U_{pl} = 79,7 \text{ kV} \end{cases}$$

Respecto a las distancias de protección que proporciona la autoválvula, la distancia máxima será:

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_{pl}}{2S} v$$

Donde:

- L = alcance de protección en metros.
- U<sub>BIL</sub> = nivel de aislamiento básico del equipo en kV (ITC-RAT 12 (tabla 1)).
- U<sub>pl</sub> = nivel de protección del pararrayos en kV.
- S = pendiente de la onda de sobretensión (1200 kV/μs)
- v = velocidad de propagación de la onda:
  - Línea aérea : 300m/μs
  - Cable : 150m/μs

$$L \leq \frac{U_{BIL} - U_{pl}}{2S} v = \frac{125 \text{ (kV)} - 79,7 \text{ (kV)}}{2 \cdot 1200 \left( \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}} \right)} \cdot 150 \left( \frac{\text{m}}{\mu\text{s}} \right) = 2,83 \text{ (m)}$$

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

La distancia es más que suficiente, con los otros modelos de pararrayos probados anteriormente tanto la distancia de protección como el margen de protección disminuirían.

## 5. CÁLCULO PARA LA PUESTA A TIERRA.

Para llevar a cabo los cálculos para el diseño de la puesta a tierra se usará la **ITC-RAT 13 del Reglamento de Alta Tensión**. Para los el cálculo del valor de la malla y su área y tanto para las tensiones de paso y contacto máximas usaremos este reglamento.

Para el cálculo de las tensiones de paso y contacto de diseño (valores reales de la subestación) nos basaremos en el método usado por la **norma IEEE-80**.

Los datos para el diseño de la puesta a tierra serán:

- Superficie de la subestación (teniendo en cuenta que la malla debe superar un metro en cada lado debido a que a un metro de la valla habrá puesta a tierra) será de **57x61 metros**.
- La malla estará dividida por rejillas de **3x3 metros**.
- Resistividad del terreno de **150  $\Omega\text{m}$** .
- Se dispone capa de cantos rodados con un espesor de **0,15 metros** y cuya resistividad será de **3000  $\Omega\text{m}$** .
- Profundidad de la malla **0,8 metros**.
- Tiempo de actuación de las protecciones de **0,3 segundos**.

Para el cálculo del valor de la resistencia de la malla del reglamento obtenemos:

$$R = \frac{\rho}{4r} \cdot \frac{\rho}{L}$$

Donde:

- R = es el valor de la resistencia de la malla en ohmios ( $\Omega$ ).
- $\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .
- L = longitud total de los cables enterrados en metros.
- r = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

$$r = \sqrt{\frac{L_x \cdot L_y}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{61 \cdot 57}{\pi}} = 33,27 \text{ m}$$

## 5.1 CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LOS CONDUCTORES Y LA RESISTENCIA DE MALLA

Para el cálculo de la longitud total, lo que haremos será dividir la longitud del ancho entre el valor del ancho de la rejilla obteniendo los metros de cobre que tendremos de largo y viceversa para el otro lado, así tenemos:

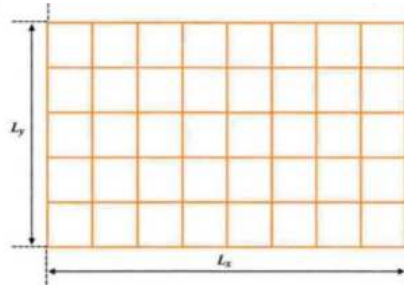


Figura 4. Malla de tierra.

$$\frac{57}{3} + 1 = 20 \text{ tiras de } 61 \text{ metros} = 1220 \text{ m}$$

$$\frac{61}{3} + 1 = 21,33 \approx 22 \text{ tiras de } 57 \text{ metros} = 1254 \text{ m}$$

$$L = L_x \cdot L_y = 1220 \text{ m} + 1254 \text{ m} = 2474 \text{ m}$$

Así pues, con estos datos calculamos la resistencia de la malla:

$$R = \frac{\rho}{4r} \cdot \frac{\rho}{L} = R = \frac{150 \Omega m}{4 \cdot 33,24 \text{ m}} \cdot \frac{150 \Omega m}{2474 \text{ m}} = 1,19 \Omega$$

Con la **norma IEEE-80** podemos usar otra expresión para calcular el valor de la resistencia de la malla:

$$R = \rho \left[ \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\sqrt{20S}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{S}}} \right) \right]$$

$$R = 150 \Omega m \left[ \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 3477 \text{ m}}} \left( 1 + \frac{1}{1 + 0,8 \text{ m} \cdot \sqrt{\frac{20}{3477 \text{ m}}}} \right) \right] = 1,17 \Omega$$



El resultado es muy similar.

Para el cálculo de la sección mínima de los conductores que formaran la malla la expresión a utilizar es:

$$A = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right)} \cdot \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}$$

Donde:

- A = sección de los conductores en mm<sup>2</sup>.
- I = intensidad (kA) circulante por la malla.
- TCAP = capacidad térmica del conductor J/(cm<sup>3</sup> °C).
- t<sub>c</sub> = tiempo de duración de la falla. Consideramos como valor general 1 segundo (criterio conservador).
- ρ<sub>r</sub> = resistividad del conductor a la temperatura de referencia en μΩ cm.
- α<sub>r</sub> = coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia 1/°C.
- K<sub>o</sub> = inversa del coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia (1/α<sub>o</sub>) °C.
- T<sub>a</sub> = temperatura inicial, tomamos como valor 25°C.
- T<sub>m</sub> = temperatura final, tomamos como valor 200°C.

Para el caso del cobre recocido (consultar valores) y teniendo en cuenta que la intensidad de la malla es el 60% de la intensidad de cortocircuito de mayor valor del cálculo de cortocircuitos obtenemos un área de:

$$A = I (kA) \cdot 0,6 \cdot 6,206 \left( \frac{mm^2}{kA} \right)$$

$$A = 22,45 \text{ (kA)} \cdot 0,6 \cdot 6,206 \left( \frac{\text{mm}^2}{\text{kA}} \right) = 83,6 \text{ mm}^2$$

como no se puede usar una sección de 83,6 mm<sup>2</sup>, elegiremos una **sección mínima de 95 mm<sup>2</sup>** (es la que marca Endesa como mínimo).

## 5.2 CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y TENSIONES DE CONTACTO

### 5.2.1 SEGÚN REGLAMENTO (ITC-RAT 13):

Como hemos mencionado anteriormente, la puesta a tierra estará formada por una capa de 0,15 metros de espesor de cantos rodados con una resistividad de 3000 Ωm.

Al usar una capa de cantos rodados será necesario calcular el coeficiente de seguridad mediante:

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho}{\rho_{grava}}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right)$$

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{150 \text{ } \Omega\text{m}}{3000 \text{ } \Omega\text{m}}}{2 \cdot 0,15 \text{ m} + 0,106} \right) = 0,752$$

Con este coeficiente podemos calcular la resistividad superficial que finalmente tendremos y con la que trabajaremos:

$$C_s \cdot \rho_{grava} = 0,752 \cdot 3000 \text{ } \Omega\text{m} = 2255,91 \text{ } \Omega\text{m}$$

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

Las fórmulas dadas por el reglamento para el cálculo de las tensiones de paso y contacto serán:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right]$$

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right]$$

Donde:

- $U_{ca}$  = tensión de contacto aplicada admisible (**tabla 1 ITC-RAT 13**). En este caso para una duración de falta de **0,3 segundos** tendremos un valor de  **$U_{ca} = 420V$** .
- $R_{a1}$  = resistencia equivalente del calzado cuya suela sea aislante. Un valor general es  $2000 \Omega$ .
- $R_{a2}$  = resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie.  $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$ .

Por tanto, los valores de reglamento serán:

$$U_c = 420 \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 2255,91}{1000} \right] = 2261,22 V$$

$$U_p = 4200 \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 2255,91}{1000} \right] = 77851,20 V$$

### 5.2.2 SEGÚN NORMA IEEE-80 (tensiones de contacto y paso de diseño):

El cálculo de las tensiones de paso y de contacto de diseño se calcularán de acuerdo a la norma IEEE-80, estas deberán ser menores a las tensiones de paso y contacto según reglamento.

#### 5.2.2.1 TENSIÓN DE CONTACTO:

Esta se calculará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_{EB}}{L_M}$$

Donde:

- $U'_c$  = tensión máxima de contacto que habrá en la instalación en V.
- $\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .
- $I_{EB}$  = intensidad de puesta a tierra máxima que puede circular por la malla en A.
- $K_m$  = factor geométrico de espaciado entre conductores para tensión de contacto.
- $K_i$  = factor de corrección que tiene en cuenta la irregularidad de la densidad de corriente ya que en los extremos de la malla será mayor.
- $L_m$  = longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto en metros.

El cálculo de estos factores se llevará a cabo mediante estas expresiones:

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[ \ln \left( \frac{D_{sep}^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D_{sep} + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D_{sep} \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \left( \frac{8}{\pi(2 \cdot n - 1)} \right) \right]$$

Donde:

- Dsep = separación media entre conductores de la malla (3 metros).
- d = diámetro de los conductores de la malla en metros.

$$S = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{95 \text{ mm}^2}{\pi}} = 5,49 \text{ mm}$$

Por tanto, el diámetro será de **0,011 metros**.

- h = es la profundidad a la que estará la malla (0,8 metros).

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}} = \sqrt{1 + \frac{0,8}{1}} = 1,3416$$

Donde  $h_o$  es la profundidad de referencia de la malla de tierra que es igual a 1 metro.

Para calcular el coeficiente  $K_{ii}$  este sería igual a uno si tuviéramos picas, en nuestro caso no usaremos picas o en el caso de haber unas pocas (en las esquinas de la malla) este coeficiente se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot n)^{2/n}}$$

Donde n representa el número equivalente de conductores en paralelo que forman la malla. Para mallas cuadradas este valor se calcula como:

$$n = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} \cdot \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{S}}}$$

Donde:

- $L_c$  = longitud total de los conductores que forman la malla de tierra.
- $L_p$  = longitud perimetral de la malla de tierra.
- $S$  = superficie de la malla de tierra ( $L_x \cdot L_y$ ).

Por tanto, obtenemos un valor de  $n$  igual a:

$$n = \frac{2 \cdot 2474}{236} \cdot \sqrt{\frac{236}{4 \cdot \sqrt{3477}}} = 16,49$$

Así pues, el valor del coeficiente  $K_{ii}$  será de:

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot 16,49)^{2/16,49}} = 0,7$$

Por tanto, el valor del coeficiente  $K_m$ :

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[ \ln \left( \frac{D_{sep}^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D_{sep} + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D_{sep} \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \left( \frac{8}{\pi(2 \cdot n - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[ \ln \left( \frac{3^2}{16 \cdot 0,8 \cdot 0,011} + \frac{(3 + 2 \cdot 0,8)^2}{8 \cdot 3 \cdot 0,011} - \frac{0,8}{4 \cdot 0,011} \right) + \frac{0,7}{1,3416} \cdot \left( \frac{8}{\pi(2 \cdot 16,49 - 1)} \right) \right] = 0,775$$

$K_i$  = factor de corrección por irregularidad de la densidad de corriente al ser mayor en los extremos.

$$K_{ii} = 0,644 + (0,148 \cdot n) = 3,75$$

Por tanto, el valor de la tensión de contacto de diseño será:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_{EB}}{L_m}$$

$$U'_c = \frac{150 \, \Omega m \cdot 0,775 \cdot 3,75 \cdot (22450 \, A \cdot 0,6)}{2474} = 1952,61 \, V$$

#### 5.2.2.2 TENSIÓN DE PASO:

Esta se calculará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_{EB}}{L_s}$$

Donde:

- $U'_p$  = tensión máxima de paso que habrá en la instalación en V.
- $\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega m$ .
- $I_{EB}$  = intensidad de puesta a tierra máxima que puede circular por la malla en A.
- $K_s$  = factor geométrico de espaciado entre conductores para tensión de paso.
- $K_i$  = factor de corrección que tiene en cuenta la irregularidad de la densidad de corriente ya que en los extremos de la malla será mayor.

- $L_s$  = longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso en metros.

El cálculo de estos factores se llevará a cabo mediante estas expresiones:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \left( \frac{1}{2 \cdot 0,8} + \frac{1}{3 + 0,8} + \frac{1}{3} (1 - 0,5^{16,49-2}) \right) \right] = 0,345$$

$$L_s = 0,75 \cdot L_c + 0,85 \cdot L_R = 0,75 \cdot 2474 + 0,85 \cdot 0 = 1855,5 \text{ m}$$

Por tanto, el valor de la tensión de paso de diseño será:

$$U'_p = \frac{\rho \cdot 0,345 \cdot 3,75 \cdot (22450 \text{ A} \cdot 0,6)}{1855,5} = \mathbf{1158,87 \text{ V}}$$

Estos valores de tensión de contacto y de paso de diseño son menores que los valores máximos marcados por el reglamento por lo tanto estamos en lo correcto.



### 5.3 CÁLCULO PUESTA A TIERRA EN BAJA TENSIÓN

Para la puesta a tierra en baja tensión, esta se lleva a cabo mediante la colocación de unas picas en hilera unidad por un conductor horizontal, separadas 20 metros de la malla de puesta a tierra de alta tensión, esto para evitar sobretensiones y evitar variaciones de tensión entre estas superiores a 50 V y proteger la aparamenta en esta posición.

Para la puesta de estas picas, el valor de esta no deberá ser superior a 20 ohmios.

Así pues, mediante la tabla UNESA:

Se colocarán 6 picas a una profundidad de 0,8 metros. Por tanto:

$$R_T = K_r \cdot \rho_T$$

$$R_T = 0,0707 \cdot 150 = 10,61 \, \Omega \leq 20 \, \Omega$$

Donde:

- $\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega\text{m}$ .
- $K_r$  = resistencia picas según tabla UNESA.

Por tanto, se colocarán 6 picas a una profundidad de 0,8 metros, de longitud 2 metros cada una y separadas 3 metros (1,5 metros su longitud), estas estarán unidas mediante un conductor horizontal de 50 mm<sup>2</sup> de sección y el diámetro de las picas será de 14 mm.

## 6. SELECCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN E INTENSIDAD.

Para la selección de estos elementos es necesario conocer las distancias de los elementos correspondientes al edificio de control, situado en el interior de la nave. Allí se sitúan los relés de control, los cuales estarán midiendo y protegiendo.

Para la selección de los transformadores de tensión e intensidad, será necesario elegir previamente los relés que se instalarán en el edificio de control ya que necesitamos conocer el consumo de estos. Además, elegir un contador que se situará en la entrada de las líneas tanto de 132 kV y a la llegada de las líneas de FV (nivel de 45 kV). Estos contadores nos permiten conocer el consumo a la llegada y evitar futuros problemas que puedan dar lugar confusión entre compañías. Además de estos, la propia subestación contará con contadores para la medida interna de esta (control de bahía).

La elección de estos elementos de medida y protección se regirán a través de la norma **RZ001 de Endesa** y los criterios de la **UNE 61869**.

### 6.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA Y PROTECCIÓN POR POSICIONES:

Estos relés de protección deberán ser de distinta marca y modelo ya que posibles fallos en la fabricación podrían incurrir en fallos a la hora de actuar.

#### 6.1.1 NIVEL DE 132 KV

En este nivel se instalarán transformadores de tensión e intensidad en las posiciones de:

- Línea Cariñena de 132 kV y línea Calamocha de 132 kV.
- Embarrado de 132 kV.
- Posiciones de entrada de los transformadores de 132/45 kV.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

Por tanto, los relés de protección y medida se instalarán para estas posiciones. Las funciones principales que deben cumplir se recogen en las especificaciones de Endesa. A modo de ejemplo, para un transformador de AT/MT, el relé deberá tener como mínimo las siguientes protecciones:

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

Figura 5. Funciones protectivas de un transformador AT/MT.

Así pues, en este documento de Endesa se recogen el resto de protecciones en el apartado

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

#### 6.1.1.1 FUNCIONES A APLICAR POR POSICIÓN.

Conocidas las protecciones a instalar en cada posición los equipos elegidos para cada posición siguiendo el criterio de diferente marca y modelo son:

<i>Posición</i>	<i>Primera elección</i>	<i>Segunda elección</i>
<i>Líneas de 132 kV</i>	<i>Familia ZIV-Modelo DLF</i>	<i>SEL-421</i>
<i>Embarrado de 132 kV</i>	<i>Familia ZIV-Modelo DCV</i>	<i>SEL-487B</i>
<i>Posiciones de entrada transformadores de 132/45 kV</i>	<i>Familia ZIV-Modelo IDF</i>	<i>SEL-787</i>

*Tabla 9. Relés de protección según modelos en 132 kV.*

#### 6.1.2 NIVEL DE 45 KV

Conocidas las protecciones a instalar en cada posición los equipos elegidos para cada posición siguiendo el criterio de diferente marca y modelo son:

<i>Posición</i>	<i>Primera elección</i>	<i>Segunda elección</i>
<i>Líneas de 45 kV</i>	<i>Familia ZIV-Modelo ZLF</i>	<i>SEL-311C</i>
<i>Embarrado de 45 kV</i>	<i>Familia ZIV-Modelo DCV</i>	<i>SEL-487B</i>
<i>Posiciones de salida transformadores de 132/45 y entrada de 45/15 kV</i>	<i>Familia ZIV-Modelo IDF</i>	<i>SEL-787-3</i>

*Tabla 10. Relés de protección según modelos en 45 kV.*

### 6.1.3 NIVEL DE 15 KV

Conocidas las protecciones a instalar en cada posición los equipos elegidos para cada posición siguiendo el criterio de diferente marca y modelo son:

Posición	Primera elección	Segunda elección
Líneas de 15 kV	Familia ZIV-Modelo ZLF	SEL-311C
Embarrado de 15 kV	Familia ZIV-Modelo DCV	SEL-487B
Posiciones de salida transformadores de 45/15 kV	Familia ZIV-Modelo IDF	SEL-787-3
Batería de condensadores	Familia ZIV-Modelo BCF	ABB-REV615

Tabla 11. Relés de protección según modelos en 15 kV.

### 6.1.4 SELECCIÓN DE CONTADOR:

El contador se seleccionará atendiendo a los criterios de la norma de Endesa. En ella se recoge la clase de precisión y medida que deberá tener el contador en función de la potencia instalada. La clase de precisión por tanto será:

P (MW)	E (MWh)	Tipo	Clase de precisión			
			Contador (Activa)	Contador (Reactiva)	Trafos de Intensidad	Trafos de Tensión
$P \geq 10$	$E \geq 5000$	1	0,2S	0,5	0,2S	0,2
$10 > P \geq 0,450$	$5000 > E \geq 750$	2	0,5S	1	0,5S	0,5
$P < 0,450$	$E < 750$	3	1	2	0,5S	0,5

Figura 6. Clase de precisión del equipo de medida.

El contador elegido será de la **marca LANDIS & GYR MODELO ZMD402CTSAT**. De los valores consultados en el catálogo tenemos que:

Código	ZMD	X	XX	CTS	XX
<b>ZMD402CTSAT</b>	<b>Trifásico</b> 4 Hilos	<b>4:</b> Conexión a Transformador	<b>02: Precisión</b> Activa: 0.2s Reactiva: 0.5	Registrador/ Tarificador Incorporado	<b>AT:</b> <b>-/110 Vac</b> <b>-/5 A.</b>
<b>ZMD405CTSAT</b>	<b>Trifásico</b> 4 Hilos	<b>4:</b> Conexión a Transformador	<b>05: Precisión</b> Activa: 0.5s Reactiva: 1.0	Registrador/ Tarificador Incorporado	<b>AT:</b> <b>-/110 Vac</b> <b>-/5 A.</b>

Así pues, los consumos de catálogo serán:

#### Consumos por fase circuitos de tensión

##### ZMD400CTS..

• Tensión de fase .....	58 V	240 V
Potencia activa (valor típico) .....	0.65 W	0.8 W
Potencia aparente (valor típico) .....	1.3 VA	3.6 VA

#### Consumos por fase circuitos de intensidad

##### ZMD400CTS..

• Intensidad de fase .....	1 A	5 A	10A
Potencia activa (valor típico) .....	5 mW	0.125 W	0.5 W
Potencia aparente (valor típico) .....	5 mVA	0.125 VA	0.5 VA

Una vez elegidos los relés de control y los contadores, se procede a la elección de los transformadores de tensión e intensidad.

## 6.2 TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Estos transformadores pueden ir equipados tanto en los módulos híbridos de las líneas y transformadores y en las celdas de alta y media tensión. A la hora de comprar estos elementos hay opción de añadirlos. Por lo tanto, en este apartado se calcula que valores deberán tener estos TT.

Suponiendo que los TT se encuentran a una distancia de los relés de control que estarán en el edificio de control, de unos 20 metros (elemento más lejano) y la sección de los cables de 6mm<sup>2</sup> los cálculos para la selección de estos serán:

Se calcula la relación de transformación:

$$\frac{\frac{132000 V}{\sqrt{3}}}{\frac{110 V}{\sqrt{3}}} = 1200$$

Los secundarios de los transformadores de tensión tendrán como valor normalizado 110 V.

La intensidad de cortocircuito será:

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

$$I_{cc} = \frac{2632,80 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 11515,51 A \approx 11,52 kA$$

Según la **norma UNE EN 61689**, "el factor multiplicador a aplicar a la tensión primaria asignada para determinar la tensión máxima a la cual el transformador debe satisfacer los requisitos térmicos correspondientes durante un tiempo especificado y los requisitos de precisión correspondientes. Dicho factor está determinado por la tensión máxima de funcionamiento la cual depende, de la red y de las condiciones de puesta a tierra del arrollamiento primario del transformador. Los valores normales del factor de tensión se muestran en la siguiente tabla:"

Factor de tensión asignado	Tiempo asignado	Modo de conexión del arrollamiento primario y condiciones de puesta a tierra de la red
1,2	Continuo	Entre fases, en cualquier red.
		Entre el punto neutro de los transformadores en estrella y tierra, en cualquier red.
1,2	Continuo	Entre fase y tierra, en una red con un neutro efectivamente puesto a tierra.
1,5	30 s	
1,2	Continuo	Entre fase y tierra, en una red con un neutro no efectivamente puesto a tierra con eliminación automática del defecto a tierra.
1,9	30 s	
1,2	Continuo	Entre fase y tierra en una red con neutro aislado, sin eliminación automática del defecto a tierra, o en una red compensada por bobina de extinción, sin eliminación automática del defecto a tierra.
1,9	8 h	

Tabla 12. Factor de tensión asignado.

Para el caso de 132 kV el factor de la Tabla 12 será de 1,5 ya que tenemos el neutro efectivamente puesto a tierra.

#### Carga total:

- Medida de contador de energía: 1,3 VA (catálogo del contador).
- Cargas de los relés de protección: 0,8 VA (catálogo de relés).

La carga total, por tanto:

$$S_B = \sum Cargas = 2,1 VA$$

Como la carga no supera los 50 VA podemos alcanzar la precisión 0,2 (establecida por norma Endesa SRZ001) en el punto de medida.

Como la carga de los equipos no alcanza el 50% será necesario instalar varias resistencias, por ejemplo, de 300Ω. Esto hará que aumenta la carga en cada uno de los secundarios en:

$$S_R = \frac{U^2}{R} = \frac{\left(\frac{110}{\sqrt{3}}\right)^2}{300\Omega} = 13,44 VA$$

Los secundarios por tanto quedarán como:



## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

#### Medida:

145 kV, 1200 V, 30VA, cl. 0,2, factor 1,5.

#### Protección:

145 kV, 1200 V, 30VA, cl. 3P, factor 1,5.

#### Protección y medida (Bahía):

145 kV, 1200 V, 30VA, cl. 0,5 – 3P, factor 1,5.

Es necesario comprobar la caída de tensión y esta no deberá ser superior al 0,1% (criterio de las compañías eléctricas), en tal caso es necesario aumentar la sección de los cables.

Tenemos en cuenta el caso en el que se dará mayor intensidad por los conductores. Por el secundario de medida la potencia será de 1,3VA + 13,44VA (valor de instalar resistencias), es decir un total de 14,74VA. Así pues:

$$I = \frac{14,74 \text{ VA}}{63,5 \text{ V}} = 0,232 \text{ A}$$

Conocida la distancia de 20 metros:

$$U = I \cdot R = I \cdot \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{S}$$

Donde:

- I = intensidad por los conductores.
- $\rho$  = resistividad del cobre en Ohm·mm<sup>2</sup>/m.
- L = distancia al equipo.
- S = sección del conductor.

$$U = 0,232 \cdot 0,018 \cdot \frac{2 \cdot 20}{6} = 0,02784 \text{ V}$$

Este valor de tensión supone una caída de tensión de 0,0435%. Por tanto, la sección de 6 mm<sup>2</sup> es correcta.

## 6.2.2 TABLA RESUMEN ELECCIÓN TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Para el resto de transformadores en las demás posiciones recogemos los valores en la siguiente tabla ya que el método de cálculo será el mismo.

<b>132 kV</b>	
<i>Medida</i>	<i>145 kV, 1200 V, 30VA, cl. 0,2, factor 1,5.</i>
<i>Protección</i>	<i>145 kV, 1200 V, 30VA, cl. 3P, factor 1,5.</i>
<i>Protección y medida</i>	<i>145 kV, 1200 V, 30VA, cl. 0,5-3P, factor 1,5.</i>
<b>45 kV</b>	
<i>Medida</i>	<i>52 kV, 420 V, 25VA, cl. 0,2, factor 1,5.</i>
<i>Protección</i>	<i>52 kV, 420 V, 25VA, cl. 3P, factor 1,5.</i>
<i>Protección y medida</i>	<i>52 kV, 420 V, 25VA, cl. 0,5-3P, factor 1,5.</i>
<b>15 kV</b>	
<i>Medida</i>	<i>24 kV, 140 V, 25 VA, cl. 0,2, factor 1,9.</i>
<i>Protección</i>	<i>24 kV, 140 V, 25 VA, cl. 3P, factor 1,9.</i>
<i>Protección y medida</i>	<i>24 kV, 140 V, 25 VA, cl. 0,5-3P, factor 1,9.</i>

Tabla 13. Resumen elección transformadores de tensión.

### 6.3 TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Estos transformadores pueden ir equipados tanto en los módulos híbridos de las líneas y transformadores y en las celdas de alta y media tensión. A la hora de comprar estos elementos hay opción de añadirlos. Por lo tanto, en este apartado se calcula que valores deberán tener estos TI.

Los TI tienen un factor de seguridad máximo para evitar sobrecargas en los aparatos de medida.

Nivel de 132:

Suponiendo que los TI se encuentran a una distancia de los relés de control que estarán en el edificio de control, de unos 20 metros (elemento más lejano) y la sección de los cables de 6mm<sup>2</sup> los cálculos para la selección de estos serán:

Con la potencia máxima de la línea calculada previamente, se calcula la relación de transformación:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = 431,17 \text{ A}$$

Así pues, la relación de transformación es **300-600/5 A**. El valor del secundario es un valor normalizado.

#### 6.3.1 SECUNDARIO DE MEDIDA

Para ello, se tiene en cuenta el consumo del contador que según catálogo es de 0,125 VA para secundarios de 5A. Así pues, las pérdidas de carga que se dan en los conductores que unen el contador a los secundarios serán:

$$S_{conductor} = I^2 \cdot \rho \cdot \frac{2 \cdot L}{S}$$

$$S_{conductor} = 5^2 \cdot 0,018 \cdot \frac{2 \cdot 20}{6} = 3 \text{ VA}$$

(carga monofásica por ello la longitud viene multiplicada por dos).

Por tanto, la carga total si se tiene en cuenta las pérdidas mencionadas del contador será de:

$$S_B = 3 \text{ VA} + 0,125 \text{ VA} = 3,125 \text{ VA}$$

Para la selección de los secundarios de medida la carga debe estar entre el 25% y el 75% de la nominal, es decir:

Si se elige un secundario de 10 VA:

$$10 \text{ VA} \cdot 0.25 = 2,5 \text{ VA}$$

$$10 \text{ VA} \cdot 0.75 = 7,5 \text{ VA}$$

$$2,5 \text{ VA} \leq 3,125 \text{ VA} \leq 7,5 \text{ VA}$$

Así pues, los secundarios de medida serán de:

### Medida

145 kV, 300-600/5 A, 10 VA, cl. 0,2s FS5.

La precisión de 0,2s viene definida en la norma SRZ001 de Endesa. En este caso se usa 0,2s ya que tenemos contadores tanto internos como a la llegada de las líneas, pero en el caso de la posición de 15 kV, no será necesaria tanta precisión, así pues, con una precisión de 0,5 será suficiente.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

#### 6.3.1.2 TABLA RESUMEN SECUNDARIOS DE MEDIDA

132 kV	
Medida	145 kV, 300-600/5 A, 10 VA, cl. 0,2s FS5
45 kV	
Medida	52 kV, 200-400/5 A, 10 VA, cl. 0,2s FS5
15 kV	
Medida	24 kV, 200-400/5 A, 10 VA, cl. 0,5 FS5

Tabla 14. Tabla resumen secundarios de medida.

#### 6.3.2 SECUNDARIOS DE PROTECCIÓN

Estos tendrán una clase de precisión de 5P (norma SRZ001 de Endesa).

##### 6.3.2.1 PÉRDIDA DE CARGA:

###### Carga total:

- Carga de todos los relés de protección para la protección: 0,5 VA (catálogo del contador).
- Pérdidas en conductores: 3 VA.

La carga total, por tanto:

$$S_B = \sum Cargas = 3,5 VA$$

Los secundarios de protección serán de clase 5P (norma SRZ001 de Endesa), la elección del ALF se calculará considerando que las protecciones deberán actuar correctamente si tenemos 8 veces la intensidad nominal.

### 6.3.2.2 CÁLCULO DE ALF

Este coeficiente ALF es el factor límite de protección y representa la relación entre la corriente límite de precisión asignada y la corriente primaria asignada y es un valor que debe calcularse para la elección de los TI.

Así pues:

$$ALF = c \cdot \frac{f \cdot I_n}{I_{pr}}$$

$$ALF = 2 \cdot \frac{8 \cdot 431,17}{600} = 11,49$$

Donde:

- ALF = factor límite de protección.
- c = factor de seguridad.
- f = factor multiplicador de la intensidad (8 veces la nominal).
- $I_{pr}$  = intensidad del primario.

Algunos de los valores normalizados de ALF son 5-10-15-20-30.

Para la elección de este valor, deberá ser mayor que el calculado anteriormente, así pues, un valor puede ser:

$$ALF' = 15 \geq ALF = 11,49$$

Este valor de ALF' debe ser comprobado ya que en este caso es un poco justo. Por tanto:

Se calcula cuantas veces la intensidad de cortocircuito es mas grande que la intensidad del transformador:

$$\frac{I_{cc}}{I_{pr}} = \frac{11520 \text{ A}}{600 \text{ A}} = 19,2$$

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

Este valor nos indica que debemos seleccionar un ALF mayor que cumpla que al cargar el secundario con los equipos y conexiones, este valor de ALF en carga sea superior.

Una primera aproximación de este valor del secundario sería con un ALF de 15, calculamos ahora el ALF real a través de la siguiente expresión:

$$K_r = K \cdot \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}}$$

Donde:

- $K_r$  = factor de seguridad real (ALF').
- $K$  = factor de seguridad asignado (ALF).
- $S_N$  = carga de precisión en VA.
- $S_{CT}$  = consumo interno del transformador en VA.
- $S_r$  = carga real conectada en VA.

El consumo interno del transformador en VA viene proporcionado de catálogo, los valores típicos son entre 0,002Ω/vuelta y 0,007Ω/vuelta. Para este cálculo se selecciona un valor de 0,005Ω/vuelta.

Así pues, el número de vueltas se obtiene a través de la relación de transformación:

$$\frac{600 \text{ A en 1 vuelta}}{5 \text{ A en } x \text{ vueltas}} = 120 \text{ vueltas}$$

Este valor de 120 vueltas si lo multiplicamos por el dato de catálogo de 0,005Ω/vuelta, se obtiene la resistencia interna ( $R_{CT}$ ) y con ella obtenemos el consumo interno del transformador, es decir:

$$S_{CT} = I^2 \cdot R_{CT} = 5^2 \text{ A} \cdot 0,6 \Omega = 15 \text{ VA}$$

Así pues, obtenemos un valor de factor de seguridad real de:

$$K_r = 15 \cdot \frac{10 + 15}{3,5 + 15} = 20,27 \geq 19,2$$

Este valor es un poco justo, por tanto, elegimos un valor normalizado de 20, así quedará:

$$K_r = 20 \cdot \frac{15 + 15}{3,5 + 15} = 32,34$$

El secundario de protección quedará:

145 kV, 300-600/5 A, 15 VA, 5P20

### 6.3.2.3 TABLA RESUMEN SECUNDARIOS DE MEDIDA.

132 kV	
Protección	145 kV, 300-600/5 A, 15 VA, 5P20
45 kV	
Protección	52 kV, 200-400/5 A, 15 VA, 5P20
15 kV	
Protección	24 kV, 200-400/5 A, 10 VA, 5P15

*Tabla 15. Tabla resúmenes secundarios de protección.*

## 7. CÁLCULO DE LA ALTURA DE LAS PUNTAS FRANKLIN CON EL MÉTODO DE LAS ESFERAS RODANTES.

Primero definimos las alturas mínimas según reglamento. Las líneas de 132 kV según la **ITC- LAT 07** deberán tener una altura mínima de 5,3+1,2 metros.

En este caso las líneas entrarán a una altura de 9,3 metros y el ancho de la calle será de 12 metros (4 metros de separación entre fases, en la **ITC-RAT 14** la separación mínima será de 1,3 metros). Esta separación de 4 metros se debe a la elección de un dintel D425 del catálogo de IMEDEXSA cuya composición será de 2,5 m + 4 m, 4 m, 2,5 m. Para conectarlo a los apoyos se pierde medio metro en cada lado por lo que el resultado son los 12 metros de ancho de calle (utilizada normalmente por REE).

Este cálculo de las esferas rodantes será un cálculo aproximado que se basará en el siguiente método:



## 7.1 ALTURA MÍNIMA DE LA PUNTA FRANKLIN.

Para comenzar estos cálculos comenzamos calculando la altura mínima a la que estará la punta Franklin, esto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H = \frac{4 \cdot h \pm \sqrt{16 \cdot h^2 - 12 \cdot (h^2 - a^2)}}{6}$$

Donde:

- H = altura a la que debería colocarse como mínimo la punta franklin.
- h = altura a la que entran las líneas de 132 kV en este caso.
- a = ancho de la calle.

Por tanto, obtenemos una altura de:

$$H = \frac{4 \cdot 9,3 \pm \sqrt{16 \cdot 9,3^2 - 12 \cdot (9,3^2 - 12^2)}}{6} = 13,79 \text{ m}$$

Por tanto, esta será la altura mínima a la que deberemos colocar la punta si queremos proteger adecuadamente la instalación. Como tenemos una altura del pórtico total de 14,3 metros:

- 11 metros de fuste+cabeza.
- Mástil del pararrayos de 3 metros.
- Punta Franklin de 0,3 metros.

Por tanto, como  $14,3 \text{ m} \geq 13,79 \text{ m}$ , estas medidas nos valen y podemos calcular el radio de la esfera rodante.

## 7.2 CÁLCULO ESFERA RODANTE

Este cálculo dependerá de donde sea realizado. Para los extremos de la subestación el radio de la esfera rodante tendrá un valor de:

$$R = \sqrt{3} \cdot H$$

$$R = \sqrt{3} \cdot 13,79 \text{ m} = 23,88 \text{ m}$$

Para el interior de la subestación (entre pararrayos) este radio tendrá un valor de:

$$R = 2 \cdot H - h$$

$$R = 2 \cdot H - h = (2 \cdot 13,79 \text{ m}) - 9,3 \text{ m} = 18,28 \text{ m}$$

Con estos radios, como se mostrará visualmente en los planos posteriormente, es un radio suficiente para proteger todos los elementos que engloban la subestación. Se colocan nueve pararrayos (3 por pórtico) como se muestra en la sección de planos, suficientes para garantizar la protección.

El único elemento que quedará fuera de estas esferas será la línea de entrada, pero estas estarán protegidas por el hilo de guardia de la propia línea.

# Estudio Básico de Seguridad y Salud

## AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

Onofrio Luisi Ciccarrone

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021

## ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

### 1. OBJETO

El objeto de éste estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello, relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Así mismo éste Estudio de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes y demás aspectos contemplados en su artículo 24 sobre coordinación de actividades empresariales.

El presente estudio tiene por objeto describir las condiciones generales de trabajo y las actividades concretas a realizar, así como analizar los riesgos previsibles y las actuaciones encaminadas a evitarlos y establecer los medios asistenciales necesarios para minimizar las consecuencias de los accidentes que pudieran producirse.

### 2. ALCANCE

Las medidas contempladas en este Estudio alcanzan a las relacionadas con los Trabajos con Riesgos Especiales, según el Artículo 2, apartado b) del citado Real Decreto y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas de las distintas organizaciones que intervengan en la ejecución de los mismos.

### 3. NORMATIVA

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad de Instalaciones de Alta Tensión.
- Ley General de la Seguridad Social, R.D.L. 1/1994 de 20 de junio.
- Estatuto de los Trabajadores, R.D. 1/1995 de 24 de marzo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud de las obras de construcción.
- R.D. 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- R.D. 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002 de 2 de agosto), e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión, O.M. 28-11-68, D. 3151/1968.

## 4.DATOS GENERALES

### 4.1 PROPÓSITO Y APLIACIÓN

El Proyecto a desarrollar consiste **en la ampliación y actualización de la Subestación Eléctrica de Daroca 132/45/15 kV**, ubicada en el término municipal de Daroca, Zaragoza.

### 4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones ambientales del emplazamiento serán clima cálido y templado.

### 4.3 SITUACIÓN Y PROPIEDAD

La subestación proyectada se ubicará a una distancia de 84 km de la capital aragonesa, Zaragoza, dentro del campo de Romanos, en Aragón.

En los planos adjuntos de Situación y emplazamiento (DOCUMENTO BÁSICO II PLANOS 1 Y 2) puede verse la localización concreta de la instalación.

La subestación ocupará 3.477 m<sup>2</sup>. El acceso a la misma se realizará a través de los viales de la nueva urbanización de la ampliación del puerto y de un acceso que unirá la instalación objeto de este estudio con dicho vial.

La subestación de Daroca será propiedad en su totalidad **ENDESA S.A.**

#### 4.4 PRINCIPALES TRABAJOS

Las actividades principales a ejecutar en el desarrollo de los trabajos son básicamente las siguientes:

- Acondicionamiento del terreno destinado a la instalación.
- Movimiento de tierras.
- Excavación para la realización de la obra civil (cimentaciones, viales, cierre, bancadas de transformadores, depósito de aceite, canales de cables, zanjas, edificios, etc.), y ejecución de la misma.
- Ejecución de la red de tierras.
- Medida de tensiones de paso y contacto.
- Construcción de un edificio destinado a albergar los equipos GIS 45(72) kV, sala de control y S.S.A.A, aseo y almacén.
- Construcción de un edificio destinado a albergar las celdas de MT, trafo de servicios auxiliares.
- Maniobra de descarga mediante grúa hasta su bancada y montaje de transformadores de potencia.
- Montaje de estructuras y aparamenta eléctrica de intemperie.
- Colocación de embarrados y piezas de conexión para unión de la aparamenta.
- Montaje de subestación blindada GIS 45(72) kV en el interior del edificio.
- Montaje de celdas de MT en el interior del edificio.
- Montaje de equipos de protección, medida, control y comunicaciones en los edificios, así como la instalación de la parte de servicios auxiliares.
- Tendido y conexionado de los cables de control, fuerza y comunicaciones, y demás elementos auxiliares.

#### 4.5 PLAZO DE EJECUCIÓN

La construcción de la Subestación transformadora se realizará durante doce meses, a partir de la fecha de comienzo de las obras.

#### 4.6 NÚMERO DE OPERARIOS PREVISTO

El número previsto de operarios para llevar a cabo las distintas tareas serán de 15, pudiéndose estimar un número máximo de 20.

#### 4.7 OFICIOS

La mano de obra directa prevista la compondrán trabajadores de los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo. Mando de Brigada.
- Albañiles.
- Montadores estructuras metálicas.
- Montadores eléctricos.
- Soldadores (PE y Eléctrica).
- Ayudantes de soldador.
- Gruistas y maquinistas.
- Peones.
- Cableadores eléctricos.

La mano de obra indirecta estará compuesta por:

- Jefe de Obra.
- Técnicos de ejecución/Control de Calidad/Seguridad.



## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

- Encargados.
- Administrativos.

## 4.8 MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

Para la realización de la ampliación y modificación se prevé la utilización de los siguientes medios auxiliares y maquinaria:

- Cuadros eléctricos auxiliares
- Medidor de aislamiento
- Instalaciones eléctricas provisionales
- Andamios metálicos modulares
- Escaleras de mano
- Maquinaria de movimiento de tierras. Excavadoras
- Hormigonera eléctrica
- Soldadora
- Grúa
- Camión hormigonera
- Motovolquete (Dumper)
- Grupo compresores y electrógeno
- Martillo
- Camión Dumper
- Camión grúa
- Poleas eléctricas
- Pinzas amperimétricas

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

No está previsto el empleo de materiales peligrosos o tóxicos, ni tampoco elementos o piezas constructivas de peligrosidad desconocida en su puesta en obra. Tampoco se prevé el uso de productos tóxicos en el proceso de construcción.

## 4.9 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio, los contratistas instalarán cuadros de distribución con toma de corriente desde los puntos indicados por el ayuntamiento de Daroca.

### 4.9.1 RIESGOS MÁS FRECUENTES

- Descarga eléctrica de origen directo o indirecto.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas en altura.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Incendios y explosiones.
- Golpes contra objetos.
- Proyecciones de partículas a los ojos.

#### 4.9.2 PROTECCIONES PERSONALES

- Casco homologado de seguridad, dieléctrico, en su caso.
- Guantes aislantes.
- Pértigas de salvamento, maniobra y de verificación de ausencia de tensión.
- Herramientas manuales, con aislamiento.
- Botas aislantes, chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas.
- Tarimas, alfombrillas, pértigas aislantes.

#### 4.9.3 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Se realizará mantenimiento periódico del estado de las mangueras, tomas de tierra, enchufes, cuadros de distribución, etc.
- Los aparatos portátiles eléctricos que sean necesarios emplear, se desconectarán de la red automáticamente si están fuera de control (pulsadores en lugar de interruptores de mando en el mismo aparato).
- Montaje de protección mecánica en los huecos donde pueda producirse caída de personal.
- Se limpiará periódicamente los restos de materiales para mantener la zona de trabajo limpia.

## 4.10 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Se analizan a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de construcción y montaje previstas, así como derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares, manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas y equipos de soldeo eléctrico.

Se analizan primero los riesgos generales, que pueden darse en cualquiera de las actividades, y después se seguirá con el análisis de los riesgos específicos de cada actividad.

### 4.11 RIESGOS GENERALES OBRA CIVIL

Se entienden como riesgos generales aquellos que puedan afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen. Se prevén los siguientes:

- Atropello, golpes y colisiones originadas por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de maquinaria.
- Aplastamiento en operaciones de carga y descarga.
- Caídas al mismo nivel por falta de orden y limpieza.
- Caídas en altura de personas en las fases de encofrado, puesta en obra del hormigón y desencofrado, así como en el montaje de equipos e instalaciones.
- Caídas y descubrimiento del personal en planos inclinados de excavación.
- Generación de polvo, contacto con hormigón.
- Lesiones oculares.
- Explosiones e incendios.
- Intoxicación por desprendimiento de gases de filtración.

- Inhalación de gases tóxicos en proceso oxicorte.
- Cortes en extremidades del cuerpo quemaduras en proceso de oxicorte.
- Desprendimientos por mal apilado de elementos.
- Caídas de objetos a distinto nivel (martillos, tenazas, destornilladores,
- Golpes en manos, pies y cabeza.
- Caídas desde altura.
- Electrocuci3nes.

#### 4.12 MEDIDAS PREVENTIVAS

Para disminuir en lo posible los riesgos previstos en el apartado anterior, ha de actuarse sobre los factores que, por separado o en conjunto, determinan las causas que producen los accidentes. Estos son: el factor humano y el factor técnico.

La actuación sobre el factor humano, basada fundamentalmente en la formación, mentalización e información de todo el personal que participe en los trabajos del presente Proyecto, así como en aspectos ergonómicos y condiciones ambientales, será analizada con mayor detenimiento en otros puntos de este Estudio de Seguridad y Salud.

Por lo que respecta a la actuación sobre el factor técnico, se actuará básicamente en los siguientes aspectos:

- **Protecciones colectivas.**
- **Protecciones personales.**
- **Controles y revisiones técnicas de seguridad.**

Sobre la base de los riesgos previsibles enunciados en el punto anterior, analizamos a continuación las medidas previstas en cada uno de estos campos.

#### 4.12.1 PROTECCIONES COLECTIVAS

Como descrito anteriormente, será obligatorio el uso de protecciones colectivas.

Así pues:

- En los huecos en los que pudiera producirse caída de personal se montarán protecciones mecánicas.
- Se dispondrá como mínimo de un extintor portátil de polvo en cada tajo de trabajo.
- Mantener ordenado todo el material para evitar caídas y accidentes con los mismos.
- Se recogerán periódicamente los residuos y materiales usados para mantener limpio el lugar de trabajo.
- En el caso de realizar trabajos de soldadura o trabajos en los cuales pueda desprenderse partículas incandescentes se colocarán mamparas de material ignífugo.

#### 4.12.2 PROTECCIONES PERSONALES

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales.

Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Dado que la mayoría de los riesgos que obligan al uso de las protecciones personales son comunes a las actividades a realizar, relacionamos las prendas de protección previstas para el conjunto de los trabajos. Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco de seguridad homologado.
- Mono de trabajo y en su caso trajes de agua, guantes y botas con suela reforzada anti-clavo.
- Empleo de cinturón de seguridad, por parte del conductor de la maquinaria, si ésta va dotada de cabina antivuelco.
- Gafas protectoras, en trabajos de corte de chapa o elementos de maquinaria o estructurales.
- Gafas antipolvo, gafas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Mandil de cuero para trabajos con ferralla y acero.
- Mascarilla antipolvo de filtro mecánico recambiable.
- Mandil y manoplas de cuero para ferrallistas.
- El operario que trabaje en perforaciones en roca estará provisto de cascos auriculares y de cinturón de seguridad para trabajos de altura.
- Casco de polietileno (preferiblemente con barboquejo).
- Cinturón de seguridad.
- Botas de seguridad con suela aislante.
- Guantes de cuero.
- Botas de goma o de P.V.C. de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Manoplas de soldador.
- Mandil de soldador.
- Yelmo de soldador.
- Pantalla de mano para soldadura.
- Gafas de soldador.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

Dispondrán del sello (CE) y del certificado correspondiente.

Todos estos equipos de protección individual cumplirán lo establecido en el R.D. 1470/92 de 20 de noviembre.

#### 4.13 REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD

Su finalidad es comprobar la correcta ejecución de los trabajos que puedan afectar a la integridad física de los trabajadores. Para ello se mantendrá una vigilancia permanente sobre el estado de todos los equipos de seguridad, instalaciones, maquinaria y medios auxiliares.

La inspección de que los elementos de producción se emplean adecuadamente, y de que las máquinas, los medios de protección, las instalaciones, etc., están en buen estado, es uno de los cometidos del Personal de Seguridad, aunque siguiendo el criterio de integrar la seguridad en la producción, esta labor deberá hacerla, en ausencia de éstos, los Mandos Intermedios.



## 5. MEDIDAS PREVENTIVAS CONTRA RIESGOS ELÉCTRICOS EN MANIOBRAS ELÉCTRICAS

### 5.1 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

Siempre que se realice cualquier tipo de operación en las instalaciones eléctricas, ya sea durante el proceso de puesta en servicio o en posteriores operaciones de mantenimiento, deberán observarse las siguientes disposiciones

- 1) Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión
- 2) Bloquear los aparatos de corte
- 3) Verificarla ausencia de tensión
- 4) Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión
- 5) Delimitar y señalizar la zona de trabajo

### 5.2 INSTRUCCIONES BÁSICAS PARA MANIOBRAS

Antes de realizar cualquier tipo de maniobra, deberán tenerse en cuenta las siguientes premisas:

- No accionar nunca un seccionador en carga
- Siempre que haya que cortar servicio en un circuito en carga, primero deberá accionarse el Interruptor de apertura de carga o del interruptor automático.
- Antes de cerrar un seccionador de puesta a tierra (p.a.t.) se comprobará la ausencia de tensión.
- Antes de reestablecer servicio en un circuito se comprobará que estén abiertos los seccionadores de p.a.t.

- Familiarizarse con el centro y observar detenidamente la señalización si es que la hay.
- Utilizar el material de seguridad necesario para cada maniobra

Todas estas premisas son extensivas a toda maniobra que sea necesario realizar en la subestación transformadora complementándose en cada caso con las instrucciones particulares de cada aparato.

## 6 MEDIOS AUXILIARES

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MEDIOS AUXILIARES

Los medios auxiliares más empleados son los siguientes:

- Andamios de servicios, usados como elementos auxiliares, en los trabajos de cerramientos e instalaciones.
- Andamios colgados móviles, formados por plataformas metálicas suspendidas de cables, mediante pescantes metálicas.
- Andamios de borriquetas o caballetes, contruidos por un tablero horizontal de tres tablones, colocados sobre los pies en forma de 'V' invertida, sin arrostramientos.
- Escaleras de mano. Serán de dos tipos: metálicas y de madera. Se emplearán para trabajos en alturas pequeñas y de poco tiempo, o para accederá algún lugar elevado sobre el nivel del suelo.
- Estrobos, cables y cuerdas, usados como elementos auxiliares, en los trabajos de manipulación de cargas.

## 6.2 CHARLA DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS PARA PERSONAL DE INGRESO EN OBRA

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, asistirá a una charla en la que será informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

## 6.3 CHARLAS SOBRE RIESGOS ESPECÍFICOS

Estarán dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajos o Responsables de Seguridad.

Si en la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas profesiones o fases de trabajo, se programarían charlas específicas, impartidas por el Técnico de Seguridad, encaminadas a divulgar las medidas de protección necesarias en las actividades a que se refieran.

Entre los temas más importantes a desarrollar en estas charlas estarán los siguientes:

- Riesgos eléctricos.
- Trabajos en altura.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas, escaleras y líneas de vida.

## 6.4 REUNIONES DE SEGURIDAD

Para que la política de mentalización, motivación y responsabilidad de los mandos de obra en el campo de la prevención de accidentes sea realmente efectiva, son muy importantes las Reuniones de Seguridad en las que la Dirección de Obra, los Mandos responsables de la ejecución de los trabajos, los trabajadores y el personal de Seguridad, analicen conjuntamente aspectos relacionados exclusivamente con la prevención de accidentes.

## 7 MEDICINA ASISTENCIAL

### 7.1 PRIMERIOS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA

#### 7.1.1 BOTIQUÍN:

De acuerdo con el apartado 14 del R.D. 1627/97 y el apartado A del Real decreto 486/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se recoge a continuación, indicándose también los centros asistenciales más cercanos a los que trasladar los trabajadores que puedan resultar heridos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
TIPO DE ASISTENCIA	UBICACIÓN	DISTANCIA Y TIEMPO DE LLEGADA
Primeros auxilios	Botiquín portátil.	En obra.
Accidentes leves	Centro de Salud Daroca (Zaragoza)	2 Km., 2 min.
Accidentes graves	Ernest Lluch (Calatayud).	32 Km., 25 min.

Se dispondrá de un botiquín portátil de primeros auxilios en los vestuarios.

Cada botiquín contendrá: agua oxigenada, alcohol de 96º, un antiséptico, amoníaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos, bolsas de goma para hielo y agua, guantes esterilizados, colirio estéril.

En el botiquín se dispondrá un cartel claramente visible en el que se indiquen todos los teléfonos de los centros hospitalarios más próximos: médico, ambulancias, bomberos, policía, etc.

#### 7.1.2 MEDICINA PREVENTIVA:

Con el fin de lograr evitar en la medida de lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, síquicos, alcoholismo y resto de toxicomanías peligrosas, el Contratista adjudicatario y los subcontratistas, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realizarán los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores en esta obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación. Y así mismo, exigirá su cumplimiento puntualmente, al resto de las empresas que sean subcontratadas por cada uno de ellos para esta obra.

## SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

### MEMORIA

#### 7.1.3 EMERGENCIAS:

Debe disponerse de un cartel claramente visible en el que se indiquen los centros asistenciales más próximos a la obra en caso de accidente.

- Emergencias:
- Emergencias: Teléfono 112
- Bomberos: Teléfono 112
- Policía Local: Teléfono 092
- Guardia Civil: Teléfono 062
- Policía Nacional: Teléfono 091

#### 7.1.4 CONTROL MÉDICO

Partiendo de la imposibilidad humana de conseguir el nivel de riesgo cero, es necesario prever las medidas que disminuyan las consecuencias de los accidentes que, inevitablemente, puedan producirse. Esto se llevará a cabo a través de tres actuaciones:

- El control médico de los empleados.
- La organización de medios de actuación rápida y primeros auxilios a accidentados.
- La medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional.



**Universidad  
Zaragoza**

# Planos

## AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

**Onofrio Luisi Ciccarrone**

Director/es

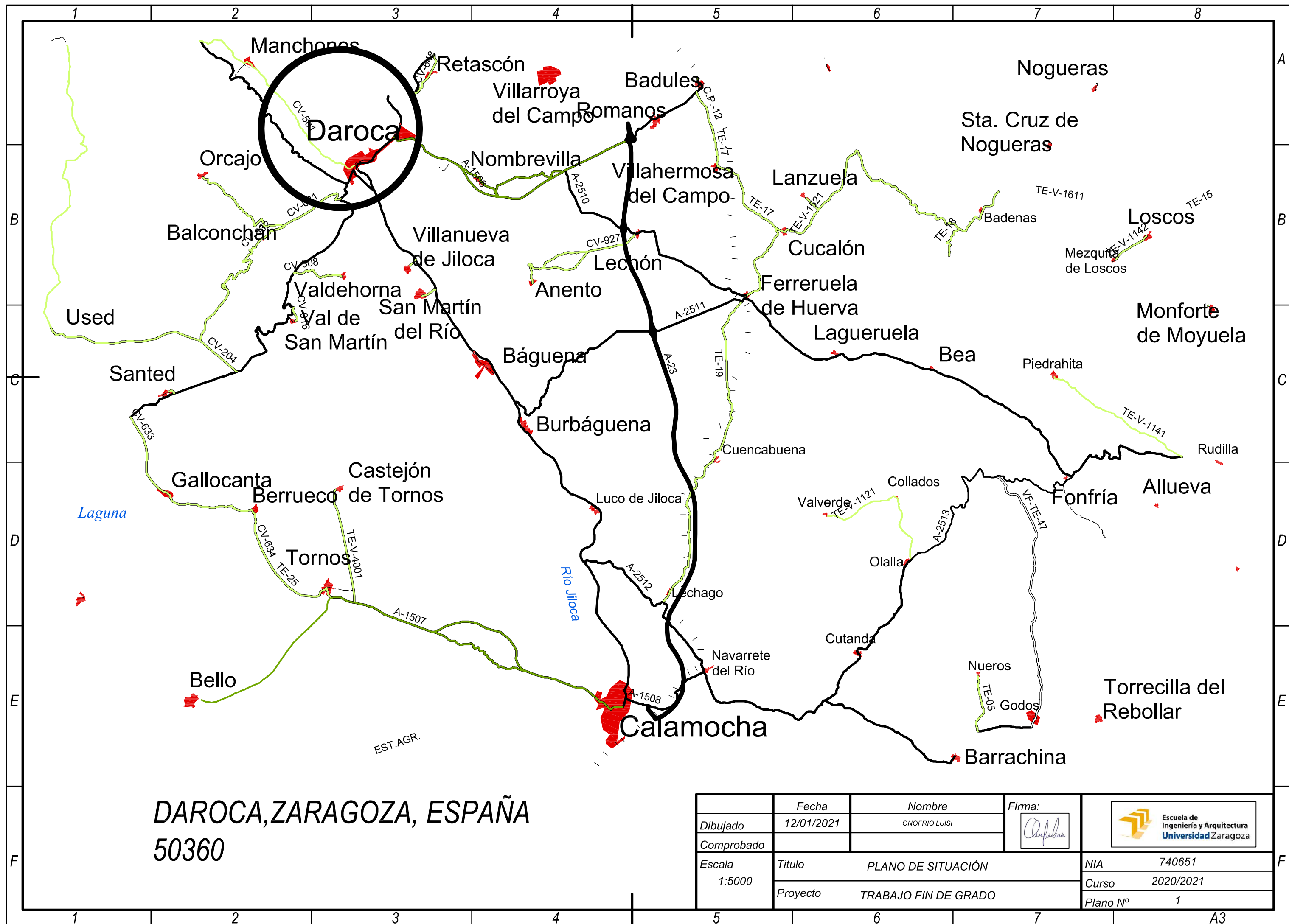
**Antonio Montañés Espinosa**

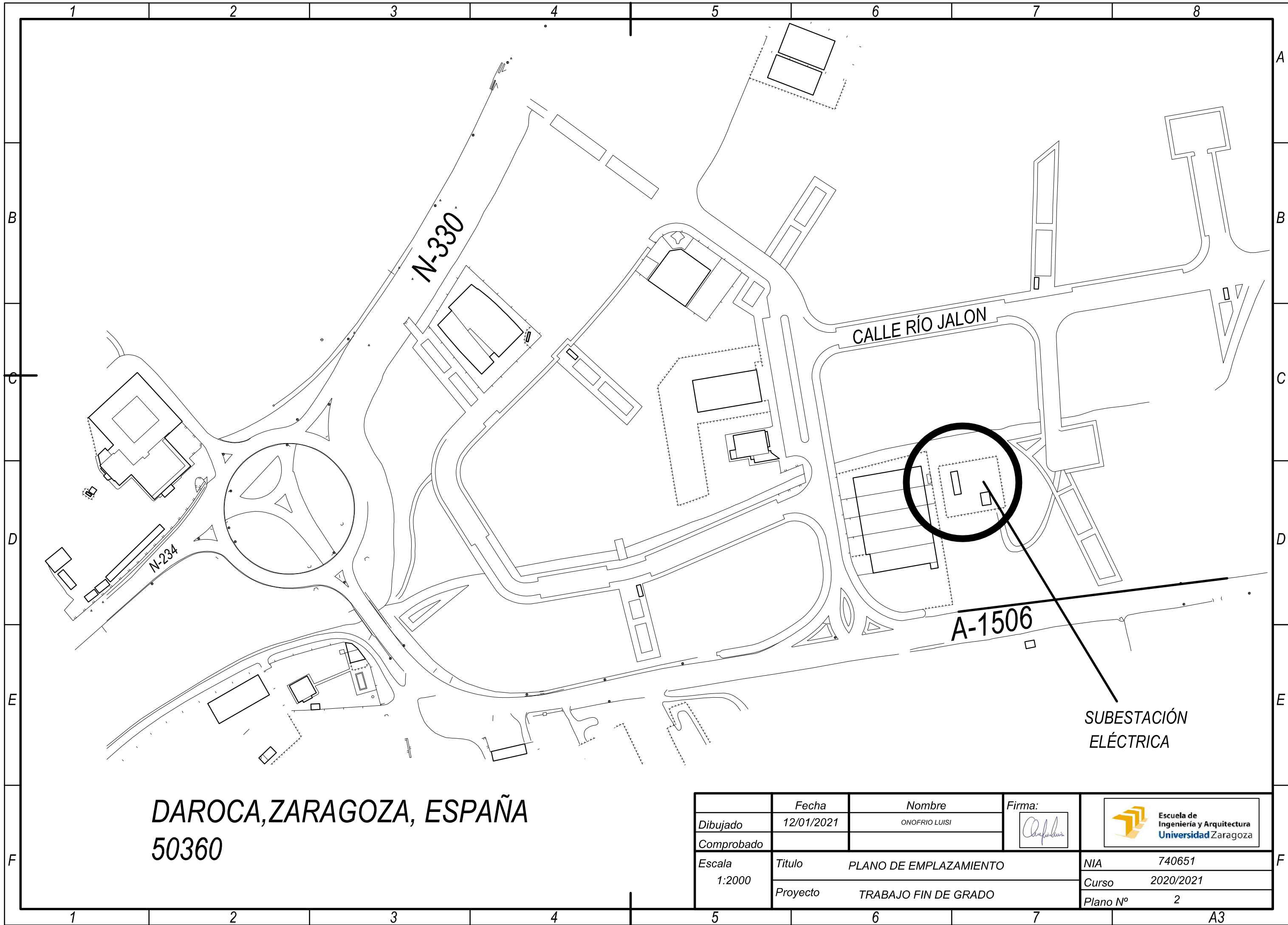
Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza  
2020/2021

# ÍNDICE DOCUMENTO BÁSICO DE PLANOS

- PLANO N.º 1: PLANO DE SITUACIÓN.
- PLANO N.º 2: PLANO DE EMPLAZAMIENTO.
- PLANO N.º 3: PLANO DE PLANTA GENERAL.
- PLANO N.º 4: PLANO DE ALZADO GENERAL POSICIÓN 132 kV.
- PLANO N.º 5: PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR.
- PLANO N.º 6: PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR EN POSICIONES DE ALTA TENSIÓN.
- PLANO N.º 7: PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR EN POSICIONES DE MEDIA TENSIÓN.
- PLANO N.º 8: PLANO DE ESQUEMA FUNCIONAL DE TRANSFORMADOR 132/45 kV.
- PLANO N.º 8: PLANO DE ESQUEMA FUNCIONAL DE TRANSFORMADOR 132/45 kV.
- PLANO N.º 9: PLANO DE ESQUEMA FUNCIONAL DE TRANSFORMADOR 45/15 kV.
- PLANO N.º 10: PLANO DE ESQUEMA FUNCIONAL DE LÍNEAS DE 132 y 45 kV.
- PLANO N.º 11: PLANO DE ESQUEMA FUNCIONAL DE LÍNEAS DE 15 kV.
- PLANO N.º 12: PLANO DE TIERRAS.
- PLANO N.º 13: PLANO ESFERAS RODANTES.



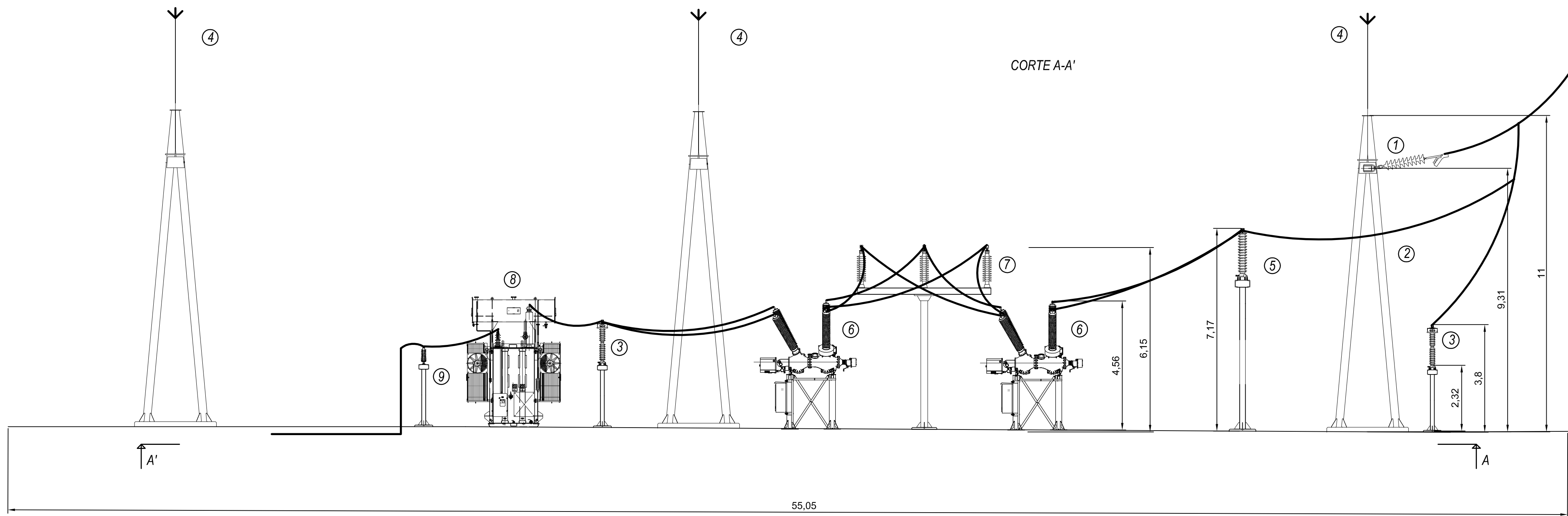




DAROCA, ZARAGOZA, ESPAÑA  
50360

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	12/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala	Titulo			NIA
1:2000	PLANO DE EMPLAZAMIENTO			740651
	Proyecto			Curso
	TRABAJO FIN DE GRADO			2020/2021
				Plano Nº
				2



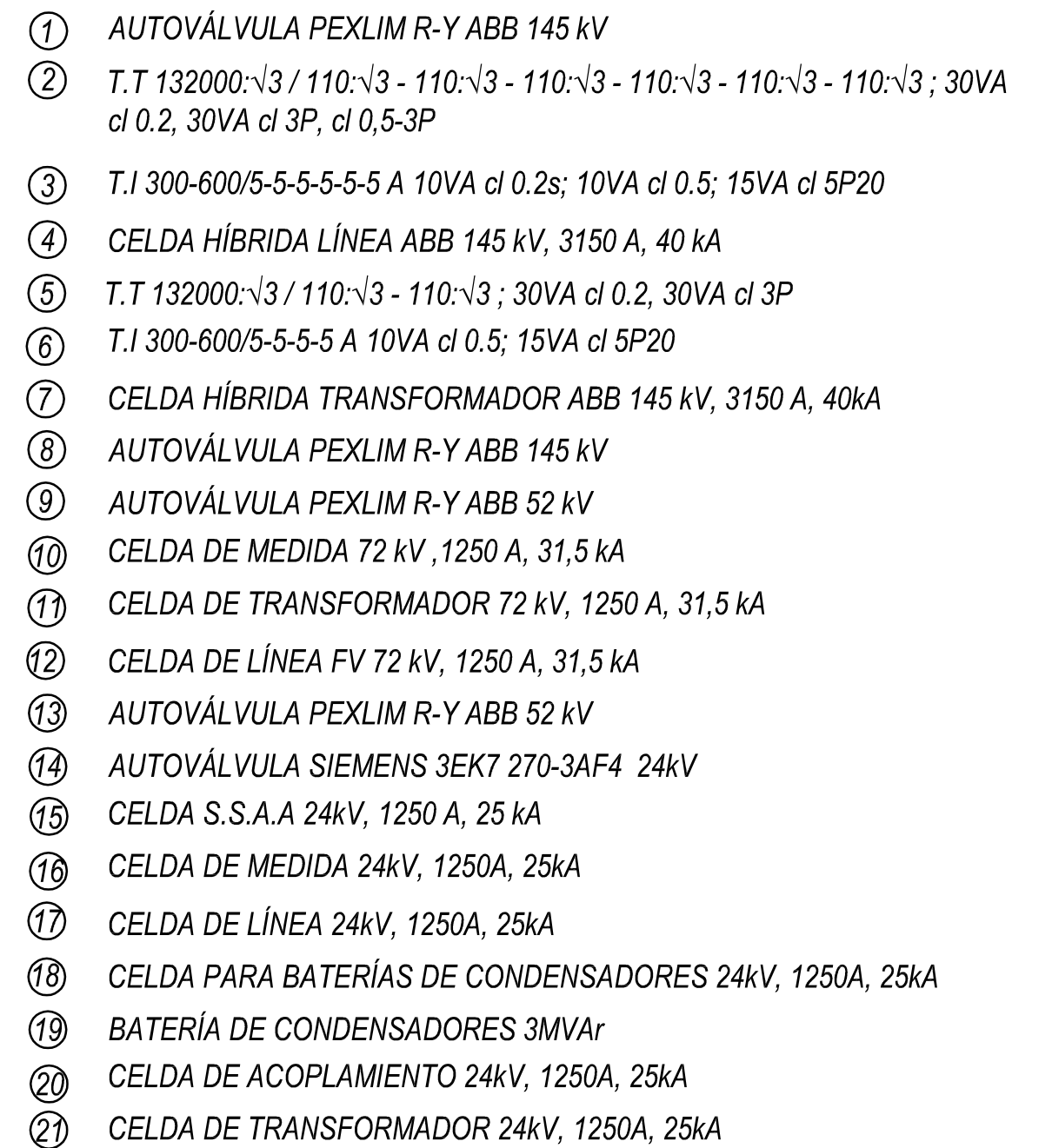


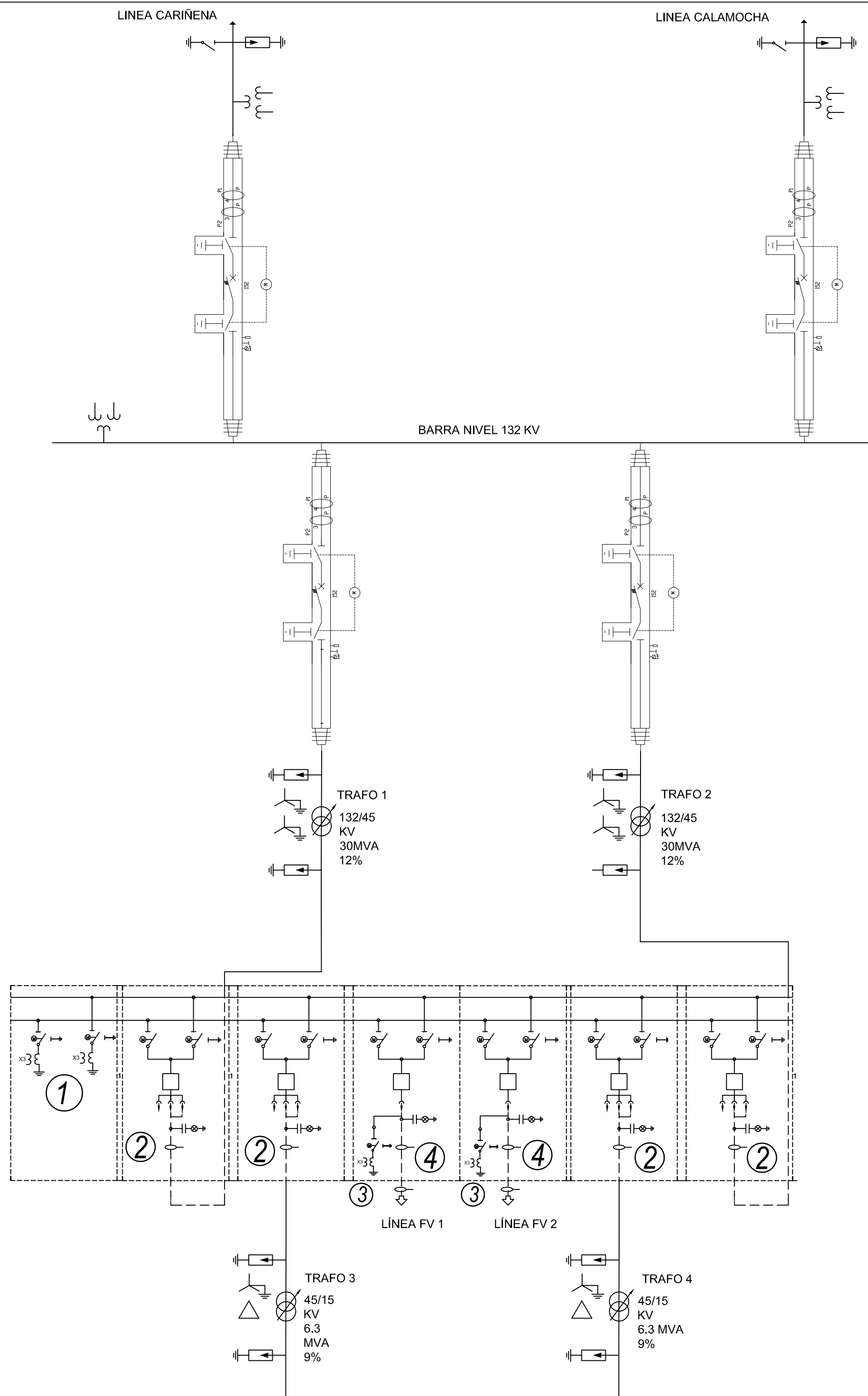
- ① ENTRADA LÍNEA Y AISLADOR
- ② PÓRTICO EN POSICIONES DE 132KV
- ③ AUTOVÁLVULA PEXLIM R-Y ABB 145 KV
- ④ PARARRAYOS CON PUNTA FRANKLIN INGESCO
- ⑤ SOPORTE CON AISLADOR
- ⑥ CELDA HÍBRIDA LÍNEA ABB 145 KV
- ⑦ BARRAS EN POSICIÓN DE 132KV
- ⑧ TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/45 KV
- ⑨ AUTOVÁLVULA PEXLIM R-Y ABB 52 KV

COTAS EN METROS (m)

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	12/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala 1:100	Título		NIA 740651	
	Proyecto		Curso 4º	
	TRABAJO FIN DE GRADO		Plano N° 4	

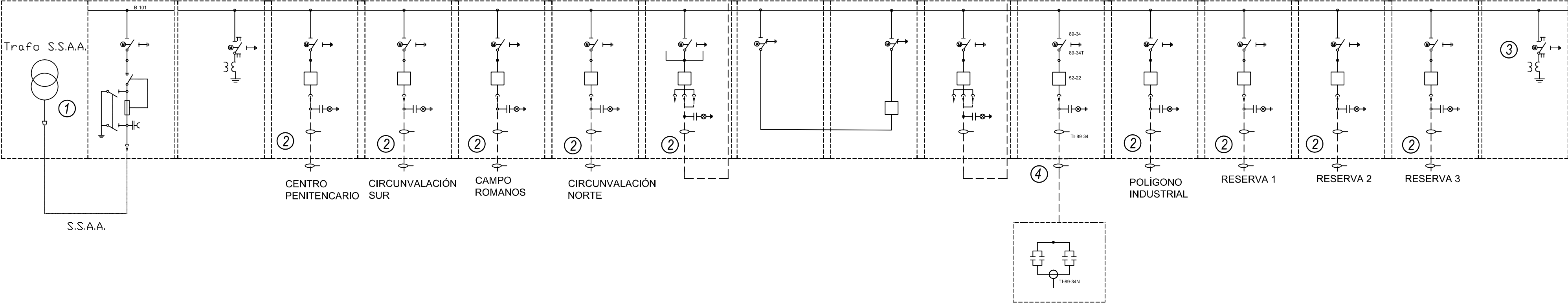






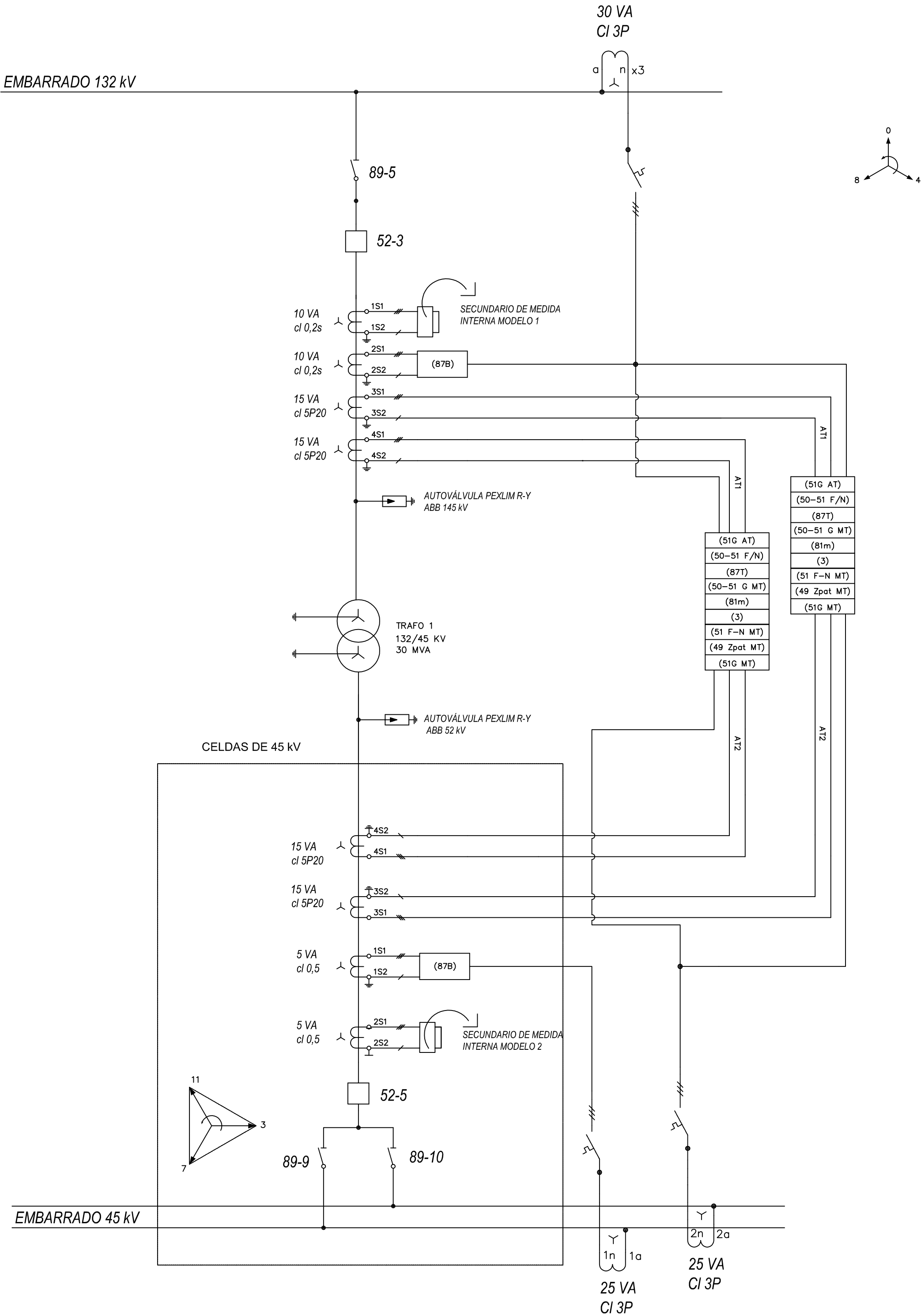
- ① T.T 52000: $\sqrt{3}$  / 110: $\sqrt{3}$  - 110: $\sqrt{3}$  - 110: $\sqrt{3}$  - 110: $\sqrt{3}$  ; 25VA cl 0.2, ; 25VA cl 3P
- ② T.I 200-400/5-5-5-5-5 A ; 5VA cl 0.5; 15VA cl 5P20
- ③ T.T 52000: $\sqrt{3}$  / 110: $\sqrt{3}$  - 110: $\sqrt{3}$  - 110: $\sqrt{3}$  - 110: $\sqrt{3}$  ; 25VA cl 0.2, 25VA cl 3P;
- ④ T.I 200-400/5-5-5-5-5 A ; 5VA cl 0.2s; 5VA cl 0.5; 15VA cl 5P20

	Fecha	Nombre	Firma: 	
Dibujado	12/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala S/E	Título UNIFILAR EN POSICIÓN DE 132KV Y 45KV		NIA	740651
	Proyecto TRABAJO FIN DE GRADO		Curso	4º
			Plano Nº	6



- ① TRANSFORMADOR S.S.A.A 15/0,420 kV y 25 kVA
- ② T.I 200-400/5-5-5 A ; 10VA cl 0.5; 10VA cl 5P15
- ③ T.T 15000:√3 / 110:√3 - 110:√3 - 110:√3 ; 25VA cl 0.2, 25VA cl 3P;
- ④ SECCIONADOR PAT 24KV; 16KA

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	12/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala S/E	Título		NIA 740651	
	UNIFILAR EN POSICIÓN DE 45KV		Curso 4º	
	Proyecto		Plano Nº 7	
		TRABAJO FIN DE GRADO		



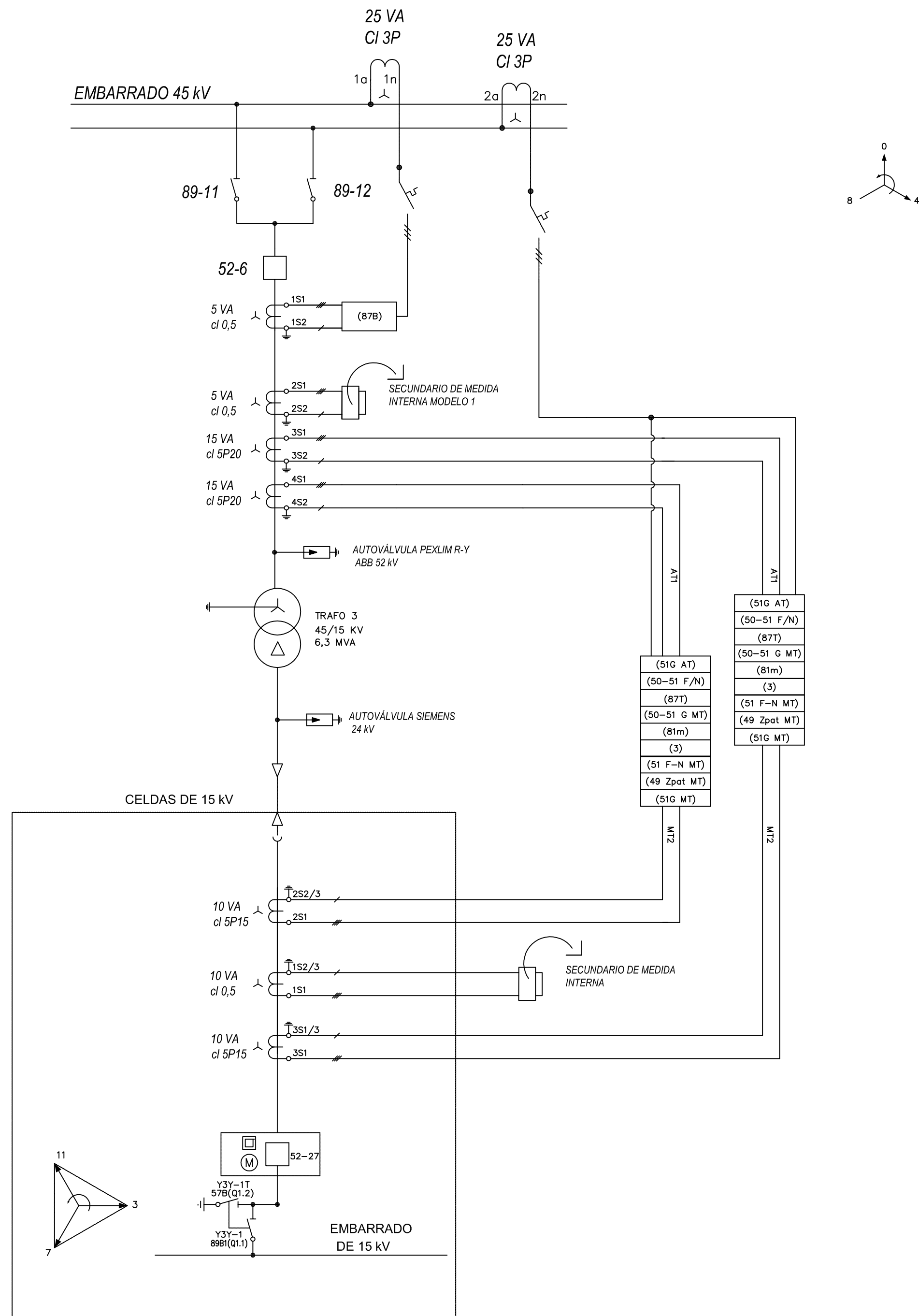
FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
50/51 F-N	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE Y SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA
51G AT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO AT
3	VIGILANCIA DE BOBINAS
50/51 G MT	DETECTOR INTENSIDAD IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA MT
81m	SUBFRECUENCIA
51 F-N MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE MT
49 Zpat MT	IMAGEN TÉRMICA IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA NEUTRO MT
51G MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO MT

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
50/51 F-N	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE Y SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA
51G AT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO AT
3	VIGILANCIA DE BOBINAS
50/51 G MT	DETECTOR INTENSIDAD IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA MT
81m	SUBFRECUENCIA
51 F-N MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE MT
49 Zpat MT	IMAGEN TÉRMICA IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA NEUTRO MT
51G MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO MT

87B	DIFERENCIAL DE BARRAS
-----	-----------------------

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	11/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala S/E	Título ESQUEMA FUNCIONAL TRAFO 132/45 kV		NIA	740651
	Proyecto TRABAJO FIN DE GRADO		Curso	4º
			Plano Nº	8



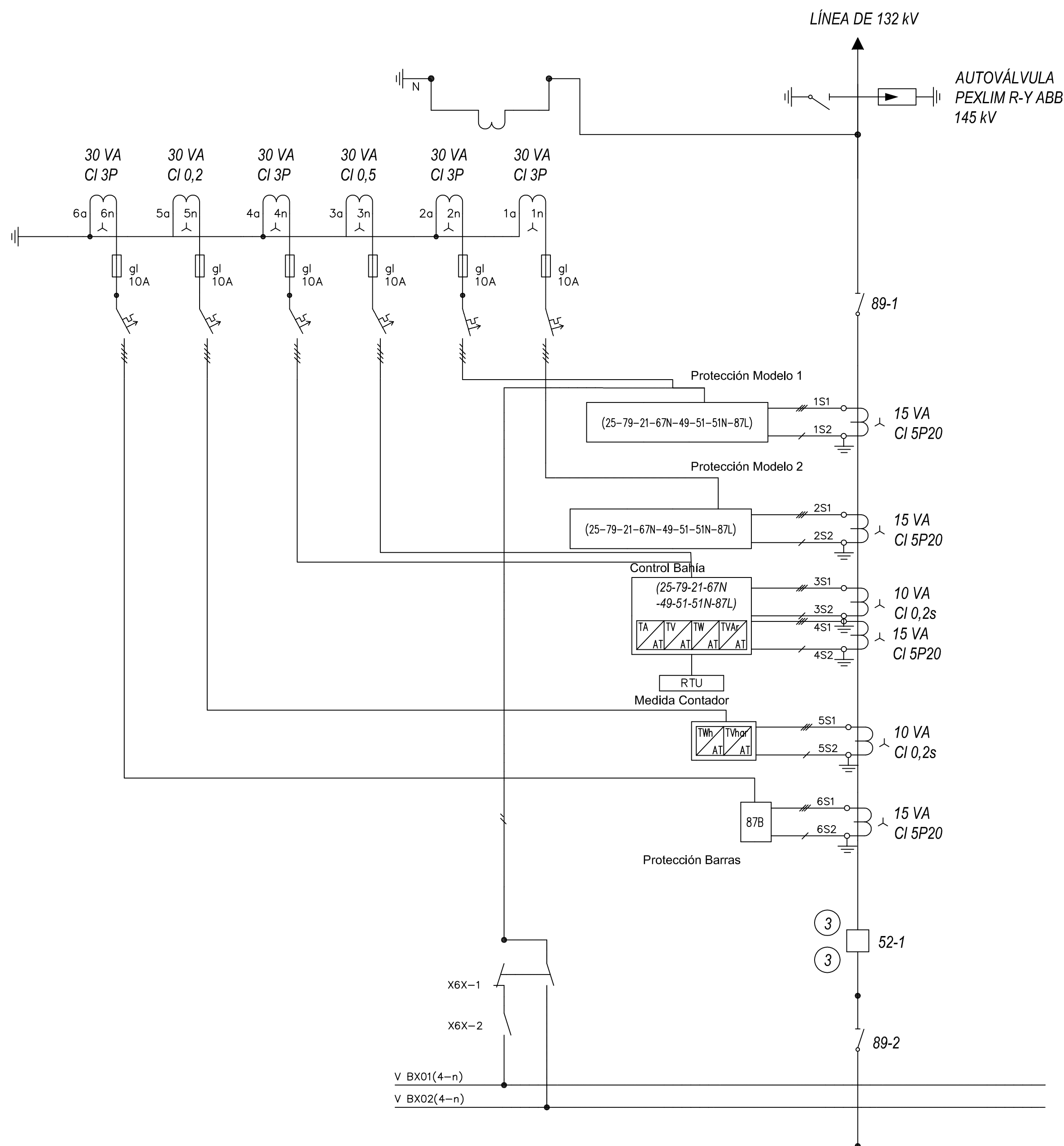


FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
50/51 F-N	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE Y SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA
51G AT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO AT
3	VIGILANCIA DE BOBINAS
50/51 G MT	DETECTOR INTENSIDAD IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA MT
81m	SUBFRECUENCIA
51 F-N MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE MT
49 Zpat MT	IMAGEN TÉRMICA IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA NEUTRO MT
51G MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO MT

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
87T	DIFERENCIAL DE TRANSFORMADOR
50/51 F-N	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE Y SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA
51G AT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO AT
3	VIGILANCIA DE BOBINAS
50/51 G MT	DETECTOR INTENSIDAD IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA MT
81m	SUBFRECUENCIA
51 F-N MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE MT
49 Zpat MT	IMAGEN TÉRMICA IMPEDANCIA PUESTA A TIERRA NEUTRO MT
51G MT	SOBREINTENSIDAD A TIEMPO DEPENDIENTE PUESTA A TIERRA NEUTRO MT

87B	DIFERENCIAL DE BARRAS
-----	-----------------------

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	11/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala 1:100	Titulo ESQUEMA FUNCIONAL TRAFO 45/15 kV			NIA 740651
	Proyecto TRABAJO FIN DE GRADO			Curso 4º
				Plano Nº 9



FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87L	DIFERENCIAL LONGITUDINAL
21	DISTANCIA
25	SINCRONISMO
79	REENGANCHADOR
49	IMAGEN TÉRMICA
51	MÁXIMA INTENSIDAD NO DIRECCIONAL DE FASES
67N	MÁXIMA INTENSIDAD DIRECCIONAL DE TIERRAS
51N	MÁXIMA INTENSIDAD NO DIRECCIONAL DE TIERRAS
3	VIGILANCIA DE BOBINAS

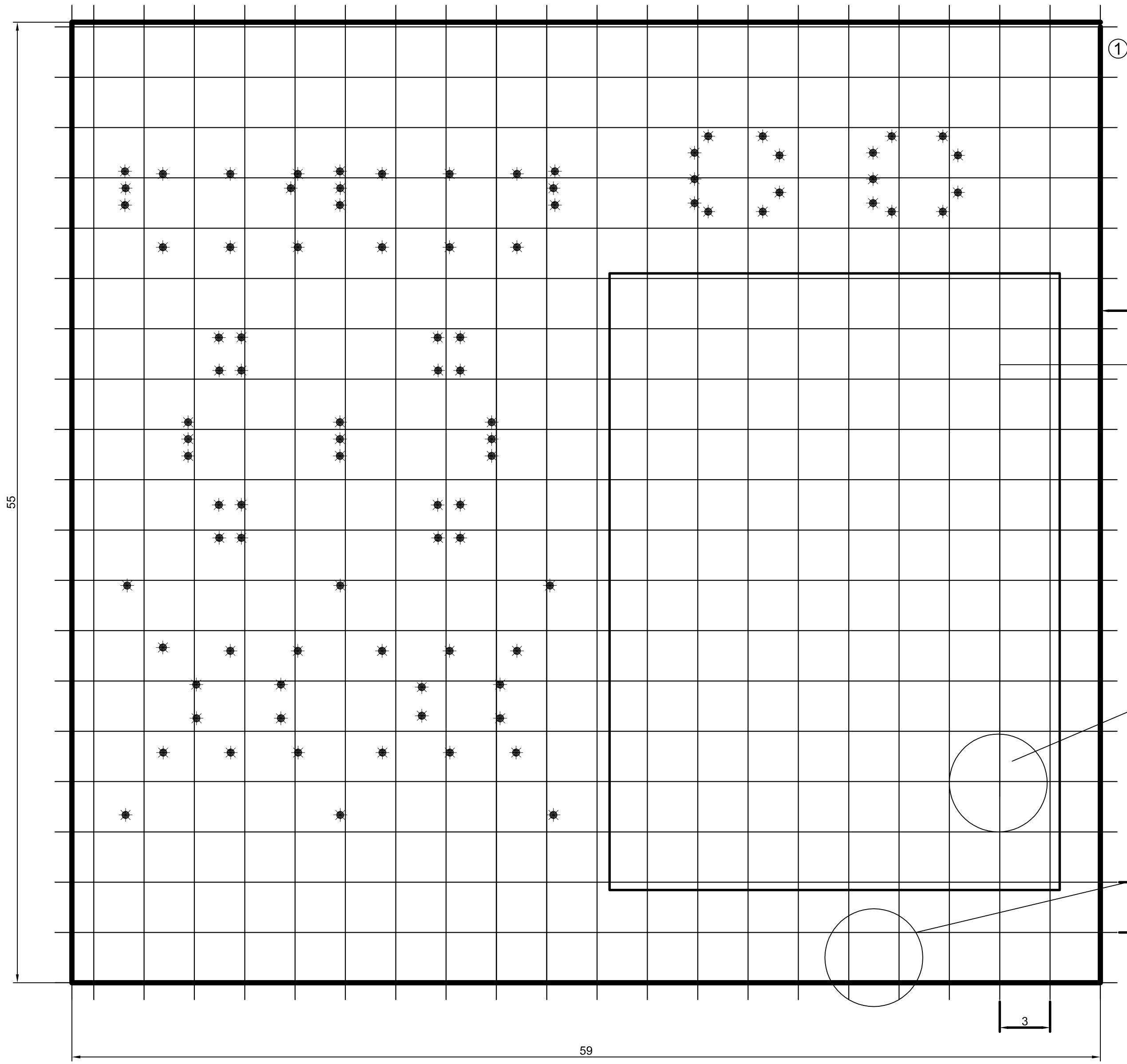
FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
21	DISTANCIA
25	SINCRONISMO
79	REENGANCHADOR
49	IMAGEN TÉRMICA
51	MÁXIMA INTENSIDAD NO DIRECCIONAL DE FASES
67N	MÁXIMA INTENSIDAD DIRECCIONAL DE TIERRAS
51N	MÁXIMA INTENSIDAD NO DIRECCIONAL DE TIERRAS
3	VIGILANCIA DE BOBINAS

87B	DIFERENCIAL DE BARRAS
-----	-----------------------

\*ESTE ESQUEMA SERÁ VÁLIDO PARA LAS LÍNEAS DE 45 kV.

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	11/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala S/E	Titulo ESQUEMA FUNCIONAL LÍNEAS 132 kV			NIA 740651
	Proyecto TRABAJO FIN DE GRADO			Curso 4º
				Plano Nº 10

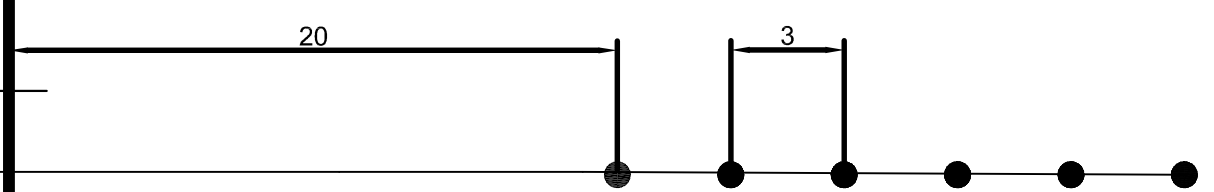




☼ APOYOS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS UNIDOS A TIERRA MEDIANTE SOLDADURA

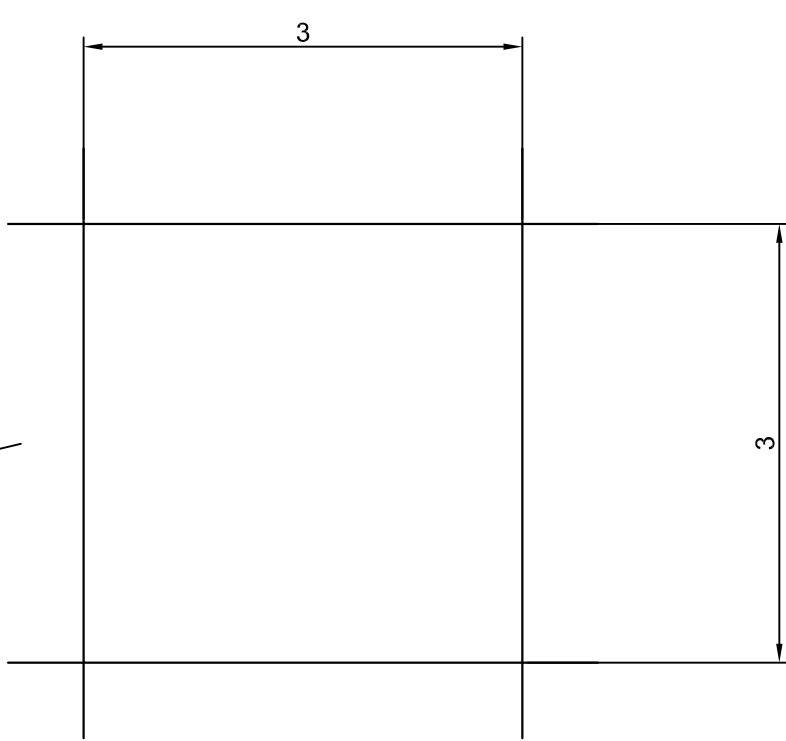
SUPERFICIE DE LA MALLA: 61 x 57 m = 3.477 metros²

① VALLA PERIMETRAL



PLANTA DE LAS PICAS DISTRIBUIDAS EN HILERA UNIDAS POR CONDUCTOR HORIZONTAL DE 50 mm² Y Ø DE 14 mm²  
LONGITUD DE PICAS DE 2 METROS Y SEPARACIÓN DE 3 METROS

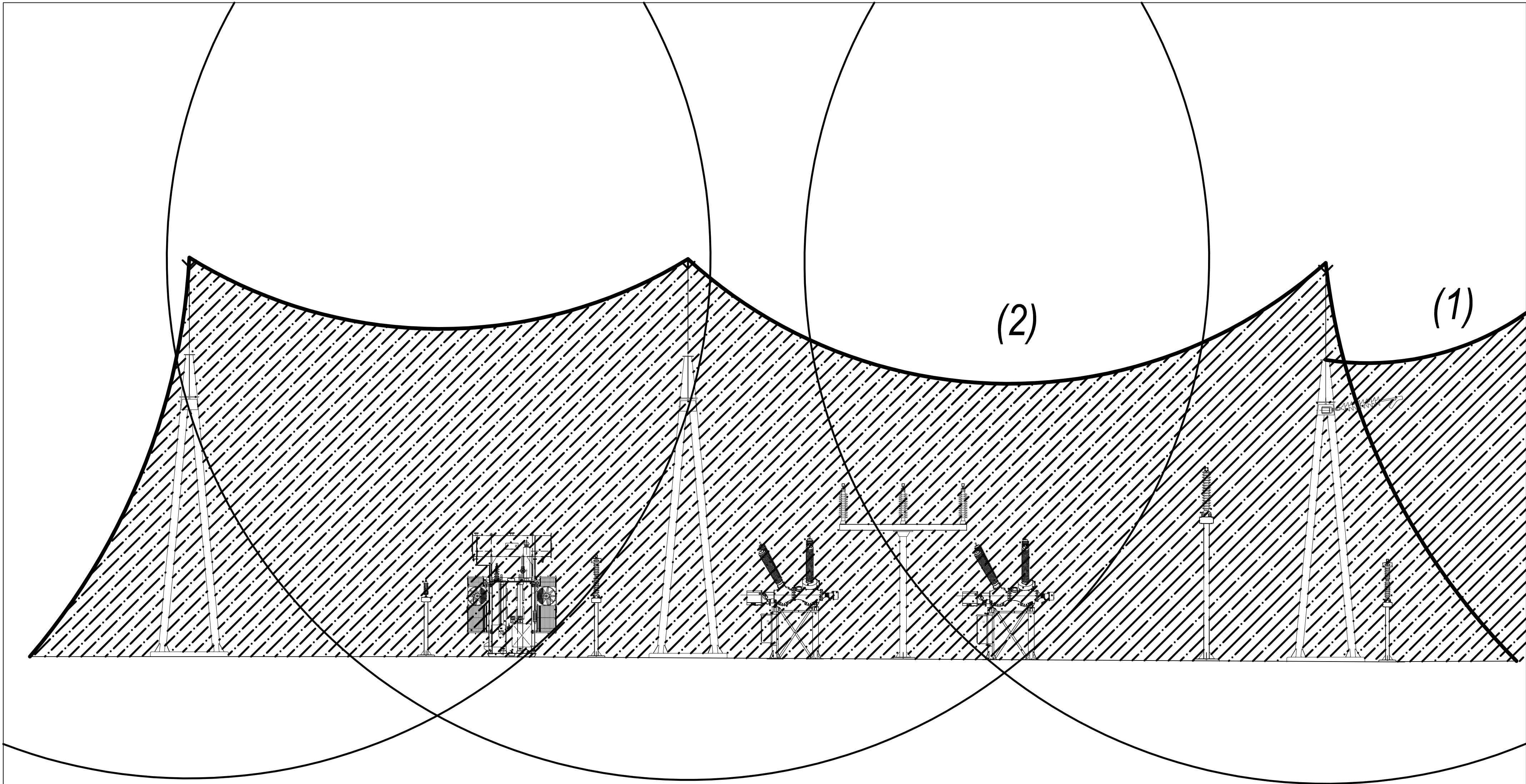
LOCALIZACIÓN TRANSFORMADOR SSAA



PARCELA DE LA MALLA DE TIERRA (3x3 m).  
CONDUCTORES DE LA MALLA DE Cu con Ø de 0.011 m.

LAS COTAS ESTÁN EN METROS

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	12/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala 1:200	Título PUESTA A TIERRA DE LA SUBESTACIÓN			NIA 740651
	Proyecto TRABAJO FIN DE GRADO			Curso 4º
				Plano Nº 12




(1)


HILO DE GUARDIA DE LA RED DE 132KV

(2)



ZONA ABARCADA POR PARARRAYOS



ZONA INFLUENCIA PUNTAS FRANKLIN



PUNTAS FRANKLIN

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	12/01/2021	ONOFRIO LUISI		
Comprobado				
Escala 1:100	Titulo			NIA
	ESFERAS RODANTES			740651
	Proyecto			Curso
	TRABAJO FIN DE GRADO			4º
				Plano Nº
				13



# Pliego de Condiciones

## AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

**Onofrio Luisi Ciccarrone**

Director/es

**Antonio Montañés Espinosa**

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021

## ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETO .....	1
2. DISPOSICIONES GENERALES .....	1
3. DISPOSICIONES GENERALES .....	2
3.1 CÓDIGOS Y NORMAS .....	2
3.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....	3
3.3 SEGURIDAD PÚBLICA.....	4
4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO .....	5
4.1 ORGANIZACIÓN.....	5
4.2 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	6
4.3 PLAZO DE EJECUCIÓN .....	6
4.4 PAGO DE OBRAS .....	7
5. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA .....	8
5.1 OBRAS COMPRENDIDAS.....	8
5.1.2 EDIFICIOS.....	9
5.1.3 OBRA CIVIL.....	9
5.1.3.1 RELLENOS .....	9
5.1.3.2 HORMIGONES .....	9
5.1.3.3 ACEROS .....	10
5.1.4 EQUIPOS .....	10
5.1.4.1 DOCUMENTACION EQUIPOS .....	10
5.2 ESTRUCTURA METÁLICA .....	11
5.3 EMBARRADOS Y CONEXIONES .....	12
5.4 MÓDULOS HÍBRIDOS .....	12
5.5 TRANSFORMADORES.....	13
5.6 CELDAS DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN .....	14
5.7 PARARRAYOS Y AUTOVÁLVULAS .....	14
5.8 CABLES DE POTENCIA .....	15
5.9 PUESTA A TIERRA .....	15

5.10 ESTRUCTURA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO INTERIOR .....	16
5.10.1 EMPLAZAMIENTO .....	16
5.10.2 EXCAVACIÓN .....	16
5.10.3 DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DEL EDIFICIO .....	17
6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	18
6.1 MÓDULOS HÍBRIDOS .....	18
6.2 PARARRAYOS Y AUTOVÁLVULAS .....	18
6.1 ALIMENTACIÓN SUBTERRANEA .....	19
6.2 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN .....	19
6.3 PUESTA A TIERRA .....	20
7. MATERIALES .....	20
7.1 ADMISIÓN .....	20
7.2 CELDAS PREFABRICADAS .....	21
7.3 TRANSFORMADORES .....	22
7.4 ENSAYO DIELECTRICO .....	22
7.5 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA .....	22
7.6 MATERIALES VARIOS .....	23
7.7 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA .....	23
8. CONCLUSIÓN .....	24



## 1. OBJETO

El objeto del presente Pliego de Condiciones es establecer los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas y control de calidad que han de cumplir los materiales utilizados en el mismo.

Las condiciones técnicas y operaciones a realizar que se indican, no tienen carácter limitativo, teniendo que efectuar además de las indicadas, todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

La instalación se ejecutará con estricta sujeción al presente Proyecto, el cual consta de los documentos preceptivos: Memoria con Anexo de Cálculos, Estudio básico de Seguridad y Salud, Planos, Pliego de Condiciones y Presupuesto.

## 2. DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

## 3. DISPOSICIONES GENERALES

### 3.1 CÓDIGOS Y NORMAS

Todas las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones en su última edición o revisión que les sean de aplicación y estén vigentes en el momento del inicio de las mismas. Entre ellas se tendrán en cuenta las siguientes:

- Reglamento de Alta Tensión. Real Decreto 337/2014, de 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.
- Reglamento Electrotécnico de Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Real Decreto 223/2008, de 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51, publicado en BOE número 224 de 18 de septiembre de 2002.
- SRZ001. Especificaciones Técnicas Particulares Endesa Distribución Eléctrica DOC. Subestaciones AT/MT.
- Normalización Nacional (Normas UNE).
- Recomendaciones UNESA.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, publicada en BOE número 310, de 27 de diciembre de 2013.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, publicado en BOE número 310 de 27 de diciembre de 2000.
- UNE-EN 60694. Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión.
- UNE-EN 61869. Transformadores de medida.
- UNE-EN 60099. Pararrayos
- Norma SDZ001.DOC de Endesa “Criterios de diseño del sistema de puesta a tierra en subestaciones de AT/MT del tipo exterior” de enero de 2000, la cual se basa en la IEEE-80.
- Especificación Técnica GE SND010 de Endesa del 1 de junio de 1999 sobre baterías de condensadores.
- Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo, por el que se establecen normas sobre las condiciones de los suministros de energía eléctrica y la calidad de este servicio, publicado en BOE número 135 de 6 de junio de 1986.
- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional, publicada en BOE número 313 de 31 de diciembre de 1994.

### 3.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el último punto del apartado anterior y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### **3.3 SEGURIDAD PÚBLICA**

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

## 4. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

### 4.1 ORGANIZACIÓN

El contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

## 4.2 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones.

El contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

## 4.3 PLAZO DE EJECUCIÓN

El contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato

Si por cualquier causa, ajena por completo al contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

#### **4.4 PAGO DE OBRAS**

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

## 5. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

### 5.1 OBRAS COMPRENDIDAS

Las fases que se han considerado son:

a) Fase inicial de especificaciones de detalle. Esta fase comprende, sin carácter limitativo, las siguientes actividades:

- Recopilación de documentación existente (técnica, administrativa, etc.).
- Revisión de la ingeniería de proyecto Civil, Electromecánica, Eléctrica y de Control y elaboración de ingeniería de detalle en aquellos aspectos que se considere necesario.
- Realización de Especificaciones Técnicas de Materiales y Equipos.
- Emisión de órdenes de compra.
- Fase de Construcción.

En esta fase y con carácter general se contemplarán las siguientes actividades, sin carácter limitativo:

- Supervisión del seguimiento del diseño de ingeniería.
- Supervisión y recepción de la compra de equipos y suministros.
- Ejecución de Obra Civil.
- Ejecución de la Obra Electromecánica.
- Ejecución de la Obra Eléctrica y de Control.
- Medición y control de Unidades de Construcción.
- Ejecución de la Puesta en Servicio.



- Finalización de la construcción y montaje.

### 5.1.2 EDIFICIOS

Los Edificios, locales o recintos destinados a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente documento serán de tipo prefabricado y estarán diseñados y contruidos de forma específica para albergar instalaciones eléctricas de media y alta tensión.

### 5.1.3 OBRA CIVIL

#### 5.1.3.1 RELLENOS

Rellenos: Los rellenos se realizarán con zahorras seleccionadas, en capas que no superarán los 0,30 m de espesor, compactados hasta conseguir el 95 % del Ensayo Proctor modificado según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes

#### 5.1.3.2 HORMIGONES

Será aplicable a la ejecución de los hormigones el contenido de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de Obras de Hormigón en masa o armado EHE (Real Decreto 2661, de 1998).

#### 5.1.3.3 ACEROS

El acero para armaduras para la ejecución de hormigón serán del tipo B-500-S y cumplirá las características geométricas y mecánicas en el artículo de la EHE

#### 5.1.4 EQUIPOS

Todos los equipos serán nuevos y de última generación, suministrados por fabricantes autorizados y el acabado deberá ser apropiado a las condiciones de servicio en que van a ser instalados.

Todos los equipos y componentes internos serán de primera calidad. Si hubiera variación en calidad a lo previsto se someterán a la aprobación de la Dirección de obra, si no se llevará a cabo este procedimiento, podrán ser rechazados aún después de colocados pudiendo ser reemplazados si la Dirección así lo estimara.

Todos los equipos cumplirán las normas del proyecto que les sean de su competencia.

##### 5.1.4.1 DOCUMENTACION EQUIPOS

Será responsabilidad del contratista vigilar, que los fabricantes y suministradores entreguen los equipos y suministros, con el mayor grado de documentación descriptiva y técnica de los mismos que sea posible. En cualquier caso, siempre se incluirá toda aquella necesaria para su montaje e integración en el conjunto de la instalación, junto con el resto de equipos.

No obstante, como norma general junto con los equipos deberán incluirse:

- Suministro de al menos dos (2) copias del protocolo de ensayos del equipo y la hoja de ajustes del mismo.
- Se deberá entregar planos y documentación de:
  - ❖ Esquemas desarrollados eléctricos.

- ❖ Diagramas cableado interior.
- ❖ Frentes, vistas y planos constructivos con detalles de accesos de cables, cotas, pesos.
- ❖ Listas de materiales.
- ❖ Diagramas de interconexión.
- ❖ Listas de cables asociados.
- ❖ Lista de repuestos recomendada.
- ❖ Instrucciones y recomendaciones de montaje.
- ❖ Instrucciones y recomendaciones de almacenamiento en obra.
- ❖ Instrucciones y recomendaciones de operación y mantenimiento.
- ❖ Protocolos de puesta en servicio, así como de verificación de ajustes.
- ❖ Manuales de programación y configuración de los distintos equipos.
- ❖ Cálculos justificativos varios de ajuste y configuración, y aquellos que sean requeridos.
- ❖ Catálogos de los componentes más significativos.
- ❖ Documentación y dossier final de calidad.

## 5.2 ESTRUCTURA METÁLICA

La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin. Una vez clasificada la estructura y comprobado que las dimensiones (incluso taladros) corresponden a las medidas indicadas en el Proyecto, se procederá al izado de la misma mediante:

- Estrobo y elevación de las estructuras.
- Fijación de las mismas en sus anclajes mediante pernos u hormigón.
- Aplomado, nivelación y alineación de las mismas.

## 5.3 EMBARRADOS Y CONEXIONES

Embarrados de cable y derivaciones:

- Los embarrados de cable se ejecutarán realizando un tramo de muestra de cada vano tipo, con arreglo a las tablas de tendido. Luego se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.

Embarrados rígidos de tubo o pletina:

- Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios, y taladros. En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.

Conexiones:

- Se prepararán, limpiarán, colocarán y apretarán las piezas de conexión según se indique.

Se diseñarán de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40º C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

## 5.4 MÓDULOS HÍBRIDOS

Actividades principales a desarrollar en el montaje:

- Descarga y traslado hasta su emplazamiento definitivo junto con sus accesorios.
- Montaje de accesorios y bornas.
- Tratamiento y llenado de aceite bajo vacío.
- Recepción final.

Los elementos que formen estos módulos como seccionadores e interruptores se regularán y ajustarán haciendo las comprobaciones necesarias para verificar los niveles de presión y densidad del gas a través del densímetro. Para los seccionadores se prestará especial atención en la regulación y ajustes de mando.

Se procederá a la nivelación y fijación de estos a los soportes correspondientes.

## 5.5 TRANSFORMADORES

Actividades principales a desarrollar en el montaje:

- Descarga y traslado hasta su emplazamiento definitivo junto con sus accesorios.
- Montaje de accesorios y bornas.
- Tratamiento y llenado de aceite bajo vacío.
- Recepción final.

Concretamente, para el tratamiento y llenado de aceite se realizará lo siguiente:

- Se comprobará la existencia de una ligera sobrepresión de gas en la cuba del transformador. • Se efectuará el vacío de la cuba, al mismo tiempo se realizará el filtrado del aceite en depósitos aparte.
- Una vez conseguidos los valores de rigidez dieléctrica y vacío indicados en la normativa propia de ENDESA, se iniciará el llenado de la cuba por la parte inferior hasta alcanzar un nivel cercano a la tapa.
- Se procederá a la rotura de vacío.
- Una vez montados todos los elementos del transformador se procederá al llenado final del transformador.

## 5.6 CELDAS DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN

Se realizarán las siguientes operaciones:

- Desembalaje, situación, ensamblado, nivelado y fijación de los diversos elementos que componen el conjunto, en su bancada correspondiente.
- Se realizará la unión de embarrados principales y derivaciones.
- Comprobación y colocación de los aislamientos de embarrados.
- Cableado de interconexiones entre celdas, hasta la caja de centralización, colocación y cableado de todos los aparatos.
- Puesta a tierra.
- Pruebas funcionales de maniobra y control.

## 5.7 PARARRAYOS Y AUTOVÁLVULAS

La zona donde se instala el elemento cumplirá con las especificaciones de su pliego de condiciones.

En caso de riesgo de tormentas con aparato eléctrico, se suspenderán los trabajos.

Se suspenderán los trabajos cuando la velocidad del viento sea superior a 50 km/h o llueva. Si una vez realizados los trabajos se dan estas condiciones, se revisarán y asegurarán las partes realizadas.

Una vez finalizado el montaje hay que realizar la puesta en funcionamiento de los elementos y las pruebas de servicio definidas.

Una vez instalado el elemento, se procederá a la retirada de la obra de todos los materiales sobrantes como embalajes, recortes de tubos, etc. y disposición de éstos para la correcta gestión de residuos.

## 5.8 CABLES DE POTENCIA

No se admitirán empalmes en el tendido inicial de los cables de potencia.

Se comprobará el cumplimiento de las instrucciones del tendido y montaje dadas por el fabricante del cable, así como los ensayos eléctricos previos a la puesta en servicio.

Los cables irán marcados identificando circuito y fase en las zonas visibles y arquetas de registro.

## 5.9 PUESTA A TIERRA

Cualquier elemento que no soporte tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. El contacto de los conductores de tierra deberá hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad.

La malla de tierra se tenderá a la profundidad indicada en el proyecto, siguiendo la disposición indicada en los planos del mismo.

Las conexiones se efectuarán con soldadura aluminotérmica y los cruzamientos se harán sin cortar el cable.

No se tapará ningún tramo de malla de tierra, ni soldadura alguna, sin la autorización previa de la dirección de obra.

## 5.10 ESTRUCTURA ENVOLVENTE DEL EDIFICIO INTERIOR

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### 5.10.1 EMPLAZAMIENTO

El lugar elegido para la construcción del edificio debe permitir la colocación y la reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, la subestación de interior tipo GIS de SF6. Los accesos al edificio deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del edificio debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

La división que contiene el edificio debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

### 5.10.2 EXCAVACIÓN

Para su ubicación se realizará una excavación de las dimensiones que se reflejan en el plano y un lecho de arena compactada y nivelada para la perfecta colocación del equipo prefabricado.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.



### 5.10.3 DESCRIPCIÓN Y COMPONENTES DEL EDIFICIO

Se compondrá de un reducido número de piezas de hormigón que, básicamente, serán:

- Placa base.
- Placa solera principal para el asentamiento de celdas y paso del personal sustentada sobre apoyos que la separen de la placa base formando el compartimento para el paso de cables.
- Losetas para cierre de troneras no usadas en la solera.
- Cerramientos exteriores (paneles ciegos y con huecos para ventilación y puertas de personal).
- Cubierta.
- Puerta de personal con apertura hacia el exterior y cerradura con dos puntos de anclaje.
- Puerta de acceso de aparellaje con apertura hacia el exterior y cerradura con dos puntos de anclaje.
- Subdivisión interior para albergar la zona de control.

Las piezas estarán construidas en hormigón armado, vibrado y secado al vapor, de forma que le confieran las adecuadas propiedades mecánicas y de acabado.

La cubierta estará debidamente impermeabilizada, de forma que no quede comprometida su estanqueidad, ni haya riesgo de filtraciones. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanqueidad. Tendrá la pendiente necesaria para permitir el deslizamiento de las aguas de lluvia.

## 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 6.1 MÓDULOS HÍBRIDOS

Estos equipos compactos engloban todas las funciones en una. Los módulos híbridos disponen de las funciones de interruptores, seccionadores, puestas a tierra y equipos de medición.

Estos módulos combinan aislamiento en SF6 con componentes aislados en aire. Permiten diseños optimizados en subestaciones como alternativas a los diseños convencionales.

Entre las ventajas de estos equipos destaca la de un ahorro importante de espacio, hasta un 400%. Además, permiten un mantenimiento más rápido y de mayores periodos de tiempo. Cuenta con una mayor exposición de los elementos a fenómenos medioambientales adversos.

Gracias al reducido número de componentes individuales, los requisitos de obra civil de las subestaciones, como la cimentación, número de estructuras soporte, interconexiones del cableado y las conexiones de alta tensión, se simplifican. Los trabajos de instalación se limitan a sólo uno o dos días por posición y, a menudo, se pueden ejecutar sin la supervisión de especialistas.

### 6.2 PARARRAYOS Y AUTOVÁLVULAS

Las autoválvulas y pararrayos protegerán la instalación de posibles averías ocasionadas por sobretensiones originadas en la red de tipo atmosférico.

Los pararrayos estarán constituidos por el mástil y la punta captadora (punta Franklin), el montaje de este se llevará a cabo en la propia subestación. Su montaje se realizará atendiendo a las especificaciones del Pliego de Condiciones y si las condiciones meteorológicas son favorables.

Para el diseño de protección efectivo contra el rayo mediante puntas Franklin se tendrá en cuenta:

**UNE - EN 62305:2011** de protección contra el rayo.

### 6.3 ALIMENTACIÓN SUBTERRANEA

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el edificio, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales o tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro como mínimo 1,6 veces el diámetro del cable. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

### 6.4 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN

El conjunto de celdas prefabricadas estará constituido por módulos individuales, ensamblados entre sí. La tensión máxima de servicio será 72 Y 24 Kv.

Se tratará de un conjunto de celdas modulares de Media y Alta Tensión, con aislamiento y corte en SF6, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de uso específico, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Estas podrán ser equipadas por transformadores de tensión y de intensidad.

Serán del fabricante MESA con todo el aparellaje en ambiente de hexafluoruro de azufre.

## 6.5 PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra. En todos los casos, le será de aplicación, la vigente norma de la ITC-RAT-13.

## 7. MATERIALES

### 7.1 ADMISIÓN

No se procederá al empleo de los materiales sin que antes sean examinados y aceptados en los términos y forma que prescriba el Ingeniero Director o persona en quien delegue.

Las pruebas y ensayos ordenados se llevarán a cabo por el Ingeniero Director o por la persona en quién éste delegue.

La Dirección se reserva el derecho de controlar y aprobar, antes de su empleo, la calidad de los materiales deteriorables, tales como los aglomerantes hidráulicos. Por consiguiente, el Ingeniero Director podrá pedir al Contratista que envíe, por cuenta de éste, al Laboratorio que aquel designe, una cantidad suficiente de dichos materiales para ser ensayados.

El Contratista deberá montar las instalaciones, silos y almacenes necesarios, con la suficiente amplitud, a fin de que el material pueda estar en ellos retenidos cuatro (4) días, para poder efectuar los ensayos necesarios, sin que se interrumpa el ritmo normal de trabajo antes de su empleo.

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en este Pliego o no tuvieran la preparación exigida o cuando, por falta de prescripciones, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero Director dará orden al contratista para que a su costa los reemplace por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Los materiales rechazados deberán ser inmediatamente retirados de la obra por cuenta y riesgo del Contratista o vertidos en los lugares indicados por el Ingeniero Director o no prescritos por él.

## **7.2 CELDAS PREFABRICADAS**

Las celdas prefabricadas se ajustarán a las normas correspondientes al diseño de cada fabricante. En el caso de MESA para:

Alta tensión:

- CEI 60694
- CEI 60298
- CEI 60056
- CEI 60129

Media tensión:

- CEI 60694 (62271-1)
- CEI 60056 (62271-100)
- CEI 60282
- CEI 60420 (62271-105)
- CEI 60298 (62271-200)
- CEI 60129 (62271-102)
- CEI 60265-1 (62271-103)

## 7.3 TRANSFORMADORES

En todo caso los valores de tensión nominal, regulación, etc. serán conformes con la Normativa de la Empresa Suministradora.

Se preverá la presencia de la Dirección de la Dirección Técnica en los preceptivos ensayos del transformador en fábrica. Si se desean completar el número y tipo de ensayos con otros no incluidos en la oferta del fabricante deberá consultarse a la Dirección Técnica, corriendo los costes a cargo del contratista y no menoscabándose las condiciones de la garantía por el hecho de que se decida no realizarlos.

Se medirá la acidez y rigidez del aceite de los transformadores. Se comprobará que dispone de la documentación preceptiva de ensayos en fábrica, libro de instalación y mantenimiento, etc. convenientemente cumplimentados.

## 7.4 ENSAYO DIELECTRICO

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá soportarlo por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Los ensayos se realizarán aplicando la tensión entre cada fase y masa, quedando las fases no ensayadas conectadas a masa.

## 7.5 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.

## 7.6 MATERIALES VARIOS

Todos los materiales a emplear para la ejecución de las obras proyectadas deberán ser adecuados al fin a que se destinan, y habiéndose tenido en cuenta en las bases de precios y formación de presupuestos, se considera que serán de la mejor calidad dentro de su clase entre los existentes en el mercado.

Por esta razón, aunque por sus características singulares o menor importancia relativa no hayan merecido ser objeto de definición más explícita, su utilización en obra quedará condicionada a la aprobación del Ingeniero Director de la misma, el cual podrá determinar y exigir las pruebas o ensayos de recepción que estén adecuados al efecto.

## 7.7 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del contratista por la calidad de los mismos, la cual subsistirá hasta el momento en que se reciban definitivamente las obras en las que se han utilizado dichos materiales.

## 8. CONCLUSIÓN

Conforme a lo expuesto, se entiende que todos los apartados quedan totalmente definidos.

**Fdo. El Ingeniero Técnico Industrial**



**Onofrio Luisi Ciccarrone**





**Universidad**  
**Zaragoza**

# Presupuesto

## AMPLIACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DAROCA

Autor/es

Onofrio Luisi Ciccarrone

Director/es

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2020/2021

## ÍNDICE PRESUPUESTO

1.INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	1
1.1 TRANSFORMADORES.....	1
1.2 APARAMENTA 132 KV .....	1
1.3 APARAMENTA 45 KV .....	2
1.4 APARAMENTA 15 KV .....	3
1.5 OBRA CIVIL Y EDIFICIO PARA ALBERGAR CABINAS Y EQUIPOS DE CONTROL .....	4
1.6 SISTEMA DE COMUNICACIONES.....	4
1.7 SERVICIOS AUXILIARES .....	5
1.8 RED DE TIERRAS .....	5
1.9 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	5
1.10 CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDIDA .....	6
1.11 VARIOS.....	7
1.12 PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS NECESARIAS.....	7
2.RESUMEN PRESUPUESTO .....	8

## 1.INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 1.1 TRANSFORMADORES

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	2	Transformador de 132/45 kV. Transformador de 30 MVA trifásico en baño de aceite con refrigeración ONAF.	420.000	840.000
Ud.	2	Transformador de 45/15 kV. Transformador de 6,3 MVA trifásico en baño de aceite con refrigeración ONAF.	100.000	200.000
Ud.	1	Transformador de 15/0,420 kV. Transformador de servicios auxiliares de 25 kVA encapsulado.	2800	2800

---

**TOTAL: 1.042.800 €**

### 1.2 APARAMENTA 132 KV

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	4	Celda híbrida ABB PASS M0 145 kV, 3150 A, 40 kA.	90.000	360.000
Ud.	12	Autoválvula PEXLIM R-Y ABB 145 kV.	1.800	21.600

---

**TOTAL: 381.600 €**

### 1.3 APARAMENTA 45 KV

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	2	Celda de línea doble barra MESA 72 kV, 1250 A, 31,5 kA.	44.000	88.000
Ud.	4	Celda de transformador doble barra MESA 72 kV, 1250 A, 31,5 kA.	60.000	240.000
Ud.	1	Celda de medida doble barra MESA 72 kV, 1250 A, 31,5 kA.	32.000	32.000
Ud.	12	Autoválvula PEXLIM R-Y ABB 52 kV	1.100	13.200

**TOTAL: 373.200 €**

## 1.4 APARAMENTA 15 KV

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	8	Celda de línea simple barra MESA 24 kV, 1250 A, 25 kA.	25.000	200.000
Ud.	2	Celda de transformador simple barra MESA 24 kV, 1250 A, 25 kA.	30.000	60.000
Ud.	1	Celda de acoplamiento simple barra MESA 24 kV, 1250 A, 25 kA.	6.000	6.000
Ud.	2	Celda de medida simple barra MESA 24 kV, 1250 A, 25 kA.	10.000	10.000
Ud.	1	Celda de servicios auxiliares simple barra MESA 24 kV, 1250 A, 25 kA.	10.000	10.000
Ud.	1	Celda de baterías de condensadores 3 MVar.	3800	3800
Ud.	6	Autoválvula PEXLIM R-Y ABB 24 kV.	980	5.880

---

**TOTAL: 295.680 €**

## 1.5 OBRA CIVIL Y EDIFICIO PARA ALBERGAR CABINAS Y EQUIPOS DE CONTROL

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	3.245 m.	Metros cuadrados para edificio que alberga las celdas de 72 y 24 kV y los edificios de control junto a sala de estar.	105€/m.	340.725
Ud.	1	Cimentaciones y obra civil del parque intemperie. Comprende cimentaciones, bancada y depósito transformador, canalizaciones de cables, arquetas, puertas de acceso, tendido de grava y varios, limpieza de zona de obra y alrededores etc.	105.000	105.000

---

**TOTAL: 445.725 €**

## 1.6 SISTEMA DE COMUNICACIONES

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	1	Sistema de comunicaciones y elementos para el telecontrol.  Todos aquellos equipos usados para el telecontrol y comunicación con la subestación.	90.000	90.000

---

**TOTAL: 90.000 €**

## 1.7 SERVICIOS AUXILIARES

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	1	Cuadro de servicios auxiliares.	10.000	10.000
Ud.	4	Equipo rectificador de baterías de 125 V cc.	7000	7000

---

**TOTAL: 17.000 €**

## 1.8 RED DE TIERRAS

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	1	Mallado de red de tierras.	25.000	25.000

---

**TOTAL: 25.000 €**

## 1.9 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	1	Asistencia para el estudio de seguridad y salud.	20.000	20.000

---

**TOTAL: 20.000 €**

## 1.10 CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDIDA

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	2	Contador trifásico.	1.000	2.000
Ud.	8	Relés de protección de líneas.	5.600	44.800
Ud.	4	Relés de protección de barras.	5.550	22.200
Ud.	8	Relés de protección de trafos.	2.400	19.200
Ud.	2	Relés para protección de baterías de condensadores.	2.300	4.600
Ud.	2	Relés para protección de trafos auxiliares.	2.300	4.600

---

**TOTAL: 97.400 €**



## 1.11 VARIOS

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	9	Pararrayos punta Franklin.	1..200	10.800
Ud.	1	Vallado metálico del perímetro de la subestación de 2,5 metros de altura.	4.200	4.200
Ud.	1	Instalación para la detección de intrusos mediante dispositivos de seguridad.	3..100	3.100
Ud.	1	Instalación contra incendios. Instalación de sistema automático para la detección de humo y fuego.	5.000	5.000

---

**TOTAL: 23.100 €**

## 1.12 PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS NECESARIAS

TIPO	CANTIDAD	ELEMENTO	P.U. (€)	PRECIO TOTAL (€)
Ud.	2	Pruebas y puesta en marcha.	15.000	30.000

---

**TOTAL: 30.000 €**

## 2. RESUMEN PRESUPUESTO

ELEMENTO	PRECIO
TRANSFORMADORES.	1.042.800 €
APARAMENTA DE 132 kV.	381.600 €
APARAMENTA DE 45 kV.	373.200 €
APARAMENTA DE 15 kV.	295.680 €
OBRA CIVIL Y EDIFICIO PARA ALBERGAR CABINAS Y EQUIPOS DE CONTROL.	445.725 €
SISTEMAS DE COMUNICACIONES.	90.000 €
SERVICIOS AUXILIARES.	17.000 €
RED DE TIERRAS.	25.000 €
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	20.000 €
CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDIDA.	97.400 €
VARIOS.	23.100 €
PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS NECESARIAS.	30.000 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M)</b>	<b>2.841.505 €</b>

GASTOS GENERALES 13%	369.395,65 €
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	170.490,3 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>3.381.390,95 €</b>

El presupuesto total asciende a **TRES MILLONES TRESCIENTOS OCHENTA Y UNO MIL TRESCIENTOS NOVENTA EUROS Y NOVENTA Y CINCO CENTÍMOS.**

Zaragoza, a 10 de 01 de 2021.

Fdo. El Ingeniero Técnico Industrial



Onofrio Luisi Ciccarrone