



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

## MEMORIA DESCRIPTIVA

# SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA 220 / 132 / 20 kV

**Proyecto Fin de Carrera**  
**Especialidad: ELECTRICIDAD**

**AUTOR:**  
**PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO**

**TUTOR DE PROYECTO**  
**ANTONIO MONTAÑÉS**

## ÍNDICE MEMORIA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA .....	8
1.1. ANTECEDENTES .....	9
1.2. OBJETO DEL PROYECTO .....	9
1.3. EMPLAZAMIENTO .....	9
1.4. NECESIDAD .....	9
1.5. EMPRESA SUMINISTRADORA .....	9
1.6. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES .	10
1.7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	10
1.7.1. Subestación .....	10
1.7.2. Descripción General de la Subestación .....	11
1.7.2.1. Subestación de intemperie .....	11
1.7.2.2. Subestación de interior .....	11
1.8. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA UNIFILAR .....	12
1.8.1. Diagrama unifilar .....	12
1.8.1.1. Líneas de entrada de 220 kV .....	12
1.8.1.2. Líneas de los transformadores T1 y T2. ....	13
1.8.1.3. Líneas de los transformadores T3 y T4. ....	14
1.8.1.4. Líneas de salida de 132 kV .....	15
1.8.1.5. Líneas de salida de 20 kV .....	16
1.8.1.6. Embarrados .....	16
1.8.1.7. Líneas de baterías de condensadores .....	18
1.9. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL .....	18
1.9.1. Terreno .....	18
1.9.2. Vallado .....	19
1.9.3. Canalizaciones subterráneas .....	19
1.9.3.1. Generalidades .....	19
1.9.3.2. Tipos de canalizaciones empleados .....	20
1.9.4. Estructuras .....	22
1.9.4.1. Apoyos .....	22
1.9.4.2. Vigas .....	23
1.9.5. Aisladores .....	23
1.9.5.1. Nivel de 220 kV .....	24
1.9.5.2. Nivel 132 kV .....	24
1.9.6. Soportes .....	24
1.9.7. Conductores .....	25
1.9.8. Edificio .....	27
1.9.9. Cimentaciones .....	27
1.10. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA ELEGIDA .....	28
1.10.1. Interruptores .....	28
1.10.1.1. Generalidades .....	28
1.10.1.2. Interruptores del nivel de 220 kV .....	29
1.10.1.3. Interruptores del nivel de 132 kV .....	30
1.10.2. Seccionadores .....	31
1.10.2.1. Generalidades .....	31
1.10.2.2. Seccionador del nivel de 220kV .....	33
1.10.2.3. Seccionador del nivel de 132 Kv .....	34

1.10.3. Autoválvulas .....	35
1.10.3.1. Generalidades .....	35
1.10.3.2. Autoválvulas del nivel de 220 kV .....	36
1.10.3.3. Autoválvulas del nivel de 132 kV .....	37
1.10.3.4. Autoválvulas del nivel de 20 kV .....	38
1.10.4. Transformadores de intensidad.....	39
1.10.4.1. Generalidades .....	39
1.10.4.2. Transformadores de intensidad del nivel de 220 kV .....	40
1.10.4.3. Transformadores de intensidad del nivel de 132 kV .....	41
1.10.5. Transformadores de tensión.....	42
1.10.5.1. Generalidades .....	42
1.10.5.2. Transformadores de tensión del nivel de 220 kV .....	42
1.10.5.3. Transformadores de tensión del nivel de 132 kV .....	43
1.10.6. Celdas de media tensión .....	44
1.10.6.1. Generalidades .....	44
1.10.6.2. Celdas de media tensión .....	44
1.10.7. Terminal de empalme .....	48
1.11.1. Transformadores T1 y T2 .....	49
1.11.2. Transformadores T3 y T4 .....	49
1.11.3. Accesorios y ensayos a realizar .....	49
1.11.3.1. Accesorios .....	50
1.11.3.2. Ensayos .....	50
1.11. RED DE TIERRAS .....	51
1.11.1. Generalidades .....	51
1.11.2. Funciones de la red de tierras .....	51
1.11.3. Instalación de la red de tierra.....	52
1.11.3.1. Puesta a tierra de protección.....	52
1.11.3.2. Puesta a tierra de servicio .....	53
1.11.3.3. Interconexiones de las instalaciones de tierra.....	53
1.11.3.4. Puesta a tierra del transformador de Sistemas Auxiliares .....	53
1.11.4. Conductores de tierra.....	54
1.12. SERVICIOS AUXILIARES .....	54
1.12.1. Circuitos .....	54
1.12.2. Transformador de Servicios auxiliares .....	55
1.12.3. Receptores de alumbrado.....	55
1.12.3.1. Luminarias .....	56
1.13. BATERÍA DE CORRIENTE CONTINUA .....	60
1.13.1. Generalidades .....	60
1.13.2. Tensiones nominales.....	60
1.13.3. Elección de las baterías de acumuladores.....	60
1.13.3.1. Tipos de baterías de acumuladores .....	60
1.13.3.2. Datos básicos para su elección .....	61
1.13.4. Instalación.....	61
1.13.4.1. Locales.....	61
1.13.4.2. Condiciones de instalación .....	62
1.13.5. Protecciones eléctricas de la batería de acumuladores .....	62
1.13.6. Equipo de carga de baterías de acumuladores .....	63
1.13.7. Solución adoptada.....	63
1.14. BATERÍA DE CONDENSADORES.....	64
1.15. HILOS DE GUARDA .....	64

1.16. PROTECCIONES DE LA S.E.T.....	64
1.16.1. Protecciones para 220 kV .....	67
1.16.1.1. Posición de línea .....	67
1.16.1.2. Posición de transformador .....	67
1.16.2. Protecciones para 132 kV .....	68
1.16.2.1. Posición de línea .....	68
1.16.2.2. Posición de transformador .....	68
1.16.3. Protecciones para 20 kV .....	69
1.17. APARATOS DE MEDIDA.....	69
1.17.1. Medida para 220 kV .....	70
1.17.1.1. Posiciones de línea .....	70
1.17.1.2. Posición de transformador .....	70
1.17.2. Medida para 132 kV .....	71
1.17.2.1. Posiciones de línea .....	71
1.17.2.2. Posición de transformador .....	71
1.17.3. Medida para 20 kV .....	72
1.18. RESUMEN DE PRESUPUESTO .....	73
1.19. CONCLUSION, LUGAR, FECHA Y FIRMA.....	74
2. ANEXO DE CÁLCULOS.....	75
2.1. AISLAMIENTO.....	76
2.1.1. Tensiones nominales normalizadas .....	76
2.1.2. Niveles de aislamiento.....	76
2.1.2.1. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo A.....	77
2.1.2.2. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo B.....	79
2.1.2.3. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo C.....	79
2.1.3. Nivel de 220 kV.....	80
2.1.4. Nivel de 132 kV.....	80
2.1.5. Nivel a 20 kV.....	81
2.2. CÁLCULO DE INTENSIDADES .....	81
2.2.1. Método de cálculo .....	81
2.2.2. Nivel de 220 kV.....	81
2.2.2.1. Línea de entrada $L_1$ .....	82
2.2.2.2. Línea de entrada $L_2$ .....	82
2.2.2.3. Embarrado doble nivel 220 kV.....	82
2.2.2.4. Línea de primario $T_1$ $L_{pT1}$ .....	83
2.2.2.5. Línea de primario $T_2$ $L_{pT2}$ .....	83
2.2.3. Nivel de 132 kV.....	83
2.2.3.1. Línea de salida $L_3$ .....	84
2.2.3.2. Línea de salida $L_4$ .....	84
2.2.3.3. Embarrado doble 132 kV.....	84
2.2.3.4. Línea de secundario $T_1$ $L_{sT1}$ .....	85
2.2.3.5. Línea de secundario $T_2$ $L_{sT2}$ .....	85
2.2.3.6. Línea de primario $T_3$ $L_{pT3}$ .....	86
2.2.3.7. Línea de primario $T_4$ $L_{pT4}$ .....	86
2.2.4. Nivel de 20 kV.....	86
2.2.4.1. Línea de secundario $T_3$ $L_{sT3}$ .....	87
2.2.4.2. Línea de secundario $T_4$ $L_{sT3}$ .....	87
2.2.4.3. Embarrado doble 20 kV.....	87
2.2.4.4. Línea de salida $L_5$ .....	88

2.2.4.5. Línea de salida L <sub>6</sub> .....	88
2.2.4.6. Línea de salida L <sub>7</sub> .....	88
2.2.4.7. Línea de salida L <sub>8</sub> .....	89
2.2.4.8. Línea de salida L <sub>9</sub> .....	89
2.2.4.9. Línea de salida L <sub>10</sub> .....	89
2.2.5. Resumen intensidades.....	89
2.3. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO .....	90
2.3.1. Origen del cortocircuito.....	90
2.3.2. Método de cálculo .....	91
2.3.2.1. Cálculo de la reactancia hasta el punto de cortocircuito .....	91
2.3.2.2. Cálculo de la corriente de cortocircuito.....	93
2.3.2.3. Cálculo de la corriente total asimétrica de cortocircuito .....	94
2.3.3. Esquema unifilar.....	94
2.3.3.1. Unifilar completo.....	94
2.3.3.2. Valores de reactancia por unidad.....	95
2.3.3.2. Esquema unifilar simplificado.....	103
2.3.4. Puntos de cortocircuito .....	104
2.3.4.1. Punto A .....	105
2.3.4.2. Punto B .....	106
2.3.4.3. Punto C .....	107
2.3.4.4. Punto D.....	108
2.3.4.5. Resumen corrientes de cortocircuito .....	109
2.3.5. Cortocircuitos asimétricos .....	109
2.4. AUTOVÁLVULAS .....	110
2.4.1. Introducción.....	110
2.4.2. Intensidad Nominal de descarga/capacidad de absorción de energía.....	110
2.4.3. Tensión nominal .....	111
2.4.4. Capacidad para soportar sobretensiones temporales .....	111
2.4.5. Método de Cálculo .....	112
2.4.6. Autoválvulas Nivel 220 kV .....	114
2.4.7. Autoválvulas Nivel 132 kV .....	115
2.4.8. Autoválvulas Nivel 20 kV .....	116
2.5. AISLADORES .....	117
2.5.1. Generalidades .....	117
2.5.2. Características y dimensiones de los aisladores .....	118
2.5.3. Elección del aislador.....	118
2.5.3.1. Aisladores 220 kV .....	118
2.5.3.2. Aisladores 132 kV .....	119
2.6. CONDUCTORES.....	122
2.6.1. Generalidades .....	122
2.6.2. Conductores de aluminio desnudos .....	122
2.6.2.1. Características y dimensiones.....	122
2.6.2.2. Requisitos eléctricos .....	123
2.6.2.3. Temperaturas de servicio del conductor .....	124
2.6.2.4. Requisitos mecánicos .....	124
2.6.3. Cables aislados para líneas subterráneas .....	124
2.6.3.1. Condiciones generales .....	124
2.6.3.2. Cables .....	125
2.6.4. Método de cálculo .....	125
2.6.4.1. Método de cálculo para conductores desnudos .....	125

2.6.4.2. Método de cálculo para conductores aislados .....	125
2.6.5. Elección de los conductores .....	126
2.6.5.1. Nivel 220 kV .....	126
2.6.5.2. Nivel 132 kV .....	127
2.6.5.3. Nivel 20 kV .....	129
2.6.5.4. Embarrados de la Subestación .....	130
7. CÁLCULO MECÁNICO .....	133
2.7.1. Cargas y sobrecargas a considerar .....	133
2.7.1.1. Cargas permanentes .....	133
2.7.1.2. Fuerzas del viento sobre los componentes de las líneas aéreas .....	133
2.7.1.3. Sobrecargas motivadas por el hielo .....	134
2.7.2. Conductores .....	135
2.7.2.1. Tracción máxima admisible .....	136
2.7.2.3. Flechas máximas de los conductores y cables de tierra .....	137
2.7.3. Solución Subestación Eléctrica Transformadora .....	138
2.7.3.1. Ecuación de cambio de condiciones .....	138
2.7.3.2. Conductor HALCÓN .....	138
2.7.4. Resumen .....	143
2.8. DISTANCIAS .....	144
2.8.1. Pasillos de servicio .....	144
2.8.2. Altura mínima sobre el terreno de los elementos en tensión sobre los pasillos .....	144
2.8.3. Distancia desde el exterior del recinto de la S.E.T. ....	145
2.8.4. Distancia de los elementos en tensión hasta el edificio .....	146
2.8.5. Distancia de los conductores al terreno .....	147
2.8.6. Distancia de los conductores entre sí, y éstos a los apoyos .....	148
2.8.7. Distancias y normas de seguridad para instalación interior .....	150
2.8.7.1. Inaccessibilidad .....	150
2.8.7.2. Pasos y accesos .....	150
2.8.8. Alturas de los soportes .....	151
2.8.8.1. Nivel 220 kV .....	151
2.8.8.2. Nivel 132 kV .....	152
2.9. CIMENTACIONES .....	152
2.10. RED DE TIERRAS .....	153
2.10.1. Parámetros .....	153
2.10.1.1. Resistividad del terreno .....	153
2.10.1.2. Resistividad superficial .....	153
2.10.1.3. Tiempo de duración del defecto .....	154
2.10.1.4. Determinación de las intensidades de defecto para el cálculo de las tensiones de paso y contacto .....	155
2.10.1.5. Geometría de la red de tierras .....	155
2.10.1.6. Resistencia de la red de tierras .....	156
2.10.1.7. Tensiones de paso y contacto admisibles .....	158
2.10.1.8. Tensiones de paso y contacto reales .....	159
2.10.2. Resistencia de puesta a tierra del transformador de SS.AA. ....	159
2.10.3. Justificación de la sección del hilo de guarda .....	160
2.11. SERVICIOS AUXILIARES .....	161
2.11.1. Circuitos .....	161
2.11.2. Línea de alimentación .....	162
2.11.3. Transformador de Servicios auxiliares .....	164

2.11.4. Conductores .....	165
2.11.4.1. Conductores de media: .....	165
2.11.4.2. Conductor de baja tensión .....	165
2.11.4.3. Cuadro de baja tensión .....	166
2.12. HILO DE GUARDA .....	166
2.12.1. Método de cálculo .....	167
2.12.1.1. Nivel de 220 kV .....	168
2.12.1.2. Nivel de 132 kV .....	168
2.13. BATERÍAS DE CORRIENTE CONTINUA .....	169
2.13.1. Potencia consumida .....	169
2.13.1. Criterio de selección .....	170
2.13.2. Agrupación de circuitos .....	170
2.13.3. Módulo de alimentación .....	171
2.13.4. Prestaciones .....	172
2.13.5. Esquemas .....	173
2.13.6. Garantía de emergencia .....	173
2.13.7. Cuadro de distribución .....	174
2.14. BATERÍA DE CONDENSADORES .....	174
2.14.1. Justificación .....	175

## **1. MEMORIA DESCRIPTIVA**



## **1.1. ANTECEDENTES**

Se redacta el presente proyecto de una instalación eléctrica de alta, y muy alta tensión de una Subestación Eléctrica Transformadora (S.E.T.) a petición del Excmo. Ayuntamiento de Zaragoza, y a instancia de la Consejería de Trabajo e Industria, Delegación Provincial de Aragón.

## **1.2. OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la instalación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

## **1.3. EMPLAZAMIENTO**

La Subestación Eléctrica Transformadora se situará en el término municipal de San Gregorio, a 5,3 km del núcleo urbano del barrio rural de San Gregorio. A dicha instalación se tendrá acceso desde el camino de San Gregorio, carretera que une dicho barrio rural con el Pueblo de San Juan de Mozarrifar. Los planos **1.1. Localización** y **1.2. Localización** detallan el emplazamiento de la S.E.T.

## **1.4. NECESIDAD**

Debido al rápido crecimiento, tanto demográfico como energético en la zona sur de Zaragoza, comprendiendo el barrio de San Gregorio y San Juan de Mozarrifar, se procederá a la construcción de una Subestación Eléctrica Transformadora.

Con esta instalación se dejarán las infraestructuras suficientes para la construcción tanto de zonas residenciales como de un polígono industrial, además de mejorar el anillo de 132 kV que rodea la ciudad de Zaragoza, mejorando de esta manera el servicio eléctrico de esta ciudad.

## **1.5. EMPRESA SUMINISTRADORA**

En nuestro caso, será RZ-ENDESA la empresa que nos suministre el servicio eléctrico, construyendo dos líneas de 220 kV a este fin. Estas dos líneas serán las dos líneas de entrada de la S.E.T.

## **1.6. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES**

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.
- Reglamento de Calificación Ambiental.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Reglamento de líneas de alta tensión (Real Decreto 223/08 de 15 de Febrero de 2008)
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre de 1982)
- 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.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Normativa interna del Grupo ENDESA

## **1.7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

### **1.7.1. Subestación**

La Subestación Eléctrica Transformadora tendrá el objetivo de convertir la tensión de las dos líneas de entrada de 220 kV a 132 kV y 20 kV. Para tal fin, se dispondrán dos transformadores de 80 MVA de potencia en 220/132 kV y otros dos transformadores de 30 MVA de potencia en 132/20 kV. Ambos transformadores estarán diseñados y protegidos para una correcta utilización.

La S.E.T. será alimentada por medio de dos líneas de 220 kV, y dará salida al anillo de 132 kV de Zaragoza por medio de dos salidas de 132 kV. Además, por medio de seis salidas de 20 kV se dará servicio a la zona rural de San Gregorio.

### 1.7.2. Descripción General de la Subestación

La subestación tendrá unas dimensiones de 150 x 100 metros, con una superficie de 15.000 m<sup>2</sup> y constará de dos partes bien diferenciadas. Por un lado, el nivel de 220 kV y 132 kV se situará en el exterior, a la que llamaremos subestación de intemperie. Por otro lado, el nivel de 20 kV se instalará en un edificio construido a tal fin, a lo que llamaremos subestación de interior.

#### 1.7.2.1. Subestación de intemperie

Esta parte de la S.E.T. comprenderá los niveles de tensión de 220 kV y 132 kV. En ella estarán situados los cuatro transformadores de potencia así como toda la aparatamenta requerida para dichos niveles de tensión.

Además, del nivel de 20 kV se colocarán las autoválvulas y los empalmes de cable aéreo desnudo con cable subterráneo aislado.

Habrán dos líneas de alimentación a la S.E.T., conectadas al embarrado de 220 kV. Además, del embarrado de 132 kV saldrán dos líneas conectadas al anillo de Zaragoza.

La aparatamenta utilizada en esta parte de la S.E.T. será especial para intemperie y cumpliendo normas UNE establecidas en el Reglamento.

#### 1.7.2.2. Subestación de interior

Esta parte de la subestación se encontrará en el interior de un edificio de obra civil construido para este fin. Este edificio tendrá unas medidas de 15 x 10 metros con una superficie de 150 m<sup>2</sup>.

Aquí se situará toda la aparatamenta de 20 kV, exceptuando la citada anteriormente, así como todos los elementos que constituyen los aparatos de medida, protección, mando, los servicios auxiliares (transformador seco de 50 KVA, 20.000/400 V con su cuadro de distribución) y las baterías de condensadores y baterías de corriente continua.

Todos estos elementos utilizados en esta parte de la subestación estarán protegidos mediante envolventes y cumplen con las normas UNE establecidas en el reglamento.

## **1.8. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA UNIFILAR**

### **1.8.1. Diagrama unifilar**

El esquema unifilar con las características de los aparatos se puede ver detallado en el plano **2. ESQUEMA UNIFILAR**.

Para situarse en los planos se ha dado nombre a cada una de las líneas que forman el circuito de la S.E.T., siendo estas las que se muestran en la siguiente tabla.

<b>LÍNEA</b>	<b>NOMBRE DE LA LÍNEA</b>
<b>LÍNEA DE ENTRADA 1</b>	<b>L1</b>
<b>LÍNEA DE ENTRADA 2</b>	<b>L2</b>
<b>LÍNEA DE PRIMARIO TRANSFORMADOR 1</b>	<b>LPT1</b>
<b>LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 1</b>	<b>LST1</b>
<b>LÍNEA DE PRIMARIO TRANSFORMADOR 2</b>	<b>LPT2</b>
<b>LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 2</b>	<b>LST2</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 3</b>	<b>L3</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 4</b>	<b>L4</b>
<b>LÍNEA DE PRIMARIO TRANSFORMADOR 3</b>	<b>LPT3</b>
<b>LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 3</b>	<b>LST3</b>
<b>LÍNEA DE PRIMARIO TRANSFORMADOR 4</b>	<b>LPT4</b>
<b>LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 4</b>	<b>LST4</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 5</b>	<b>L5</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 6</b>	<b>L6</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 7</b>	<b>L7</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 8</b>	<b>L8</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 9</b>	<b>L9</b>
<b>LÍNEA DE SALIDA 10</b>	<b>L10</b>
<b>EMBARRADO 220 kV</b>	<b>E1</b>
<b>EMBARRADO 132 kV</b>	<b>E2</b>
<b>EMBARRADO 20 kV</b>	<b>E3</b>

Tabla 1: Nombre asignado a cada una de las líneas del esquema unifilar

A continuación se describirá el diagrama unifilar en cada una de las partes de la S.E.T.

#### **1.8.1.1. Líneas de entrada de 220 kV**

Las líneas de entrada L1 y L2 poseen las mismas características eléctricas y mecánicas y están conectadas a las líneas de transporte que van desde los generadores. Estas líneas son aéreas y se proyectaron con un conductor Aluminio-Acero normalizado tipo HALCÓN. El conductor se ha elegido con el cumplimiento de las características eléctricas y mecánicas y con el fin de unificar las secciones. El cálculo de las

características eléctricas y mecánicas se verá en el apartado 2.6. CONDUCTORES del anexo de CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Cada una de las líneas L1 y L2 poseerá la siguiente aparamenta:

TRES SECCIONADORES DE COLUMNA GIRATORIA CENTRAL denominados 89-1, 89-2, 89-3 en la línea L1 y 89-4, 89-5, 89-6 en la línea L2. Los seccionadores 89-1 y 89-4 de las líneas L1 y L2 respectivamente, tienen como función separar físicamente y visualmente la subestación de las líneas de transporte y conectarlas a tierra, es decir, con este seccionador abierto la S.E.T. no tendrá alimentación. Los seccionadores 89-2 y 89-3 conectan la L1 con cada una de las barras del embarrado doble E1, mientras que los seccionadores 89-5 y 89-6 conectan la línea L2 con cada una de las barras del embarrado doble E1.

UN DISYUNTOR EN CADA LÍNEA denominado 52-1 en la línea L1 y 52-2 en la línea L2. Estos disyuntores, en acción conjunta con los relés de protección, protegen a las líneas de entrada contra cortocircuitos y sirven para dar y quitar servicio a las líneas de entrada.

TRES AUTOVÁLVULAS (una por cada fase) POR LÍNEA. LA función que realizan es proteger contra sobretensiones de tipo atmosférico o de maniobra que puedan entrar en el circuito de la S.E.T. por medio de las líneas de transporte. Por esto se colocarán al principio de las líneas de entrada.

TRES TRANSFORMADORES DE TENSIÓN (uno por cada fase) POR LÍNEA. Su función será extraer una señal de tensión de las líneas de entrada que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

TRES TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD (uno por cada fase) POR LÍNEA. La función de este aparato será, al igual que los transformadores de tensión, extraer una señal de intensidad de las líneas de entrada que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

### **1.8.1.2. Líneas de los transformadores T1 y T2.**

Las líneas de primario y secundario de los Transformadores de potencia T1 y T2 tendrán los mismos aparatos, con la única diferencia que las magnitudes eléctricas de los mismos no serán las mismas en la línea de primario y en la de secundario, puesto que los valores de tensión en primario y secundario de los transformadores no son los mismos. El conductor empleado es normalizado del tipo HALCON, cumpliendo los requisitos de las normas UNE fijadas en el reglamento.

La aparamenta que constituye la línea de primario de los transformadores T1 y T2 es la siguiente:

DOS SECCIONADORES DE APERTURA LATERAL EN CADA LÍNEA, denominados 89-9 y 89-10 para la línea LPT1 y 89-11 y 89-12 para la línea LPT2. La

función de estos seccionadores es alimentar los transformadores por la barra 1 o barra 2 del embarrado E1.

UN DISYUNTOR EN CADA LÍNEA, denominados 52-4 para la línea LPT1 y 52-5 para la línea LPT2. Estos disyuntores protegen, en acción conjunta con los relés de protección, a estas líneas contra cortocircuitos y sirven para dar y quitar servicio a los transformadores T1 y T2, y en consecuencia, al resto de la instalación.

TRES AUTOVÁLVULAS (una por cada fase) POR LÍNEA. La función que realizan es proteger contra sobreintensidades del tipo atmosféricos o de maniobra a los transformadores T1 y T2.

TRES TRANSFORMADORES DE TENSIÓN (uno en cada fase) POR LÍNEA. Su función será extraer una señal de tensión que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

TRES TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD (uno por cada fase) POR LÍNEA. La función de este aparato será, al igual que los transformadores de tensión, extraer una señal de intensidad que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

Como ya se ha comentado antes, los aparatos utilizados en las líneas de secundario de los transformadores T1 y T2 son los mismos que en las líneas de primario, con la única salvedad de que las características eléctricas y físicas son diferentes.

### **1.8.1.3. Líneas de los transformadores T3 y T4.**

A diferencia de las líneas de primario y secundario de los transformadores T1 y T2, las líneas de primario y secundario de los transformadores T3 y T4 no poseen los mismos aparatos. Esto es debido a que la línea de primario de estos transformadores es aérea, mientras que la línea de secundario es una parte aérea y otra subterránea.

#### **1.8.1.3.1. Línea de primario de los transformadores T3 y T4**

Los aparatos que constituyen estas líneas serán los mismos que los aparatos que constituyen las líneas de primario de los transformadores T1 y T2.

El conductor empleado es normalizado del tipo HALCON, cumpliendo los requisitos de las normas UNE fijadas en el reglamento.

La aparamenta será la siguiente:

DOS SECCIONADORES DE APERTURA LATERAL EN CADA LÍNEA, denominados 89-25 y 89-26 para la línea LPT3 y 89-27 y 89-28 para la línea LPT4. La función de estos seccionadores es alimentar los transformadores por la barra 1 o barra 2 del embarrado E2.

UN DISYUNTOR EN CADA LÍNEA, denominados 52-11 para la línea LPT3 y 52-12 para la línea LPT4. Estos disyuntores protegen, en acción conjunta con los relés de

## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

protección, a estas líneas contra cortocircuitos y sirven para dar y quitar servicio a los transformadores T3 y T4, y en consecuencia, al resto de la instalación.

TRES AUTOVÁLVULAS (una por cada fase) POR LÍNEA. La función que realizan es proteger contra sobretensiones del tipo atmosféricas o de maniobra a los transformadores T3 y T4.

TRES TRANSFORMADORES DE TENSIÓN (uno en cada fase) POR LÍNEA. Su función será extraer una señal de tensión que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

TRES TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD (uno por cada fase) POR LÍNEA. La función de este aparato será, al igual que los transformadores de tensión, extraer una señal de intensidad que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

### **1.8.1.3.2. Líneas de secundario de los transformadores T3 y T4**

Estas líneas van desde el secundario de los transformadores T3 y T4 hasta las celdas de línea que hay dentro del edificio de la S.E.T. Estas líneas estarán formadas por dos tipos de conductor, uno desnudo que discurre por aire y otro aislado que irá subterráneo.

El tramo del conductor desnudo está formado por dos conductores en paralelo del tipo HALCON, mientras que el tramo con conductor aislado está constituido por dos cables en paralelo del fabricante PIRELLI modelo AL VOLTALENE de 500 mm<sup>2</sup> de sección

El tramo que va al aire está constituido por una autoválvula, que protege al transformador de sobretensiones, tras esta, se coloca un empalme de conductor aislado con conductor desnudo, y a partir de aquí se pasa al tramo subterráneo.

La aparatada utilizada en el tramo subterráneo es una celda de línea del fabricante ORMAZABAL tipo CGP-1. Esta celda tiene un doble embarrado, dos seccionadores y un interruptor automático. Las funciones de estos aparatos será dar o quitar servicio al embarrado de 20 kV.

### **1.8.1.4. Líneas de salida de 132 kV**

Las líneas L3 y L4 son aéreas, y van desde el embarrado de 132 kV hasta las líneas de transporte que las conectan con el anillo de Zaragoza.

El conductor empleado en estas líneas es normalizado del tipo HALCON, y la aparatada existente será la siguiente:

TRES SECCIONADORES DE COLUMNA GIRATORIA CENTRAL denominados 89-19, 89-20, 89-21 en la línea L3 y 89-22, 89-23, 89-24 en la línea L4. Los seccionadores 89-19 y 89-22 de las líneas L3 y L4 respectivamente, tienen como función separar físicamente y visualmente la subestación de las líneas de transporte, es decir, con este seccionador abierto la S.E.T. no tendrá alimentación. Los seccionadores



## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

89-20 y 89-21 conectan la L3 con cada una de las barras del embarrado doble E2, mientras que los seccionadores 89-23 y 89-24 conectan la línea L4 con cada una de las barras del embarrado doble E2.

UN DISYUNTOR EN CADA LÍNEA denominado 52-9 en la línea L3 y 52-10 en la línea L4. Estos disyuntores, en acción conjunta con los relés de protección, protegen a las líneas de entrada contra cortocircuitos y sirven para dar y quitar servicio a las líneas de entrada.

TRES AUTOVÁLVULAS (una por cada fase) POR LÍNEA. LA función que realizan es proteger contra sobretensiones de tipo atmosférico o de maniobra que puedan entrar en el circuito de la S.E.T. por medio de las líneas de transporte. Por esto se colocarán al principio de las líneas de entrada.

TRES TRANSFORMADORES DE TENSIÓN (uno por cada fase) POR LÍNEA. Su función será extraer una señal de tensión de las líneas de entrada que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

TRES TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD (uno por cada fase) POR LÍNEA. La función de este aparato será, al igual que los transformadores de tensión, extraer una señal de intensidad de las líneas de entrada que se utilizará para alimentar las bobinas de los aparatos de medida y protección.

### **1.8.1.5. Líneas de salida de 20 kV**

Estas líneas son las que alimentarán toda la zona rural de San Gregorio y van desde el embarrado doble de 20 kV que hay en el interior de las celdas de 20 kV.

Se denominan L5, L6, L7, L8, L9 y L10 y son líneas subterráneas. El conductor empleado es aislado de media tensión del fabricante PIRELLI modelo AL VOLTALENE de 500 mm<sup>2</sup> de sección.

Cada una de las líneas, que parten del embarrado de 20 kV de las celdas del fabricante ORMAZABAL tipo CGP-1, tienen en el interior un interruptor automático y dos seccionadores, tres transformadores de intensidad y otros tres transformadores de tensión. La función del interruptor es proteger las líneas, junto con los relés y transformadores de intensidad y tensión, además de dar y quitar servicio conjuntamente con los seccionadores.

### **1.8.1.6. Embarrados**

Como ya se ha descrito, hay tres embarrados en la S.E.T., uno de 220 kV denominado E1, otro de 132 kV denominado E2 y, por último uno de 20 kV denominado E3.

#### **1.8.1.6.1. Embarrado de 220 kV**



Este embarrado es aéreo y doble, y a él llegan dos líneas de entrada a 220 kV que alimentan a la subestación, y salen las dos líneas que alimentan a los transformadores T1 y T2.

El conductor utilizado es tipo HALCON, ya que cumple con todos los requisitos tanto eléctricos como mecánicos, que marca el reglamento.

Además, el embarrado posee una línea de acoplamiento constituida por un interruptor 52-8 y dos seccionadores 89-17 y 89-18, cuya función es dar o quitar servicio a barras uno o a barras dos.

### 1.8.1.6.2. Embarrado de 132 kV

Este embarrado, como el anterior, es aéreo y doble, y a él llegan las dos líneas de los transformadores T1 y T2, y salen dos líneas que alimentan a los transformadores T3 y T4. Además, de este embarrado salen dos líneas hacia el anillo de 132 kV de Zaragoza.

El conductor utilizado es tipo HALCON, ya que cumple con todos los requisitos tanto eléctricos como mecánicos, que marca el reglamento.

Además, el embarrado posee una línea de acoplamiento constituida por un interruptor 52-15 y dos seccionadores 89-33 y 89-34, cuya función es dar o quitar servicio a barras uno o a barras dos.

### 1.8.1.6.3. Embarrado de 20 kV

Este embarrado, a diferencia de los dos anteriores, está alojado en el interior de las celdas, del fabricante ORMAZABAL. También es doble, y está constituido por unas pletinas de cobre, cumpliendo así las características eléctricas y mecánicas que fija el reglamento.

Las celdas de este embarrado tienen varias funciones, que son las siguientes:

- Celdas de línea para los secundarios de los transformadores T3 y T4 con medida y protección.
- Celdas de línea para seis salidas con medida y protección.
- Celda de acoplamiento
- Celda de salida para el transformador de servicios auxiliares
- Celda de protección de la batería de condensadores

Las celdas de línea de los secundarios de los transformadores y las salidas se han explicado en el apartado anterior, ya que pertenecían a las líneas de secundario de los transformadores T3 y T4 y las líneas de salida hacia la zona rural de San Gregorio.

La celda de salida para el transformador de servicios auxiliares de explicará junto con la línea de servicios auxiliares.

La celda de acoplamiento, al igual que las líneas de acoplamiento de los embarrados E1 y E2, sirve para dar servicio a barras uno o a barras dos. Para ello posee un interruptor automático y dos seccionadores.

Las celdas de protección de las baterías de condensadores se explicarán en el siguiente apartado.

### **1.8.1.7. Líneas de baterías de condensadores**

Las baterías de condensadores estarán conectadas al embarrado de 20 kV mediante una celda de línea con dos seccionadores y un interruptor automático.

También poseerá tres transformadores de intensidad y otros tres de tensión para extraer las magnitudes eléctricas que se requieren para mando, medida y protección.

## **1.9. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL**

### **1.9.1. Terreno**

La subestación Eléctrica Transformadora se construirá en un terreno llano de tierra compacta, y se colocará una capa de 10 cm de grava, consiguiendo de esta manera el filtrado del agua, la emanación de polvo y una mayor seguridad eléctrica en las tensiones de paso y contacto de la instalación.

Se tomarán precauciones para evitar los encharcamientos de agua en la superficie del terreno, dando una pendiente al mismo.

Además se construirá un foso por cada transformador de potencia. Este foso tendrá la capacidad suficiente para poder recoger en caso de fuga todo el aceite de la cuba del transformador. Por seguridad, se rellenará con grandes piedras.

## 1.9.2. Vallado

Toda la instalación estará protegida por una valla metálica, con base de obra civil, de una altura igual a 2'5 metros de altura medida desde el exterior y estará provista de señales de advertencia de peligro por alta tensión para advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

## 1.9.3. Canalizaciones subterráneas

### 1.9.3.1. Generalidades

Los conductores de energía eléctrica en el interior del recinto de la instalación se considerarán divididos en conducciones o canalizaciones de baja tensión y de alta tensión. Las primeras deberán ser dispuestas y realizadas de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

En cuanto a las segundas, se tendrá en cuenta, en la disposición de las canalizaciones, el peligro de incendio, su propagación y consecuencias, para lo cual se procurará reducir al mínimo sus riesgos adoptando las medidas que a continuación se indican:

- Las conducciones o canalizaciones no deberán disponerse sobre materiales combustibles no auto extingüibles, si se encontrarán cubiertos por ellos.

- Los revestimientos exteriores de los cables deberán ser difícilmente inflamables.

- Los cables auxiliares de medida, manto, etc., se mantendrán, siempre que sea posible, separados de los cables con tensiones de servicio superiores a 1 kV o deberán estar protegidos mediante tabiques de separación o en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.

En el diseño de estas canalizaciones deberá tenerse presente lo siguiente:

- Tensión nominal entre conductores y éstos y tierra.
- Nivel de aislamiento previsto.
- Intensidades admisibles.
- Disipación de calor.
- Protecciones contra acciones de tipo mecánico (golpes, roedores y otras).
- Radios de curvatura admisible por los conductores.
- Intensidades de cortocircuito.
- Corrientes de corrosión cuando exista envuelta metálica.
- Vibraciones.
- Propagación del fuego.
- Radiación (solar, ionizante y otras).

Los cables aislados podrán ser de aislamiento seco termoplástico o termoestable, de papel impregnado, de aceite fluido u otros.

La instalación de estos cables aislados podrá ser:

a) Directamente enterrados en zanja abierta en el terreno con el lecho y relleno de arena debidamente preparado. Se dispondrá una línea continua de ladrillos o rasilla encima del cable, a modo de protección mecánica.

Cuando el trazado discorra por zonas de libre acceso al público, se dispondrá asimismo una cinta de señalización de A.T.

b) En tubos de hormigón, cemento o fibrocemento, plástico o metálicos, debidamente enterrados en zanjas.

c) En atarjeas o canales revisables, con un sistema de evacuación de agua cuando estén a la intemperie. Este tipo de canalizaciones no podrá utilizarse en las zonas de libre acceso al público.

d) En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared, adoptando las protecciones mecánicas adecuadas cuando discurren por zonas accesibles a personas o vehículos.

e) Colgados de cables fiadores, situados a una altura que permita, cuando sea necesario, la libre circulación sin peligro de personas o vehículos, siendo obligatorio la indicación el máximo galibo admisible.

Cuando cualquiera de estas canalizaciones atraviese paredes, muros, tabiques o cualquier otro elemento que delimite secciones de protección contra incendios, se hará de forma que el cierre obtenido presente una resistencia al fuego equivalente.

Los cables se colocarán de manera que no se perjudiquen sus propiedades funcionales (estanqueidad en las botellas terminales, mantenimiento de la presión de aceite, etc.)

### **1.9.3.2. Tipos de canalizaciones empleados**

Los tipos de canalizaciones empleados en la subestación serán los siguientes cuatro:

- Canalizaciones de los conductores de media tensión.
- Canalizaciones de los conductores de baja tensión (líneas de alumbrado exterior) para líneas alumbrado.
- Canalizaciones de los conductores de baja tensión para mando, medida y protección.
- Canalización del conductor de tierra.

#### 1.9.3.2.1. Canalizaciones de los conductores de media tensión

La canalización de los conductores de media tensión se realizará directamente enterrada en zanja abierta en el terreno con el lecho y relleno de arena debidamente preparado.

La profundidad, hasta la parte superior del cable más próximo será de 0,6 metros. La zanja será de anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos. Los laterales de la zanja serán compactos y no desprenderán piedras o tierra, La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, que podrá ser arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica de ladrillos que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico de A.T.

El fondo de la zanja deberá estar libre de piedras o guijarros que podrían dañar el cable y provocar un defecto.

#### 1.9.3.2.2. Canalizaciones de los conductores de baja tensión (líneas de alumbrado exterior) para líneas de alumbrado

Al igual que los cables de MT, los conductores de baja tensión se colocarán directamente enterrados, con las características que se muestran en el plano **28. Zanjas.**

#### 1.9.3.2.3. Canalizaciones de los conductores de baja tensión para mando, medida y protección

Los conductores de baja tensión irán colocados en atarjeas o canales revisables según el apartado 2.1.4. de la ITC07 del Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Las características y dimensiones de los canales se muestran con detalle en el plano **28. Zanjas.**

#### 1.9.3.2.4. Canalización del conductor de tierra

Para la colocación del conductor desnudo de tierra se realizará una zanja de 80 cm de profundidad, con una anchura de 50 cm. Dicho conductor se colocará en el fondo de la zanja siendo cubierto por arena de la excavación, previamente limpiada de grandes piedras o elementos que puedan dañar el cable de tierra. Los últimos 10 cm se rellenarán, al igual que en el resto de la subestación de gravilla, dando así una mayor seguridad frente a tensiones de paso y contacto.

### 1.9.4. Estructuras

La estructura se compone de postes de celosía distribuidos convenientemente sobre la planta del terreno, los cuales se unen por sus cabezas con vigas horizontales para formar pórticos, que soportan los esfuerzos de los cables de llegada-salida de línea, barras generales, barras de conexión a transformadores, etc.

Como la unión de las vigas horizontales a los postes se realiza mediante tornillería, se consideran los nudos sin rigidez, esto es, como articulados.

Por cumplimiento del Reglamento de Alta Tensión y recomendaciones de ENDESA se instalarán estructuras con las siguientes características, atendiendo a niveles de tensión y finalidad de la estructura:

#### Nivel de 220 kV

Nivel 1A:	21 metros para malla superior de protección.
Nivel 2A:	17,5 metros para nivel superior del by-pass, entrada de líneas.
Nivel 3A:	14,5 metros para barras de transformador, cables inferiores de by-pass.
Nivel 4A:	11 metros para barras generales.

#### Nivel de 132 kV

Nivel 1B:	17,5 metros para malla superior de protección.
Nivel 2B:	14,5 metros para nivel superior del by-pass, entrada de líneas.
Nivel 3B:	11 metros para barras de transformador, cables inferiores de by-pass.
Nivel 4B:	8 metros para barras generales.

Con estas alturas se cumplen las distancias mínimas exigidas en el Reglamento de distancias del conductor al terreno, calculadas en el apartado 2.8.5. Distancia de los conductores al terreno del Anexo de Cálculos.

#### 1.9.4.1. Apoyos

Se utilizarán tres tipos de apoyos que serán los descritos a continuación:

##### APOYO TIPO 1

Tendrá una longitud total de 22,85 metros, de los cuales 1,85 metros estarán enterrados en la cimentación del mismo. Esta estructura se utilizará para el nivel de 220 kV.

Llevará tres posibles anclajes para vigas, según el nivel A requerido en la instalación, y en su altura posterior llevará instalado los anclajes para el hilo de guarda. El esquema de dicho apoyo se representa en el plano **18. ESQUEMA APOYO TIPO 1.**

### **APOYO TIPO 2**

Tendrá una longitud total de 19 metros, y una altura sobre el suelo de 17,5 metros. Se empleará para el nivel de 132 kV, con la posibilidad de tres anclajes en el nivel B según la colocación en la Subestación, y en su altura posterior llevará instalado los anclajes para el hilo de guarda. El esquema de dicho apoyo se representa en el plano **19. ESQUEMA APOYO TIPO 2.**

#### **1.9.4.2. Vigas**

Se utilizarán dos tipos de vigas, que serán las siguientes:

### **VIGA TIPO A**

Esta viga tendrá una longitud de 14,8 metros, con una distancia entre los puntos de amarre con las cadenas de aisladores (distancia entre fases) de 3,4 metros. Se colocará en el nivel de 220 kV, cumpliendo las distancias mínimas exigidas. El esquema de dicha viga se representa en el plano **20. ESQUEMA VIGA TIPO A.**

### **VIGA TIPO B**

Esta viga tendrá una longitud total de 11 metros, con una distancia entre los puntos de amarre con las cadenas de aisladores (distancia entre fases) de 2,5 metros. Se colocará en el nivel de 132 kV, cumpliendo las distancias mínimas exigidas. El esquema de dicha viga se representa en el plano **21. ESQUEMA VIGA TIPO B.**

#### **1.9.5. Aisladores**

La misión de los aisladores es la de unir los cables de potencia a la estructura metálica de la subestación de forma que ésta quede perfectamente aislada y protegida de la tensión de los conductores en todo tipo de circunstancias, tanto en condiciones normales como durante sobretensiones y cortocircuitos.

Para los niveles de 220 y 132 kV, se seleccionarán aisladores, cuyo número y características nominales se describen a continuación y se justifican en su correspondiente apartado en el anexo de cálculos.

### **1.9.5.1. Nivel de 220 kV**

Para el nivel de 220 kV se colocará una cadena de 16 aisladores tipo caperuza-vástago E160 estándar con las siguientes características:

- Clase: U 160 BS
- Material: Vidrio templado
- Peso neto aproximado: 6,3 kg
- Línea de fuga: 370 mm
- Paso: 150 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 160 kN
- Ensayos según publicación CEI-383
- Dimensiones:
  - Diámetro Plato: 286 mm
  - Diámetro vástago 20 mm

### **1.9.5.2. Nivel 132 kV**

Para el nivel de 220 kV se colocará una cadena de 10 aisladores tipo caperuza-vástago E160 estándar con las siguientes características:

- Clase: U 160 BS
- Material: Vidrio templado
- Peso neto aproximado: 6,3 kg
- Línea de fuga: 370 mm
- Paso: 150 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 160 kN
- Ensayos según publicación CEI-383
- Dimensiones:
  - Diámetro Plato: 286 mm
  - Diámetro vástago 20 mm

### **1.9.6. Soportes**

La aparamenta utilizada en la Subestación de intemperie posee dimensiones concretas. Cada uno de los aparatos tiene una altura diferente, por lo tanto, para cumplir las exigencias del reglamento de altura mínima de los elementos en tensión respecto a tierra, estos aparatos se colocarán encima de soportes de celosía.

Los soportes cumplirán con el documento del grupo ENDESA SDF001 “Criterios de diseño para la realización de estructuras y soportes en Subestaciones”



Para calcular dicha altura mínima, se tendrá en cuenta la altura del propio elemento hasta elementos en tensión, y de esta manera se calculará la altura del soporte:

$$H_{\text{soporte}} = H_{\text{mínima}} - H_{\text{elemento}}$$

Todos los cálculos justificativos se encuentran en el apartado 2.8.8. Altura de Soportes del Anexo de Cálculos.

## 1.9.7. Conductores

En la Subestación objeto del presente proyecto, se emplearán los siguientes tipos de conductores:

- Conductores desnudos de Alta Tensión
- Conductores de tierra
  - Malla enterrada
  - Hilo de guarda
  - Neutro SS.AA.
- Conductores aislados de Media Tensión
- Conductores aislados de Baja Tensión
- Conductores aislados de Baja Tensión para medida, protección y mando

### Conductores desnudos de Alta Tensión

El conductor desnudo de Alta Tensión utilizado en los embarrados y líneas aéreas, es de aluminio-acero. Este conductor está compuesto de varios alambres de aluminio, de igual o diferente diámetro nominal, y de alambres de acero galvanizado. Los alambres van cableados en capas concéntricas. Los alambres centrales son de acero y las capas exteriores la forman alambres de aluminio.

Dicho conductor está normalizado y presenta las siguientes características:

Conductor:	HALCÓN
Sección:	Aluminio 241,7 mm <sup>2</sup> ; ARL 39,4mm <sup>2</sup> ; Total 281,1 mm <sup>2</sup> .
Equivalente en cobre:	157 mm <sup>2</sup> .
Diámetro:	Alma 8,04 mm; Total 21,8 mm.

Composición:

Alambres de aluminio:	26 alambres de 3,44 mm de diámetro.
Alambres de ARL:	7 alambres de 2,68 mm de diámetro.
Carga de rotura:	8.940 kgf / 8.760 daN
Resistencia eléctrica a 20 °C:	0,1131 Ω/km.
Masa: Aluminio	667 kg/km;
	ARL 290 kg/km; Total 1,222 kg/km.
Módulo De elasticidad:	7.300 kgf/mm <sup>2</sup> / 72.000 N/mm <sup>2</sup> .
Coefficiente de dilatación lineal:	19,1x10 <sup>-6</sup> °C.

Densidad máxima Reglamentaria:  $2,04 \text{ A/mm}^2$ .

### **Conductores de Tierra**

En la S.E.T. se encontrarán tres tipos de conductores de tierra, descritos a continuación:

Para la malla metálica que cubre la total superficie de la Subestación, se colocará cable desnudo de cobre de  $120 \text{ mm}^2$ , y para la unión de los distintos elementos, tanto aparamenta, carcassas, vallados o soportes, se utilizarán latiguillos de cobre de una sección de  $50 \text{ mm}^2$ .

Para la realización de la tierra del neutro, se empleará cable desnudo de cobre de  $95 \text{ mm}^2$ , en cuál se habrá separado de la Subestación una distancia de 20 metros trascurriendo por esta mediante cable aislado de Media Tensión.

La protección frente a la climatología se realizará a través de cables de guarda de acero de una sección de  $50 \text{ mm}^2$ .

### **Conductores aislados de Media Tensión**

Para el nivel de 20 kV donde se colocará el cable aislado de Media Tensión, se utilizará un conductor de aluminio, aislado eléctricamente y protegido contra acciones mecánicas.

Conductor aislado: PIRELLI

FABRICANTE: PIRELLI  
MODELO: Al Voltalene H 1 x500 12/20 kV  
Diámetro exterior: 52,5 mm  
Peso: 3.385 kg/km  
Tensión de aislamiento: 24 kV  
Resistencia eléctrica máxima a 20°C: 0,0605  $\Omega$ /km  
Resistencia ala frecuencia de 50 Hz: 0,084  $\Omega$ /km  
Capacidad: 0,417  $\mu\text{F/Km}$   
Carga máxima admisible: 590 A

### **Conductores aislados de Baja Tensión**

Para las distintas distribuciones en Baja Tensión, se utilizará cable aislado de baja emisión de halógenos, para cumplir recomendaciones del grupo ENDESA. Todos los cables serán de características iguales, salvo la sección, la cual corresponderá a cada circuito según cálculos justificativos:

Fabricante PIRELLI  
Modelo: Pirelli Retenaz F RVFV 0,6/1kV  
Conductor de seguridad Cero Halógenos

### **Conductores aislados de Baja Tensión para medida, protección y mando**

Debido a la baja intensidad que han de soportar los cables de comunicación dentro de la subestación, se colocará el mismo cable que se coloca para distribución en Baja Tensión, con la salvedad que este será siempre de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección, siendo esta muy holgada en cuanto a conductividad.

Fabricante PIRELLI

Modelo: Pirelli Retenaz F RVFV 0,6/1kV

#### **1.9.8. Edificio**

Tanto el nivel de 20 kV, el transformador de SS.AA. con toda su aparamenta, las baterías de condensadores y las baterías de corriente continua, como la aparamenta de mando y protección, se encontrarán albergadas en un edificio de obra civil construido a tal fin. Para ello se proyectará construir un edificio de superficie 10 x 15 metros.

Dicho edificio tendrá una altura de 4 metros útiles, una puerta de acceso tipo corredera de 3 metros de altura por 4 de ancho, en la cual dentro de esta se colocará una puerta de acceso individual de 2 metros de altura por 1,20 metros de ancho.

La ventilación será natural, colocándose rejillas metálicas a tal fin en las paredes del edificio. Además poseerá una iluminación de aproximadamente 500 Lux que permitirán un cómodo trabajo en las operaciones de mantenimiento o control de la S.E.T.

Para mayor seguridad del edificio, y cumpliendo con las recomendaciones del grupo ENDESA, las luminarias se dividirán en dos circuitos claramente diferenciados, lo que nos permitirá seguir teniendo una adecuada iluminación en el caso de fallar alguno. Además se colocarán luminarias de emergencia. En el plano **24. ESQUEMA EDIFICIO OBRA CIVIL** se muestra con detalle las características del mismo.

#### **1.9.9. Cimentaciones**

Para todas las cimentaciones que necesitarán las torres que sujetarán las vigas de embarrados, se acudirá a catálogos de fabricantes homologados los cuales junto con las torres indicarán el tamaño de la cimentación, tanto como los cálculos justificativos.

De la misma manera sucederá para las cimentaciones que necesitarán las estructuras de la aparamenta de alta tensión, la cual se escogerá de fabricante homologado.

De esta manera estaremos siempre en cumplimiento del Reglamento de Alta Tensión, Reglamento de Centrales y Subestaciones y de las recomendaciones del grupo ENDESA.

## **1.10. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA ELEGIDA**

### **1.10.1. Interruptores**

#### **1.10.1.1. Generalidades**

Los disyuntores o interruptores automáticos son aparatos capaces de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos o a la instalación.

Los interruptores, automáticos o no, podrán emplear para la extinción del arco sistemas basados en los principios de: gran volumen de aceite, pequeño volumen de aceite, aire comprimido, hexafluoruro de azufre, vacío, soplado magnético, autosoplado, o cualquier otro principio que la experiencia aconseje.

Se indicarán claramente las posiciones de “cerrado” y “abierto”, por medio de rótulos en el mecanismo de maniobra.

La maniobra de los interruptores podrá efectuarse de la forma que se estime más conveniente: mecánicamente, por resorte acumulador de energía, eléctricamente por solenoide o motor, por aire comprimido, etc.

Se prohíbe la utilización de interruptores, previstos para cierre manual, en los cuales el movimiento de los contactos sea dependiente de la actuación del operador. El interruptor debe tener un poder de cierre independiente de la acción del operador.

En el caso de los interruptores de extinción de arco por aire comprimido, los depósitos de aire del propio interruptor deberán estar dimensionados de forma tal que sea posible realizar, por lo menos, el siguiente ciclo: “abrir-cerrar-abrir” partiendo de la posición normal de trabajo (cerrado), sin necesidad de reposición de aire. Será obligatorio instalar un equipo de compresión y almacenamiento de aire, independiente de los depósitos del propio interruptor, cuya capacidad esté prevista teniendo en cuenta el número de interruptores y el ciclo de explotación establecido.

Cualquiera sea el mecanismo adoptado para la maniobra de los interruptores automáticos, será de disparo libre. Todos los interruptores automáticos estarán equipados con un dispositivo de apertura local, actuado manualmente. La apertura será iniciada por un dispositivo que podrá ser eléctrico, mecánico, neumático, hidráulico o combinación de los anteriores sistemas.

Con carácter general, salvo casos especiales, los interruptores automáticos, que no deban funcionar con reenganche rápido, deberán satisfacer con su pleno poder de corte uno de los dos ciclos nominales siguientes:

Abrir – 3 minutos – Cerrar – Abrir – 3 minutos – Cerrar – Abrir  
Abrir – 15 segundos – Cerrar – Abrir

Al final del ciclo el interruptor será capaz de soportar permanentemente el paso de su intensidad nominal en servicio continuo.

Para la subestación de intemperie se colocarán disyuntores con tecnología SF<sub>6</sub>. Para los niveles tanto de 220 kV como de 132 kV, serán tripolares. Los polos del interruptor y el mecanismo de operación están conectados mediante barras de tracción. Cada polo tiene un resorte de apertura individual controlado por la barra de tracción.

Cada polo del interruptor constituye una unidad llena de SF<sub>6</sub> sellada, que incluye la unidad de interrupción, el aislador tubular y el gabinete del mecanismo.

La fiabilidad operativa y la vida de servicio de un interruptor SF<sub>6</sub> depende en gran medida de la capacidad de garantizar el sellado del volumen de gas SF<sub>6</sub> y de neutralizar los efectos de la humedad y los productos de descomposición en el gas.

El riesgo de fuga de gas es insignificante; se utilizan anillos dobles de caucho nitrilo de forma tórica y forma de X con excelentes resultados.

Cada unidad de interrupción se suministra con un desecante que absorbe la humedad y los productos de descomposición del proceso de interrupción.

Dado que la capacidad de interrupción depende de la densidad del gas SF<sub>6</sub>, el interruptor LTB se suministra con un monitor de densidad. El monitor de densidad consiste en un preostato compensado por temperatura. Por lo tanto, la señal de alarma y la función de bloqueo son activadas únicamente si la presión cae debido a una fuga.

### **1.10.1.2. Interruptores del nivel de 220 kV**

#### **CARACTERÍSTICAS**

FABRICANTE: ABB

MODELO: LTB 245 E1

Número de cámaras por polo: 1

Tensión nominal: 245 kV

Frecuencia nominal: 50 Hz

Tensión soportada a frecuencia industrial (1min)

A tierra: 460 kV

A través del polo abierto: 460 kV

Tensión soportada a impulso tipo rayo

A tierra: 1050 kV

A través del polo abierto: 1050 kV

Corriente nominal de servicio: 4000 A

Corriente nominal de servicio en cortocircuito: 40 kA

Factor de primer polo: 1,5

Cresta de corriente de cierre: 104 kA

Duración de cortocircuito: 3 s

Tiempo de cierre: <55ms

Tiempo de apertura: 17 ms

Tiempo de corte: 40 ms

Tiempo muerto: 300 ms

Dimensiones, medidas en milímetros:

- A: 6703
- B: 1914
- C: 1955
- D: 4544
- E: 3500
- F: 8390

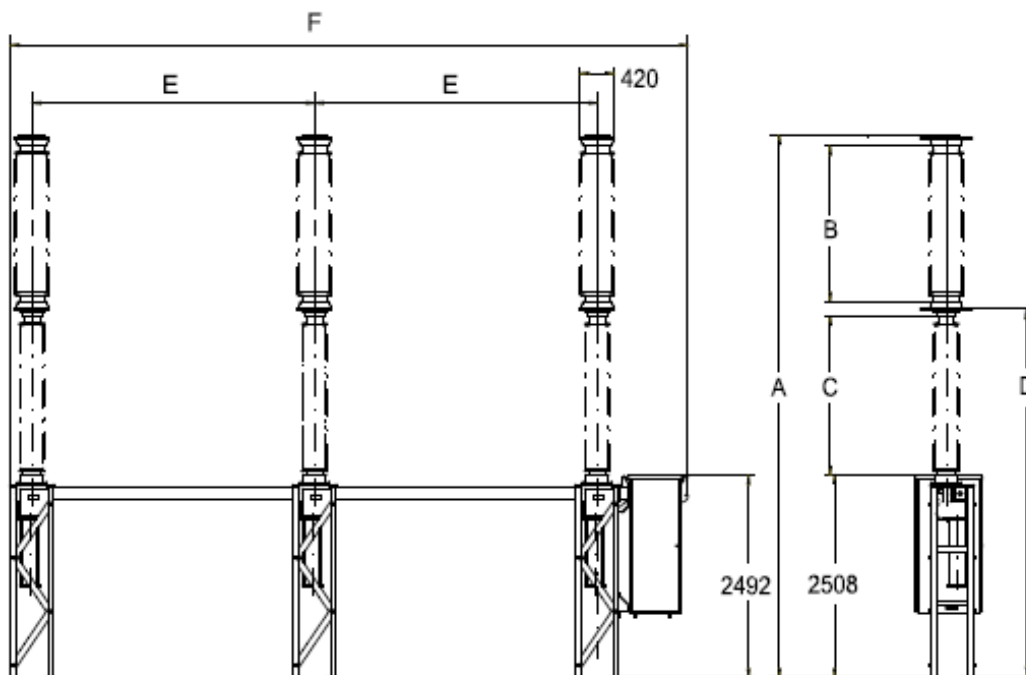


Imagen 1: Disyuntor 245 kV

### 1.10.1.3. Interruptores del nivel de 132 kV

#### CARACTERÍSTICAS

- FABRICANTE: ABB
- MODELO: LTB 145 D1
- Número de cámaras por polo: 1
- Tensión nominal: 145 kV
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Tensión soportada a frecuencia industrial (1min)
  - A tierra: 275 kV
  - A través del polo abierto: 275 kV
- Tensión soportada a impulso tipo rayo
  - A tierra: 650 kV

A través del polo abierto: 650 kV  
Corriente nominal de servicio: 3150 A  
Corriente nominal de servicio en cortocircuito: 40 kA  
Factor de primer polo: 1,5  
Cresta de corriente de cierre: 100 kA  
Duración de cortocircuito: 3 s  
Tiempo de cierre: <40ms  
Tiempo de apertura: 22 ms  
Tiempo de corte: 40 ms  
Tiempo muerto: 300 ms

Dimensiones, medidas en milímetros:

A: 5197  
B: 1164  
C: 1220  
D: 3833  
E: 1850  
F: 4630

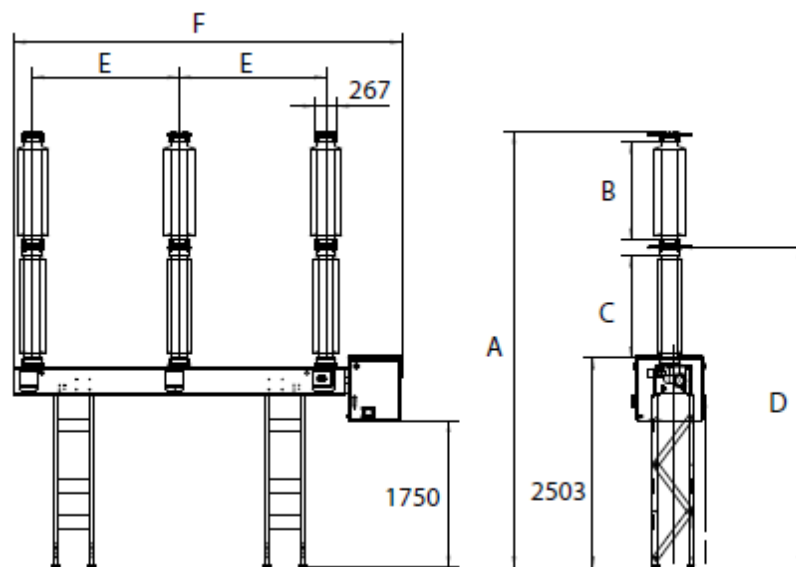


Imagen 2: Disyuntor 132 kV

## 1.10.2. Seccionadores

### 1.10.2.1. Generalidades

Los seccionadores son dispositivos que tienen la finalidad de cortar un circuito pudiéndolo dejar abierto. No pueden abrir o cerrar estando en tensión. Tienen una misión además de la de cortar físicamente el circuito, de servir de guía visual a la hora de operar dentro de una subestación, puesto que su corte o apertura se ve a simple vista.

Los seccionadores deberán ser de modelo y tipo adecuado a la índole de su función, a la instalación y a la tensión e intensidad de servicio.

Los seccionadores, así como sus accionamientos correspondientes en su caso, tienen que estar dispuestos de manera tal que no maniobren intempestivamente por los efectos de la presión o de la tracción ejercida con la mano sobre el viraje, por la presión del viento, por precipitaciones, por la fuerza de la gravedad, o bajo esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito.

En el caso de que los seccionadores estén equipados con servomecanismos de mando de cualquier tipo, la concepción de éstos será tal que no puedan producirse maniobras intempestivas por avería en los elementos de dichos mandos en sus circuitos de alimentación o por falta de la energía utilizada para realizar el accionamiento.

Cuando los seccionadores estén equipados de cuchillas de puesta a tierra deberán estar dotados de un enclavamiento seguro entre las cuchillas principales y las de puesta a tierra.

Para tensiones nominales de los seccionadores iguales o inferiores a 88 kV la tensión soportada entre los contactos de un mismo polo del seccionador en posición abierto debe ser superior a la tensión máxima soportada a tierra o entre polos diferentes, lo mismo a frecuencia industrial que a ondas de choque.

Los aisladores de los seccionadores y de los seccionadores de puesta a tierra estarán dispuestos del tal forma que las corrientes de fuga vayan a tierra y no entre bornes de un mismo polo ni entre polos.

La intensidad mínima de los seccionadores será de 200 amperios.

Para la subestación se han elegido para los niveles de 220 kV y de 132 kV seccionadores de columna central giratoria, puesto que son los más utilizados para estos niveles.

#### **Seccionador de columna central giratoria:**

En este tipo de seccionador la cuchilla está fijada sobre una columna central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble. Las dos columnas exteriores están montadas rígidamente sobre un soporte metálico de perfiles laminados y son las encargadas de sostener los contactos fijos.

#### **Seccionador de dos columnas giratorias:**

El seccionador dispone de dos columnas en lugar de tres como el modelo de columna giratoria central, siendo ambas columnas portadoras de cuchillas giratorias. En este caso se obtiene sólo un punto de aplicación de este seccionador, pero la apertura es más rápida que en el seccionador de columna central giratoria.

Los seccionadores que posean puesta a tierra estarán indicados en el plano y poseerán la indicación TT al final de su denominación.



### 1.10.2.2. Seccionador del nivel de 220kV

Como ya se ha comentado, el seccionador elegido es de tipo columna central giratoria, o también llamados, de doble apertura lateral. El modelo Sg3CT-245/800 del fabricante MESA es el que se instalará en la S.E.T. A continuación se muestran sus características:

#### CARACTERÍSTICAS

FABRICANTE: MESA  
MODELO: SG3CT-245/800  
Tensión nominal: 245 kV  
Intensidad nominal: 800 A  
Tensión de ensayo:  
    A tierra y entre polos  
        A frecuencia industrial bajo lluvia: 530 kV  
        A impulso tipo rayo: 1050 kV  
    Sobre la distancia de seccionamiento  
        A frecuencia industrial bajo lluvia: 530 kV  
        A impulsos tipo rayo: 1200 kV  
Intensidad de corta duración: 31,5 kA  
Valor de cresta de la intensidad: 80 kA  
Tipo de aislador: C4-1050

Dimensiones medidas en milímetros:

A: 2045  
B: 715  
C: 400  
E: 3000  
F: 1500  
H: 2560  
I: 1100  
K: 2200  
L: 3630  
R: 4500  
S: 1468  
V: 500

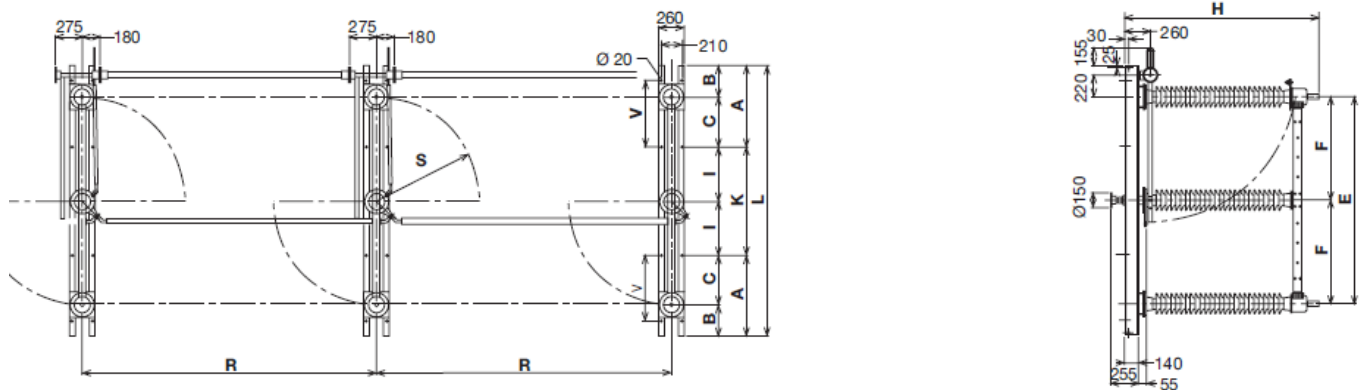


Imagen 3: Seccionador 220 kV

### 1.10.2.3. Seccionador del nivel de 132 Kv

Para el nivel de 132 kV se ha elegido un seccionador de columna central giratoria, del fabricante MESA, modelo SG3CT-145/800

#### CARACTERÍSTICAS

FABRICANTE: MESA

MODELO: SG3CT-145/800

Tensión nominal: 145 kV

Intensidad nominal: 800 A

Tensión de ensayo:

A tierra y entre polos

A frecuencia industrial bajo lluvia: 275 kV

A impulso tipo rayo: 650 kV

Sobre la distancia de seccionamiento

A frecuencia industrial bajo lluvia: 315 kV

A impulsos tipo rayo: 750 kV

Intensidad de corta duración: 31,5 kA

Valor de cresta de la intensidad: 80 kA

Tipo de aislador: C4-650

Dimensiones medidas en milímetros:

A: 815

B: 315

C: 500

E: 2100

F: 1050

H: 1875

I: 550  
K: 1100  
L: 2730  
R: 3000  
S: 1020  
V: 600

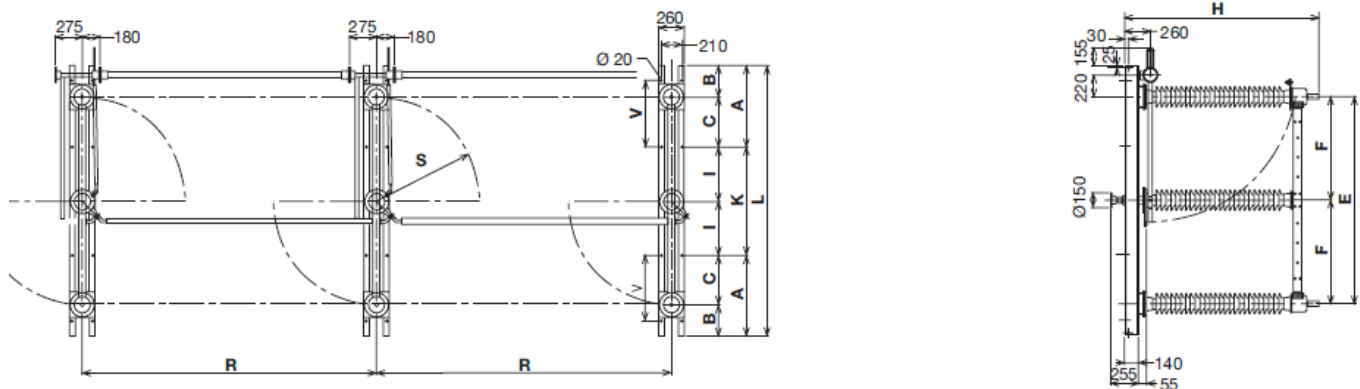


Imagen 4: Seccionador 132 kV

### 1.10.3. Autoválvulas

#### 1.10.3.1. Generalidades

Las instalaciones eléctricas deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas tanto de origen interno como de origen atmosférico cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia, así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán, como regla general, pararrayos autoválvulas de resistencia variable. Los bornes de tierra de estas autoválvulas se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en la RAT-13.

La protección anteriormente citada podrá también encomendarse a explosores, según las condiciones de explotación de la red, excepto en los casos siguientes:

a) En los sistemas con neutro a tierra con intensidades defecto  $I_d$  en A, tales que con la resistencia a tierra  $R_m$  en  $\Omega$  de las masas, se cumplan  $I_d \cdot R_m \geq 5.000 \text{ V}$

b) En lugares de altitud superior a 1000 m, o en instalaciones conectadas a una línea de alta tensión que discurra por cotas superiores a 1000 m a distancias de la instalación menores a 3km.

c) En zonas expuestas a frecuentes descargas atmosféricas clasificadas en el plano nº 1 con índice de frecuencia de tormentas “muy elevado” o “elevado”.

Hay dos tipos de autoválvulas, óxidos metálicos y carbono de silicio. Para la S.E.T. se instalarán autoválvulas de óxidos metálicos, o también llamadas ZS.

Los ZS han sido diseñados para su utilización en grandes subestaciones o en áreas donde la protección es lo primordial y se requiera una gran capacidad, tanto soportar altos valores energéticos, como para evacuar las altas presiones que puedan producirse.

Todas las autoválvulas instaladas poseen un contador de descargas, el cual nos proporcionará datos estadísticos acerca de las condiciones atmosféricas para posteriores estudios, pudiendo mejor así las protecciones de la misma Subestación.

### **1.10.3.2. Autoválvulas del nivel de 220 kV**

Con los cálculos realizados en el apartado 2.4.6. se determinan unos mínimos, pero por recomendación de ENDESA se instalarán las siguientes autoválvulas:

#### **CARACTERÍSTICAS**

- REFERENCIA: 8110D0001J192
- FABRICANTE: INAEL
- Tensión de servicio continuo  $U_c$  [kV]: 154 kV
- Tensión asignada  $U_r$  [kV]: 192 kV
- Corriente nominal de descarga onda 8/20 $\mu$ s [kA]: 10
- Clase de descarga de larga duración: 3
- Corriente de prueba del limitador de presión [kA]: 40
- Línea de fuga mínima fase tierra [mm]: 6125

Dimensiones medidas en milímetros

- Altura total H: 1800
- Distancia en el aire: 206
- Distancia mínima entre ejes de los pararrayos: 2108
- Distancia mínima a cualquier pared: 1524

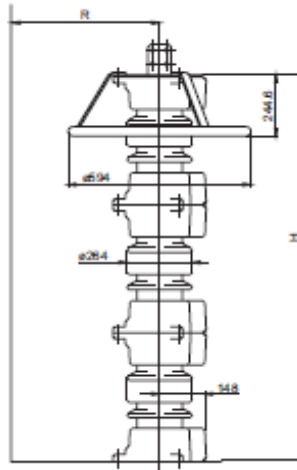


Imagen 5: Autoválvula 220 kV

### 1.10.3.3. Autoválvulas del nivel de 132 kV

Con los cálculos realizados en el apartado 2.4.7. se determinan unos mínimos, pero por recomendación de ENDESA se instalarán las siguientes autoválvulas:

#### CARACTERÍSTICAS

- REFERENCIA: 8110D0001J120
- FABRICANTE: INAEL
- Tensión de servicio continuo  $U_c$  [kV]: 92 kV
- Tensión asignada  $U_r$  [kV]: 120 kV
- Corriente nominal de descarga onda 8/20 $\mu$ s [kA]: 10
- Clase de descarga de larga duración: 3
- Corriente de prueba del limitador de presión [kA]: 40
- Línea de fuga mínima fase tierra [mm]: 3625

Dimensiones medidas en milímetros

- Altura total H: 1268
- Distancia en el aire: 125
- Distancia mínima entre ejes de los pararrayos: 1194
- Distancia mínima a cualquier pared: 914

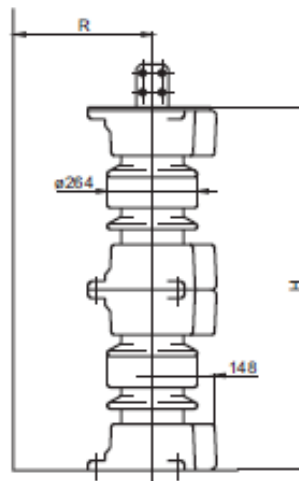


Imagen 6: Autoválvula 132 kV

#### 1.10.3.4. Autoválvulas del nivel de 20 kV

Con los cálculos realizados en el apartado 2.4.8. se determinan unos mínimos, pero por recomendación de ENDESA se instalarán las siguientes autoválvulas:

#### CARACTERÍSTICAS

- REFERENCIA: 8110D0001J21
- FABRICANTE: INAEL
- Tensión de servicio continuo  $U_c$  [kV]: 17 kV
- Tensión asignada  $U_r$  [kV]: 21 kV
- Corriente nominal de descarga onda 8/20 $\mu$ s [kA]: 10
- Clase de descarga de larga duración: 3
- Corriente de prueba del limitador de presión [kA]: 40

Dimensiones medidas en milímetros

- Altura total H: 554
- Distancia en el aire: 25
- Distancia mínima entre ejes de los pararrayos: 279
- Distancia mínima a cualquier pared: 229

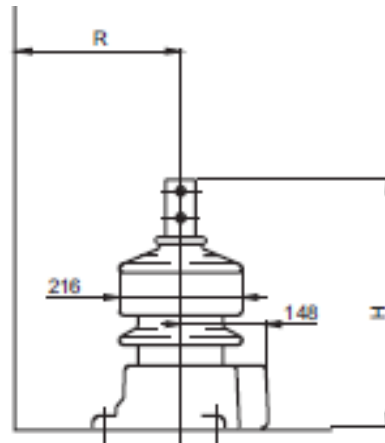


Imagen 7: Autoválvula 20 kV

## 1.10.4. Transformadores de intensidad

### 1.10.4.1. Generalidades

Los transformadores de medida y protección cumplirán con lo prescrito en la norma UNE 21 088 y tendrán la potencia y grado de precisión correspondientes a las características de los aparatos que van a alimentar.

En los transformadores de tensión e intensidad destinadas a la medida de energía suministrada o recibida por una instalación y que ha de ser objeto de posterior facturación se tendrá muy especialmente en cuenta lo que a este respecto determina el vigente Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.

En los transformadores de intensidad destinados a alimentar relés de protección, se deberá comprobar que la saturación que se produce cuando están sometidos a elevadas corrientes de cortocircuito, no hace variar su relación de transformación y ángulo de fase en forma tal que impida el funcionamiento correcto de los relés de protección alimentados por ellos.

Los transformadores de intensidad deberán elegirse de forma que puedan soportar los efectos térmicos y dinámicos de las máximas intensidades que puedan producirse como consecuencia de sobrecargas y cortocircuitos en las instalaciones en que están colocados.

Es habitual que un transformador de intensidad disponga de dos arrollamientos secundarios, uno para medida y el otro para protección.

Para la correcta instalación de los transformadores de intensidad de habrá tenido en consideración los siguientes parámetros:

- Instalación de exterior.

- Nivel de aislamiento.
- Relación de transformación nominal.
- Clase de protección.
- Potencia nominal.
- Frecuencia nominal.
- Número de secundarios.
- Dimensiones.

Debido a la diferencia de corriente en los distintos puntos de la subestación, incluyendo dentro de los mismos niveles de tensión, en el apartado de corriente nominal del primario se mostrarán las distintas opciones que se han instalado en la subestación, indicando en el plano dónde se colocará cada en particular.

#### **1.10.4.2. Transformadores de intensidad del nivel de 220 kV**

##### **CARACTERÍSTICAS**

- FABRICANTE: ARTECHE
- MODELO: CA-245
- Tensión nominal de aislamiento: 245 kV
- Tensiones de ensayo: 460 kV/1050 kV
- Corriente nominal del primario: 250/450A
- Corriente nominal de los secundarios: 5 A
- Línea de fuga: 6.865 mm
- Tamaño de cabeza: G
- Número de secundarios 6
- Potencia y precisión:
  - Medida: 2x45 VA/0.5
  - Protección: 4x45 VA/5P20

Dimensiones medidas en milímetros

- C: 1030
- D: 465
- E: 565
- F: 1800



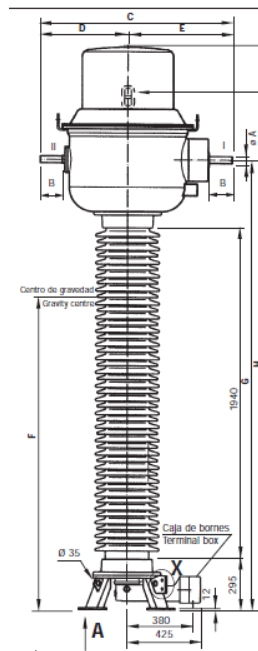


Imagen 8: Transformador de Intensidad 220 Kv

### 1.10.4.3. Transformadores de intensidad del nivel de 132 kV

#### CARACTERÍSTICAS

- FABRICANTE: ARTECHE
- MODELO: CA-145
- Tensión nominal de aislamiento: 145 kV
- Tensiones de ensayo: 275 kV/650 kV
- Corriente nominal del primario: 400/800/900 A
- Corriente nominal de los secundarios: 5 A
- Línea de fuga: 3625 mm
- Tamaño de cabeza: E
- Número de secundarios: 4
- Potencia y precisión:
  - Medida: 2x50 VA/0.5
  - Protección: 4x50 VA/5P20

Dimensiones medidas en milímetros

A: 350  
T: 1665  
H: 2095

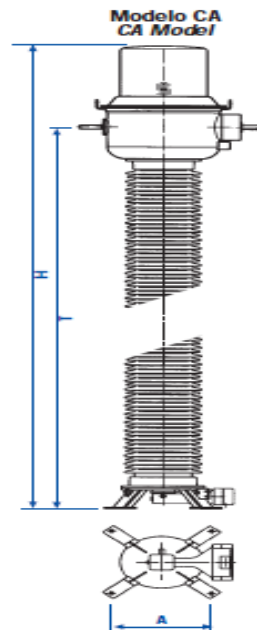


Imagen 9: Transformador de Intensidad 132 kV

## 1.10.5. Transformadores de tensión

### 1.10.5.1. Generalidades

Las generalidades son las mismas para los transformadores de Intensidad y de Tensión. Hay que diferenciar que los arrollamientos secundarios de los transformadores de tensión para medida y para protección son sensiblemente iguales y tienen el núcleo magnético en común.

### 1.10.5.2. Transformadores de tensión del nivel de 220 kV

#### CARACTERÍSTICAS

- FABRICANTE: ARTECHE
- MODELO: UTF-245
- Tensión nominal de aislamiento: 245 kV
- Tensiones de ensayo: 460 kV/1050 kV
- Tensión de secundario: 110 V
- Línea de fuga: 6865 mm
- Número de secundarios: 4
- Potencia y precisión:
  - Medida: 2x200 VA/0.5
  - Protección: 2x200 VA/5P

Dimensiones medidas en milímetros

A: 450  
B: 590  
H: 3210

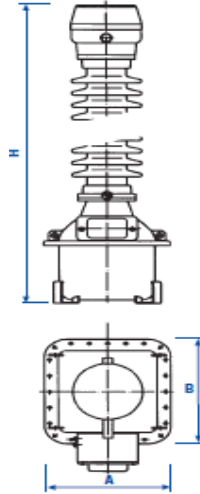


Imagen 10: Transformador de Tensión 220 kV

### 1.10.5.3. Transformadores de tensión del nivel de 132 kV

#### CARACTERÍSTICAS

- FABRICANTE: ARTECHE
- MODELO: UTF-145
- Tensión nominal de aislamiento: 145 kV
- Tensiones de ensayo: 275 kV/650 kV
- Tensión de secundario: 110 V
- Línea de fuga: 3665 mm
- Número de secundarios: 4
- Potencia y precisión:
  - Medida: 2x200 VA/0.5
  - Protección: 2x200 VA/5P

Dimensiones medidas en milímetros

A: 350  
B: 475  
H: 2105

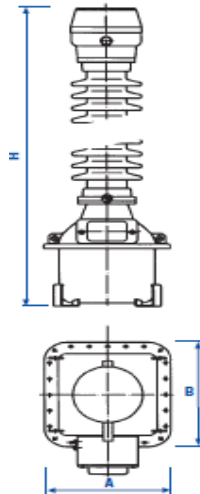


Imagen 11: Transformador de Tensión 132 kV

## 1.10.6. Celdas de media tensión

### 1.10.6.1. Generalidades

Aparamenta, de acuerdo con la norma UNE 20 099, es un término general aplicable a los aparatos de conexión y a su combinación con los aparatos de mando o maniobra, de medida, de protección y de regulación que se les asocian, así como a los conjuntos formados por tales aparatos con las conexiones, los accesorios, las envolventes y los soportes correspondientes.

Conjuntos prefabricados de aparamenta, bajo envolvente metálica, son aquellos que suministra el fabricante montados, y que antes de salir de fábrica han sido sometidos a los ensayos de serie y tipo que se especifican en la norma UNE 20 099. Sus características se ajustarán en todo a lo especificado en la citada norma y en la MIE-RAT 16.

Los conjuntos prefabricados de aparamenta, bajo envolvente metálica para alojamiento de los transformadores de potencia, prefabricados o no deberán cumplir la Instrucción RAT 12.

Para la S.E.T. se han elegido celdas de media tensión integradas del fabricante ORMAZABAL. Se instalará la serie CPG-1 de distribución Primaria GIS de doble barra, con aislamiento SF<sub>6</sub>. Esta serie está especialmente diseñada para la seguridad de las personas y la fiabilidad del servicio, contribuyendo a mejorar la distribución eléctrica en redes de media tensión.

### 1.10.6.2. Celdas de media tensión

A continuación, se mostrarán las celdas de media tensión, con sus características tanto eléctricas como físicas generales. Por último, y por no repetir en cada apartado, las características eléctricas de elementos en concretos alojados dentro de las celdas, y comunes a todas ellas.

#### 1.10.6.2.1. Celda de acoplamiento transversal de barras

Incluye en compartimentos de apartamiento independientes los siguientes elementos:  
Un interruptor automático de corte en vacío y dos seccionadores de puesta a tierra en serie con él en el compartimento de interruptor, y seccionadores de línea en sus compartimentos correspondientes, además transformadores de tensión en barras. Esta celda servirá para el acoplamiento transversal de barras. Se instalará una celda del fabricante ORMAZABAL, modelo CPG.1-CT

#### **Características eléctricas:**

Tensión nominal [kV]	24
Frecuencia [Hz]	50
Intensidad nominal de embarrado [A]	2000
Intensidad nominal de corte de cortocircuito [kA]	25/31,5

#### **Características físicas:**

Alto [mm]	2500
Ancho [mm]	600
Fondo [mm]	2004
Peso [kg]	2200

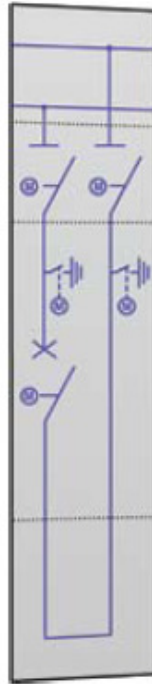


Imagen 12: Celda M.T. CPG.1-CT

#### 1.10.6.2.2. Celda de interruptor automático de doble barra

Incluye en compartimentos independientes, por una parte, un interruptor automático de tecnología corte en vacío y un seccionador de puesta a tierra en serie con él, y por otra, seccionadores de línea. Además lleva incluidos transformador de tensión e intensidad.

Sus aplicaciones serán protección de transformador principal, protección de línea, protección de batería de condensadores, protección de transformador de servicios auxiliares, y acoplamiento longitudinal con cables de MT.

En la S.E.T. se instalará una celda del fabricante ORMAZABAL modelo CPG.1-V2

#### **Características eléctricas:**

Tensión nominal [kV]	24
Frecuencia [Hz]	50
Intensidad nominal de embarrado [A]	2000
Intensidad nominal de corte de cortocircuito [kA]	25/31,5

#### **Características físicas:**

Alto [mm]	2500
Ancho [mm]	600
Fondo [mm]	2004
Peso [kg]	1400



Imagen 13: Celda M.T. CPG.1-V2

#### 1.10.6.2.3. Seccionador y seccionador de puesta a tierra

Seccionador y seccionador de puesta a tierra ORMAZABAL 36 kV

##### **Características eléctricas:**

Aislamiento: 36 kV  
Seccionador de línea  
Endurancia mecánica: M0 (1000 Maniobras)  
Seccionador de puesta a tierra  
Capacidad de cierre: 80 kA  
Endurancia eléctrica: E0  
Intensidad asignada: 630/1250/2000 (según punto de la instalación)  
Intensidad de corta duración: 31,5 kA 1/3 segundos

#### 1.10.6.2.4. Interruptor automático

Interruptor automático ORMAZABAL 24 kV

##### **Características eléctricas:**

Tensión de aislamiento: 24 kV  
Capacidad de corte  
Cortocircuito (asimetría) 31,5 kA  
DC: >45%  
Intensidad cables en vacío: 31,5 A  
Baterías de condensadores: 400 A  
Endurancia eléctrica: E2  
Secuencia de reenganche: O-0,3"-CO-15"-CO

Endurancia mecánica: M2 (1000 maniobras)  
Intensidad asignada: 630/1250/2000 (según punto de la instalación)  
Intensidad de corta duración: 31,5 kA – 1/3 segundos

#### 1.10.6.2.5. Transformador de intensidad

Transformador de intensidad ORMAZABAL

##### **Características eléctricas:**

Nivel de aislamiento: 0,72 kV  
Tensión alterna nominal soportable 3 kV/1 minuto  
Frecuencia nominal: 50 Hz  
Intensidad térmica permanente: 1,2 In  
Clase de aislamiento: E  
Relación: 600/1200/1600 – 5 A  
Medida: CL 0,5  
Protección: 5P20

#### 1.10.6.2.6. Transformador de tensión

Transformador de tensión ORMAZABAL

##### **Características eléctricas:**

Tensión nominal: 20 kV  
Factor de tensión en permanencia: 1.2 Un  
Factor nominal de tensión  $U_n/8h$ : 1,9  
Tensión del secundario:  $110/\sqrt{3}$   
Potencia de precisión: 50 VA  
Clase de precisión  
Medida: 0,5  
Protección: 6P

### **1.10.7. Terminal de empalme**

El terminal de empalme de cable aéreo desnudo con cable aislado se colocará después de la autoválvula en el nivel de tensión de 20 kV. Se utilizará un terminal del modelo APED 360 del fabricante MERLIN GERIN



## 1.11. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

La S.E.T. consta de 4 transformadores de potencia, dos de 80 MVA, llamados T1 y T2, y otros dos de 30 MVA, llamados T3 y T4.

A continuación se muestran las características más relevantes de cada uno de ellos.

### 1.11.1. Transformadores T1 y T2

Fabricante ABB  
Potencia nominal 80 MVA  
Nivel de aislamiento:  
    Primario: 1.050 kV  
    Secundario: 650 kV  
Tensión del primario 229 kV  
Tensión del secundario 134 kV  
Frecuencia 50 Hz  
Regulación en tensión primaria:  $\pm 20\%$   
Regulación en tensión secundaria:  $\pm 20\%$   
Impedancia de cortocircuito: 10%  
Conexión Yd11

### 1.11.2. Transformadores T3 y T4

Fabricante ABB  
Potencia nominal 30 MVA  
Nivel de aislamiento:  
    Primario: 650 kV  
    Secundario: 125 kV  
Tensión del primario 132  
Tensión del secundario 20  
Frecuencia 50 Hz  
Regulación en tensión primaria:  $\pm 10\%$   
Regulación en tensión secundaria:  $\pm 10\%$   
Impedancia de cortocircuito: 10%  
Conexión Yd11

### 1.11.3. Accesorios y ensayos a realizar

Los transformadores están provistos de los siguientes accesorios estándar, y serán capaces de soportar las siguientes pruebas y/o ensayos

### **1.11.3.1. Accesorios**

- Pasatapas.
- Conservador de aceite con indicador de nivel de aceite.
- Válvulas de llenado y vaciado.
- Válvula para toma de muestras de aceite.
- Terminales para la puesta a tierra.
- Ganchos para elevación. Bases de apoyos para gatos.
- Radiadores desmontables.
- Placa de características.
- Rele Buchholz.
- Indicador de temperatura de aceite.

### **1.11.3.2. Ensayos**

Ambos transformadores estarán contruidos de acuerdo con las normas ISO, y serán probados individualmente según las normas UNE

#### **ENSAYOS DE RUTINA:**

- Medida de la resistencia de los bobinados.
- Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión.
- Medida de la tensión de impedancia, impedancia de cortocircuito y perdidas a la carga.
- Medida de pérdidas y de la corriente de vacío.

#### **ENSAYOS DIELECTRICOS:**

- Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial.
- Ensayo de tensión inducida a frecuencia elevada

#### **ENSAYOS TIPO:**

- Ensayos de calentamiento.
- Impulsos tipo rayo.

#### **ENSAYOS ESPECIALES:**

- Prueba PD. Prueba de onda truncada.
- Medida de impedancia secuencia cero.
- Prueba de cortocircuito.
- Nivel de ruidos.
- Medición de armónicos.
- Pruebas de equipo auxiliares.
- Prueba de conmutación en carga.
- Comprobación de fugas.

## **1.11. RED DE TIERRAS**

### **1.11.1. Generalidades**

Toda la instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella) que resulten de la aplicación de las fórmulas que se recogen en el apartado 1.1 del la Instrucción MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y de las normas ENDESA.

### **1.11.2. Funciones de la red de tierras**

Las funciones de la red de tierra son las siguientes:

- Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea que se deban a una falta de cortocircuito o a la operación de una autoválvula.
- Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra puedan producirse diferencia de potencial entre distintos puntos de la Subestación, significando un peligro para el personal.
- Facilitar, mediante sistemas relevadores, la eliminación de las faltas a tierra en los sistemas eléctricos.
- Dar mayor fiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

En la S.E.T. se ha optado por una configuración de electrodos de tierra en forma mallada de conductores desnudos enterrados en el suelo. Esta configuración permite una buena calidad de tierra, así como un fácil acceso de todos los elementos de la subestación que deben ser conectados a tierra.

Para el cálculo de la tierra se han considerado los siguientes elementos:

- Planta del terreno y disposición de las instalaciones.
- Niveles de tensión admisibles por el cuerpo humano.
- Características del terreno.
- Corrientes máximas de cortocircuito a tierra y tiempo de eliminación de las mismas.

### 1.11.3. Instalación de la red de tierra

La Subestación Eléctrica Transformadora ocupa una superficie de 12.600 m<sup>2</sup>. Se le ha instalado una red de tierra de conductor desnudo de 120 mm<sup>2</sup> de Cu, formando una malla con una retícula de 4 x 4 m. Esta malla está situada a una profundidad de 80 cm. Todas las uniones de la red mallada estarán unidas por una soldadura exotérmica, lo que permitirá así dar una configuración muy homogénea a la malla. En el plano **17. ESQUEMA TIERRAS** se muestran con detalle los puntos de la instalación donde se conecta una parte de la Subestación con el mallado de tierra.

Para más seguridad respecto al exterior de la subestación, la malla cubre la totalidad de la superficie de la S.E.T. y además un metro por cada lado de la misma.

Con el fin de aumentar la resistividad del terreno, y su consecuente mejora en la seguridad de las tensiones de paso y contacto, se ha instalado a lo largo de toda la superficie interior una capa de 10 cm de grava, aumentando así notablemente la resistividad superficial del terreno.

Para la protección contra las descargas atmosféricas, hay instalados calbes de guarda situados en la parte superior de la estructura metálica de la S.E.T. El cable utilizado es de tipo Guarda de 50 mm<sup>2</sup>.

Con esta instalación y disposición de la red de tierras se garantiza que las tensiones de paso y contacto en el interior y el exterior del recinto sean inferiores a los máximos valores según la Instrucción MIE-RAT 13.

#### 1.11.3.1. Puesta a tierra de protección

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencias de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Salvo las excepciones señaladas en los apartados que se citan, se pondrán a tierra los siguientes elementos:

- a) Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- b) Los chasis de los conjuntos de armarios metálicos.
- c) Las puertas metálicas de los locales
- d) Las vallas y cercas metálicas.
- e) Las columnas, soportes, pórticos.
- f) Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
- g) Los blindajes metálicos de los cables.
- h) Las tuberías y conductos metálicos.
- i) Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
- j) Hilos de guarda o cables de tierra de las líneas aéreas.

### 1.11.3.2. Puesta a tierra de servicio

Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

- a) Los neutros de los transformadores, que lo precisan en instalaciones o redes con neutro a tierra directa o a través de resistencias o bobinas.
- b) El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
- c) Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
  
- d) Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.
- e) Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

### 1.11.3.3. Interconexiones de las instalaciones de tierra

Las puestas a tierra de protección y de servicio de una instalación deberán interconexionarse, constituyendo una instalación de tierra general.

Excepcionalmente, de esta regla general deben excluirse aquellas puestas a tierra a causa de las cuales puedan presentarse en algún punto tensiones peligrosas para las personas, bienes o instalaciones eléctricas.

En este sentido se preverán tierras separadas, entre otros, en los casos siguientes:

- Los señalados en la Instrucción MIE-RAT 13 para Centros de Transformación.
- Los casos en que fuera conveniente separar de la instalación de tierra general los puntos neutros de los devanados de los transformadores.
- Los limitadores de tensión de las líneas de corriente débil (telefónicas, telegráficas, etc.) que se extiendan fuera de la instalación.

En las instalaciones en las que coexistan instalaciones de tierra separadas o independientes se tomarán medidas para evitar el contacto simultáneo inadvertido con elementos conectados a instalaciones de tierra diferentes, así como la transferencia de tensiones peligrosas de una a otra instalación.

### 1.11.3.4. Puesta a tierra del transformador de Sistemas Auxiliares

Según el Reglamento y las normas UNE, el transformador de servicios auxiliares tendrá que ir puesto a tierra mediante una tierra independiente de la malla de tierra general de la Subestación.

Para ello, el neutro del transformador de servicios auxiliares se colocará a una tierra independiente de la malla a una distancia de 20 metros como mínimo (según MIE-RAT 13 y normativa ENDESA)

Para dicho transformador se colocarán 6 picas de cobre de 4 metros de longitud, enterradas a una distancia de 0,8 metros de la superficie, y alejadas de la malla de tierra de la subestación una distancia de 20 metros.

Estas picas, en forma de varilla de cobre, tendrán una sección de  $20 \text{ mm}^2$ , y se separarán entre ellas una distancia de 5 metros, unidas entre sí por un conductor desnudo de cobre de  $95 \text{ mm}^2$ .

Para unir las picas de tierra con el neutro del transformador se utilizará un conductor aislado de  $95 \text{ mm}^2$  de cobre.

### 1.11.4. Conductores de tierra

Habrá que distinguir distintos tipos de conductor de tierra, atendiendo a las siguientes características:

- Malla general: conductor de cobre desnudo de  $120 \text{ mm}^2$ .
- Unión transformador tierra independiente: conductor aislado de cobre de  $95 \text{ mm}^2$
- Unión de carcasas y vallado con la red de tierra: conductor aislado de cobre de  $50 \text{ mm}^2$
- Hilo de guarda: Conductor de acero de  $50 \text{ mm}^2$

## 1.12. SERVICIOS AUXILIARES

Para la alimentación de las protecciones de la aparamenta, luminarias y pequeña fuerza del edificio de obra civil, se instalará un transformador 50 kVA que dará servicio a todos los Servicios Auxiliares.

### 1.12.1. Circuitos

El cuadro de baja tensión poseerá los siguientes circuitos descritos en la siguiente tabla:

Línea	Nombre
Alimentación transformador (20 kV)	SSAA
Línea general	LG
Alumbrado interior 1	AL1
Alimentación interior 2	AL2
Alumbrado exterior 1	AL3
Alumbrado exterior 2	AL4
Alumbrado exterior Emergencias	AL5
Alumbrado edificio	AL6
Alumbrado de emergencia	AL7

Tomas schucko	T1
Baterías de corriente continua	B1

Tabla 2: Circuito de SS.AA.

Todos los circuitos están calculados en el apartado 2.11. Servicios Auxiliares del ANEXO DE CÁLCULOS. Además, en el plano **25. CUADRO B.T.** se muestran las protecciones de cada línea de SS.AA.

### 1.12.2. Transformador de Servicios auxiliares

Para dar servicio a todos los receptores que componen los Servicios Auxiliares se instalará un transformador de tipo seco en el interior de una cabina metálica en el edificio de obra civil. Dicho transformador poseerá las características detalladas en el apartado

### 1.12.3. Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envoltentes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir.

En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

Por recomendación del grupo ENDESA, se colocará una instalación de alumbrado que de un resultado siempre por encima de lo siguiente:

- Sala Cuadro de Control	500 Lux
- Parque AT	5 / 20 Lux
- Puerta de acceso	20 Lux
- Zona valla perimetral	20 Lux

### **1.12.3.1. Luminarias**

#### 1.12.3.1.1. Lámparas de emergencia

Cuerpo rectangular con aristas redondeadas que consta de una base en poliéster preimpregnado y reforzado con fibra de vidrio y de un difusor fabricado en policarbonato.

Modelo Permanente: consta de una lámpara fluorescente que se ilumina si falla el suministro de red. En modelo Combinado: contiene dos lámparas fluorescentes; una de emergencia que sólo se ilumina si falla el suministro de red, y la otra que funciona como una luminaria normal que puede encenderse o apagarse a voluntad mientras se le suministre tensión.

Sus características son:

Potencia: 18W.

Formato: Pantalla Estanca

Funcionamiento: Permanente, No Permanente y Combinado

Autonomía (h): 1h, 2h

Lámpara en emergencia: FL 18 W o PL 36 W

Lúmenes: 211 a 1200 Lm

Piloto testigo de carga: Led

Grado de protección: IP65 IK08

Aislamiento eléctrico: Clase I

Dispositivo verificación: En modelos AutoTest y TCA





Imagen 14. Lámpara emergencia 18 W.

#### 1.12.3.1.2. Lámparas fluorescentes

Se trata de una lámpara fluorescente que es instalada en el edificio de obra civil.  
Sus características son:

Potencia: 2x36 W

Marca: Philips

Código de producto: 4IS120

Código IP: IP65

Luminaria: Master TL-D Xtra 36W/865 ISL (Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión (26 mm de diámetro))



Imagen 15: Imagen luminaria.

Sus medidas se especifican en el siguiente esquema:

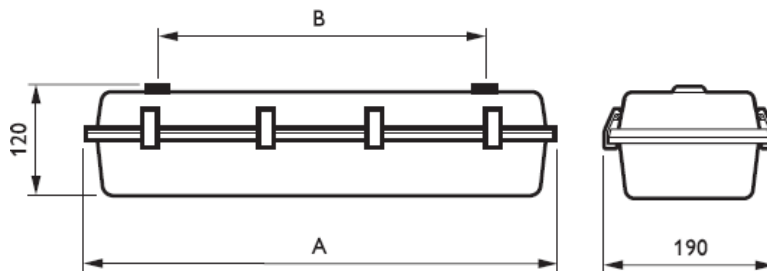


Imagen 16. Esquema de la luminaria.

Para los interruptores del edificio de obra civil, debido a la existencia de vapores y gases producidos por la actividad en el mismo, se instalarán interruptores de la serie Simón 27 SCUDO con juntas de estanqueidad.

Con las siguientes características:

Marca: Simon  
Modelo: Serie Simón 27 SCUDO  
Código IP: IP 44  
Código IK: IK 09

#### 1.12.3.1.3. Luminarias de exterior de seguridad

Para el exterior de la subestación se instalarán focos halógenos de 250 W de potencia con un IP elevado, con las siguientes características:

Marca: Philips  
Modelo: MVF024 MHN-FC 250W/740 230V WB  
Código de gama: MVF024  
Nº lámparas: 1  
Código lámpara: MHN-FC  
Potencia lámpara: 250 W  
Código de color de la lámpara: 740  
Equipo: convencional  
Clase de seguridad: clase I  
IP: IP55 (protegida contra la acumulación de polvo, protegido contra chorros de agua.)  
Sistema óptico: WB (haz ancho)  
Tensión: 230 V



Imagen 17: foco de seguridad exterior

#### 1.12.3.1.4. Tomas schucko

Se instalará en el edificio tomas de corriente con IP superior para la seguridad y protección tanto de personas como de la propia toma. Serán tomas que normalmente no estén en uso, y su instalación será la de mejorar la funcionalidad del edificio. Las características serán las siguientes:

Toma de corriente estanca: Base de enchufe con Toma de Tierra lateral Schucko 16 A 250 V, con dispositivo de seguridad y embornamiento rápido, 75x84x58.

Con las siguientes características:

Marca: Simon

Modelo: serie Simon 47

Nº de referencia: 4490432-035

IP 55



Imagen 18: Toma Schucko Estanca

## **1.13. BATERÍA DE CORRIENTE CONTINUA**

### **1.13.1. Generalidades**

Los sistemas de protección y control de las instalaciones eléctricas de alta tensión se alimentarán mediante corriente continua procedente de baterías de acumuladores asociados con sus cargadores alimentados por corriente alterna. Se exceptúan de esta obligación las instalaciones de centros de transformación de 3º categoría y aquellos casos en los que se justifique debidamente no se necesario su empleo.

En condiciones normales de explotación, el equipo de carga de la batería será capaz de suministrar los consumos permanentes y además de mantener la batería en condiciones óptimas.

En caso de falta de corriente alterna de alimentación al equipo de carga o fallo por avería del mismo, deberá ser la propia batería de acumuladores la encargada de efectuar el suministro de corriente continua a los sistemas de protección y control de la instalación.

El proyectista deberá fijar el tiempo de autonomía en estas condiciones, teniendo en cuenta las particularidades que concurren en sus sistemas de control y protección, así como la tensión mínima que deberá mantenerse al final de la descarga de la batería, que deberá coincidir con la tolerancia de los equipos alimentados por la misma.

### **1.13.2. Tensiones nominales**

En el diseño de los sistemas de protección y control, se tendrá en cuenta la normalización de las tensiones nominales de corriente continua que se establece a continuación:

12 – 24 – 48 – 125 – 220 voltios

Las citadas tensiones nominales serán utilizadas como referencia por el usuario y permitirán definir el número de elementos de acumulador que contendrá la batería, así como la tensión de flotación que deberá suministrar el equipo de carga.

### **1.13.3. Elección de las baterías de acumuladores**

#### **1.13.3.1. Tipos de baterías de acumuladores**

Los tipos de baterías de acumuladores que se utilizarán normalmente serán los siguientes:

- Baterías ácidas, también denominadas de plomo, en las versiones de vaso abierto o cerrado.
- Baterías alcalinas en las versiones de vaso semiestanco o hermético.

### **1.13.3.2. Datos básicos para su elección**

En la elección del tipo de baterías, se tendrá en cuenta el valor de las puntas de descarga, el consumo permanente y la capacidad de las baterías. Se emplearán baterías de tipo lento cuando las puntas sean pequeñas en relación con el consumo permanente y baterías de descarga rápida cuando las puntas sean importantes en relación con el citado consumo permanente.

### **1.13.4. Instalación**

En los proyectos y posteriores realizaciones de instalaciones de baterías de acumuladores, han de tenerse en cuenta dos aspectos fundamentales:

- Requisitos mínimos que han de reunir los locales destinados a su emplazamiento.
- Condiciones mínimas que han de cumplirse en las instalaciones propiamente dichas de las mismas.

#### **1.13.4.1. Locales**

1.13.4.1.1. Las baterías de acumuladores eléctricos que puedan desprender gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas se emplazarán de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

- El local de su instalación estará destinado exclusivamente a este fin, será seco y bien ventilado a ser posible con ventilación natural.
- El local estará protegido contra temperaturas extremas y aislado, en lo posible, de aquellos lugares o instalaciones donde se puedan producir vapores, gases, polvo, trepidaciones y otros agentes nocivos.
- Cuando la batería de acumuladores sea ácida y los vasos de la misma sean abiertos, se evitará la comunicación directa entre el local de instalación de la batería de acumuladores y las salas de máquinas o locales donde se hallen instalados los cuadros u otros equipos eléctricos cuyos aparatos puedan ser afectados en su funcionamiento por los gases corrosivos procedentes de la batería.
- Los materiales empleados en la construcción de los locales destinados a la instalación de la batería de acumuladores serán resistentes bien por sí mismos, o bien mediante preparación por recubrimientos adecuados, a la acción de los

gases que puedan desprender los acumuladores. Este extremo se tendrá particularmente en cuenta en el pavimento, el cual se recomienda disponerlo con una ligera pendiente y un drenaje en forma tal que permita la evacuación en caso de derrame del electrolito y facilite su lavado con agua abundante.

1.13.4.1.2. Cuando la batería de acumuladores no despidan gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas (como pueden ser los de tipo alcalino o ácido en vasos cerrados y herméticos), se podrán emplazar en locales debidamente ventilados, destinados a otros fines (salas de relés, control o similares) recomendándose su instalación en el interior de armarios metálicos. Dichos armarios pueden llevar o no incorporados los equipos de carga.

#### **1.13.4.2. Condiciones de instalación**

La instalación de los acumuladores debe ser tal, que permita el eventual relleno de electrolito, la limpieza y sustitución de elementos sin riesgo de contactos accidentales peligrosos para el personal de trabajo.

En lugar visible del local en que esté instalada la batería de acumuladores o en el interior de los armarios metálicos, cuando la instalación sea de este tipo, se dispondrá un cartel donde estén debidamente especificadas las características principales de la batería, así como las instrucciones precisas para realizar sus cargas periódicas y su mantenimiento.

##### **1.13.4.2.1. Baterías alcalinas o ácidas en vasos cerrados**

Las baterías de acumuladores alcalinas o ácidas en vasos cerrados, que estén instaladas en armarios metálicos, podrán ubicarse a la intemperie siempre que dichos armarios metálicos sean apropiados para este tipo de instalación y estén dotados de ventilación adecuada y provistos de un aislamiento térmico que evite temperaturas peligrosas.

#### **1.13.5. Protecciones eléctricas de la batería de acumuladores**

Como norma general los dos polos de la batería de acumuladores estarán aislados de tierra.

Las protecciones mínimas que deberán ser previstas son:

- A la salida de la batería de acumuladores y antes de las barras de distribución deben instalarse cartuchos fusibles calibrados o interruptor automático.
- Sobre las barras de distribución se instalará un detector de tierras que como mínimo facilite una alarma preventiva en caso de una eventual puesta a tierra de cualquier polo.
- todos los circuitos a los distintos servicios deben ir equipados con cartuchos fusibles calibrados o con interruptor automático.

- Se instalará un dispositivo detector que indique la falta de alimentación a la batería.
- Se instalarán sistemas de alarma de falta de corriente continua en los circuitos esenciales, tales como protección y maniobra.

### **1.13.6. Equipo de carga de baterías de acumuladores**

Las baterías de acumuladores deberán ir asociadas a un equipo de carga adecuado, que cumpla las siguientes condiciones mínimas:

- En régimen de flotación debe ser capaz de mantener la tensión de flotación en bornas de batería dentro de una banda de fluctuación de  $\pm 1\%$ , para una variación del  $\pm 10\%$  de la tensión de alimentación, debiendo compensar en las condiciones anteriores, la autodescarga propia de la batería y además dar el consumo permanente del sistema de protección y control de la instalación.
- Habrá de mantener el factor de rizado máximo, en cualquier condición de carga, que exijan los equipos alimentados por el conjunto batería-equipo de carga.
- Estar dotado de un mínimo de alarmas que permitan detectar un mal funcionamiento del equipo.
- El régimen normal de funcionamiento será el de flotación. Si se emplean otros sistemas se justificará debidamente su utilización.

### **1.13.7. Solución adoptada**

Para dar solución a la necesidad de instalar una instalación de corriente continua según reglamento y recomendaciones del grupo ENDESA, se instalarán dos baterías, denominadas Batería 1 y Batería 2, de una intensidad permanente cada una de 6 y 2 Amperios respectivamente. Ambas baterías estarán alimentadas por un rectificador alterna continua y se podrán socorrer mutuamente a través de un interruptor seccionador.

El conjunto instalado estará equipado con todos los elementos, protecciones y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento y protección, y todo ello irá en una envolvente metálica de protección conectada a tierra.

Irà conectada a una salida de 20 kV, y poseerá las mismas protecciones que las líneas de salida de dicha tensión.

Todas las características tanto eléctricas como mecánicas se encuentran en el apartado **2.13. Baterías de corriente continua del ANEXO DE CÁLCULOS.**

## **1.14. BATERÍA DE CONDENSADORES**

Para mejorar la calidad de la energía distribuida por la Subestación, se instalarán baterías de condensadores.

La función de los mismos será la de compensar el factor de potencia.

Por recomendaciones del grupo ENDESA, la potencia de las baterías de condensadores no podrá superar el 5% de la potencia de la instalación, debido a que se podrían ocasionar efectos de resonancias perjudiciales para la instalación de la Subestación.

La batería de condensadores instalada poseerá una potencia de 6 MVar y será un grupo único. Irá conectada a una salida de 20 kV, y poseerá las mismas protecciones que las líneas de salida de dicha tensión.

El conjunto se instalará en el embarrado doble de 20 kV, y estará compuesto por todos los elementos, protecciones y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento y protección, y todo ello irá en una envolvente metálica de protección conectada a tierra.

## **1.15. HILOS DE GUARDA**

Para proteger la SET contra las descargas directas de los rayos se utilizarán hilos de guarda de la misma sección que los que se usan en las líneas de transmisión cuando el nivel isocerámico es medianamente alto, o simples astas sobre los postes cuando la probabilidad de rayos es muy reducida.

Los hilos de guarda en la Subestación deben instalarse a una altura adecuada para proteger eficazmente los conductores y equipos bajo tensión

Se ha optado por la colocación de conductores de acero desnudos con una sección de 50 mm<sup>2</sup>

## **1.16. PROTECCIONES DE LA S.E.T.**

Los dispositivos de protección expuestos hasta ahora garantizan que la instalación eléctrica quede protegida frente a los distintos tipos de faltas o defectos más habituales, como sobrecargas, cortocircuitos, sobretensiones, etc. No obstante, estas protecciones no aseguran un servicio continuo de la instalación. Es decir, en caso de falta de cualquier tipo, no existe ningún criterio selectivo que desconecte solo la parte mínima de la instalación que se ha visto afectada, y por tanto, garantice la continuidad del servicio de las partes no implicadas en la falta.



La tarea de coordinar los distintos dispositivos de protección y maniobra para conseguir esa selectividad de las protecciones a la hora de actuar es tarea de los relés de protección.

Los tipos más comunes de perturbaciones en alta tensión, que pueden afectar el servicio normal de los distintos elementos que componen una subestación son:

- Defectos en los aislamientos
- Descargas atmosféricas y sobretensiones interiores.
- Destrucciones mecánicas.
- Excesos de cargas conectadas.
- Factores humanos.
- Puestas a tierras intempestivas.

Todas estas perturbaciones se traducen en diversos tipos de defectos o faltas en las instalaciones los cuales los podemos resumir en:

- Cortocircuitos
- Sobrecargas
- Retornos de corriente
- Subtensiones
- Sobretensiones

Faltas que deberían detectar los distintos relés de protección y actuar sobre los aparatos que las competan para eliminarlas lo antes posible y con el menos daño posible tanto en la aparamenta como en la continuidad del servicio.

Atendiendo a su forma constructiva existen diversos tipos de relés, los cuales son:

- Relés electromagnéticos: se basan en el principio de la fuerza de atracción ejercida entre piezas de material magnético. Su principal ventaja reside en que son simples y baratos, pero por el contrario son difíciles de ajustar y de regular.

- Relés de inducción: se basan en el principio de la rueda de Barlow, es decir, el mismo principio que usan los contadores. Estos relés son de aplicación general por las múltiples combinaciones que admiten.

- Relés electrodinámicos: están basados en un principio similar al de los aparatos de medida tipo galvanómetro. Estos relés tienen como ventaja una elevada sensibilidad, pero por el contrario, debido a la rapidez de los mismos se hace imposible su temporización, y son caros.

- Relés electrónicos: son los más utilizados en la actualidad debido a su gran polivalencia, rapidez, capacidad de regulación y ausencia de mantenimiento debido a la eliminación de elementos mecánicos.

De todos los tipos expuestos se seleccionarán relés de tipo electrónico debido a las grandes ventajas que poseen frente al resto.

Dentro de los relés electrónicos existen diversos tipos de regulaciones atendiendo a las magnitudes eléctricas que se deseen controlar para cada uno de los tipos de faltas mencionadas anteriormente, de las cuales los más usuales son:

- Protecciones de sobreintensidad: su misión es proteger las máquinas, transformadores y líneas contra cualquier elevación anormal de la temperatura como consecuencia de una sobreintensidad. Este tipo de actuación irá temporizado bien a tiempo dependiente o a tiempo independiente de la falta.

- Protección de cortocircuito: su misión es similar a la de sobreintensidad, con la diferencia de que el tiempo de actuación en la protección de cortocircuito es mucho más corto y está calibrada para un valor de intensidad de disparo muy superior a la de sobreintensidad.

- Protección de mínima impedancia: la misión es similar a la de cortocircuito, pero con la diferencia de que este tipo de protección actúa si la impedancia de un circuito disminuye respecto a la de un valor consigna.

- Protección diferencial: se basa en la comparación de las intensidades de ambos lados del circuito que se desea proteger, actúan según la primera ley de Kirchhoff, por lo que la actuación de la misma dependerá de que la suma de las corrientes que llegan al nudo, o zona protegida, no sea cero. Se trata de un tipo de protección selectivo, ya que si la falta se produce fuera de la zona protegida la protección no actuará.

- Protección direccional a tierra: tiene como misión señalar y en ocasiones desconectar selectivamente el circuito puesto a tierra. Este tipo de protección dependerá de cómo tengamos el neutro de nuestro transformador, en nuestro caso, como tenemos neutro rígidamente puesto a tierra, el límite de la corriente de defecto lo impondrá la impedancia propia del arco eléctrico y la resistencia del terreno en el recorrido de la corriente de retorno al neutro del transformador. Esta corriente suele ser de un valor elevado.

- Protección de sobretensión y subtensión: la aparamenta de la subestación se selecciona pensando en la tensión nominal de ésta, e incluso para soportar sobretensiones de un cierto porcentaje sin que sufra daño alguno. Pero en ciertas ocasiones se pueden presentar sobretensiones y subtensiones elevadas que pueden producir daños en la aparamenta.

- Protección Buchholz: protección exclusiva para los transformadores de potencia que se encarga de controlar el estado del aceite del depósito y en caso de presentarse alguna anomalía que pudiese dar riesgo de explosión, se encarga de avisar y si la anomalía persiste o incrementa desconecta.

- Protecciones de temperatura: al igual que la anterior, es propia de los transformadores de potencia y se encarga de vigilar la temperatura de los mismos y de dar la orden de desconectar en caso de peligro.

De entro todos estos tipos de protecciones se irá seleccionando una u otras según sea necesario para cada una de las distintas posiciones de la subestación, las cuales se irán activando de los relés electrónicos compactos seleccionados para tal fin.

## 1.16.1. Protecciones para 220 kV

### 1.16.1.1. Posición de línea

Para la protección de las líneas a 220 kV, se ha optado por la elección de un relé electrónico, el cual irá alojado en el interior de una cabina destinada a la situación de todos los relés de protección, ubicada en el interior del edificio de obra civil dispuesto en la subestación. Las características del conexionado aparecen en el plano **4. PROTECCIONES LÍNEA ENTRADA 220KV**

De dicho relé electrónico, atendiendo a las protecciones antes expuestas y a las recomendaciones ENDESA, se activarán las siguientes protecciones para las líneas de 220 kV:

- 27: Protección de mínima tensión.
- 59: Protección de máxima tensión.
- 64: Protección a tierra.
- 50-51: Protección de sobreintensidad.
- 79: Reenganchador trifásico.
- 25: Sincronismo.
- 21: Protección de línea.
- 67: Homopolar.

Los cuales actuarán sobre la bobina de disparo de sus respectivos interruptores y se conectarán según se indica en el plano de protecciones de entrada 220 kV.

### 1.16.1.2. Posición de transformador

Para la protección de la posición del transformador a 220 kV, se ha optado por la elección de un relé electrónico, el cual irá alojado en el interior de una cabina destinada a la situación de todos los relés de protección, ubicada en el interior del edificio de obra civil dispuesto en la subestación. Las características del conexionado aparecen en el plano **6. PROTECCIONES TRANSFORMADOR 220/132 KV.**

De dicho relé electrónico, atendiendo a las protecciones antes expuestas y a las recomendaciones ENDESA, se activarán las siguientes protecciones para las posiciones del transformador a 132 kV:

- 27: Protección de mínima tensión.
- 59: Protección de máxima tensión.
- 64: Protección a tierra.
- 51: Protección de sobreintensidad.
- 87: Diferencial.
- B: Relé Buchholz.
- T: Relé de temperatura.

Los cuales actuarán sobre la bobina de disparo de sus respectivos interruptores y se conectarán según se indica en el plano de conexiones de línea de transformador.

## 1.16.2. Protecciones para 132 kV

### 1.16.2.1. Posición de línea

Para la protección de las líneas a 220 kV, se ha optado por la elección de un relé electrónico, el cual irá alojado en el interior de una cabina destinada a la situación de todos los relés de protección, ubicada en el interior del edificio de obra civil dispuesto en la subestación. Las características del conexionado aparecen en el plano **5. PROTECCIONES LÍNEA SALIDA 132 KV.**

De dicho relé electrónico, atendiendo a las protecciones antes expuestas y a las recomendaciones ENDESA, se activarán las siguientes protecciones para las líneas de 132 kV:

- 27: Protección de mínima tensión.
- 59: Protección de máxima tensión.
- 64: Protección a tierra.
- 50-51: Protección de sobreintensidad.
- 79: Reenganchador trifásico.
- 25: Sincronismo.
- 21: Protección de línea.
- 67: Homopolar.

Los cuales actuarán sobre la bobina de disparo de sus respectivos interruptores y se conectarán según se indica en el plano de protecciones de línea de salida 132 kV.

### 1.16.2.2. Posición de transformador

Para la protección de la posición del transformador a 132 kV, se ha optado por la elección de un relé electrónico, el cual irá alojado en el interior de una cabina destinada a la situación de todos los relés de protección, ubicada en el interior del edificio de obra civil dispuesto en la subestación. Las características del conexionado aparecen en el plano **6. PROTECCIONES TRANSFORMADOR 220/132 KV y 7. PROTECCIONES TRANSFORMADOR 132/20KV.**

De dicho relé electrónico, atendiendo a las protecciones antes expuestas y a las recomendaciones ENDESA, se activarán las siguientes protecciones para las posiciones del transformador a 132 kV:

- 27: Protección de mínima tensión.
- 59: Protección de máxima tensión.

## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

- 64: Protección a tierra.
- 51: Protección de sobreintensidad.
- 87: Diferencial.
- B: Relé Buchholz.
- T: Relé de temperatura.

Los cuales actuarán sobre la bobina de disparo de sus respectivos interruptores y se conectarán según se indica en el plano

### **1.16.3. Protecciones para 20 kV**

Puesto que toda la instalación para 20 kV es de interior y va alojada en celdas blindadas tanto para las posiciones de línea como para las de transformador, se usarán los relés de protección electrónicos que vienen ya dispuestos de fabricación en cada una de las celdas del fabricante ORMAZABAL, cuyas protecciones son:

- 50-51: Protección de sobreintensidad.
- 59: Protección de máxima tensión.
- 27: Protección de mínima tensión.
- 67N: Protección homopolar.

Los cuales actuarán sobre la bobina de disparo de sus respectivos interruptores y se conectarán según se indica en el plano de protecciones de línea de transformador.

### **1.17. APARATOS DE MEDIDA**

Para la correcta supervisión del funcionamiento de la subestación, además de las distintas protecciones conectadas a los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad, se deberán disponer en todas las posiciones, de aparatos de medida que permitan verificar visualmente el estado de las características eléctricas más relevantes de la subestación, así como la energía que se está consumiendo en todo momento por las cargas a ella conectadas.

Por ello se dispondrán aparatos de medida en cabinas, situadas en el interior del edificio de la subestación, de forma que reflejen el estado de las siguientes magnitudes:

- Amperímetros: cuya misión es la de reflejar en todo momento la intensidad que circula por cada una de las distintas posiciones.

- Voltímetros: cuya misión es la de reflejar en todo momento la tensión a la que se encuentran las distintas posiciones.

- Contador de activa: cuya misión es la de reflejar en todo momento la potencia activa que están consumiendo las cargas conectadas a cada una de las posiciones de la subestación.

- Contador de reactiva: cuya misión es la de reflejar en todo momento la potencia reactiva que están consumiendo las cargas conectadas a cada una de las posiciones de la subestación.

- Frecuencímetro: cuya misión es la de reflejar en todo momento la frecuencia de la red.

- Factor de potencia: cuya misión es la de reflejar en todo momento el factor de potencia de cada una de las posiciones de la subestación debido a las coargas a ella conectadas.

Por todo lo anterior y atendiendo a la misión de cada una de las partes de la subestación y a las recomendaciones ENDESA, se seleccionarán unos u otros dispositivos de medida.

### **1.17.1. Medida para 220 kV**

#### **1.17.1.1. Posiciones de línea**

Para las tareas de control y medida de las líneas a 220 kV, se instalará el mismo equipo electrónico, ya que a la vez que dispone de todas las protecciones necesarias para cada una de las partes de la subestación, incorpora los distintos aparatos de medida necesarios para la supervisión y control de dichas partes, tales como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- KVar: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kilowatios hora
- kVarh: Contador de kilovoltiamperios reactivos hora
- FP: Control del factor de potencia
- F: Control de la frecuencia.

De los cuales para las líneas de 220 kV se activará: contador de activa, contador de reactiva, amperímetro, voltímetro, frecuencímetro y factor de potencia. El esquema del panel de medida de 220 aparece en el plano **8. PANEL FRONTAL LÍNEA 220 kV**.

#### **1.17.1.2. Posición de transformador**

Para las tareas de control y medida de las posiciones de transformador a 220 kV, se instalará el mismo equipo electrónico, ya que a la vez que dispone de todas las protecciones necesarias para cada una de las partes de la subestación, incorpora los distintos aparatos de medida necesarios para la supervisión y control de dichas partes, tales como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro

## PFC Subestación 220/132/20 kV

- kW: Contador de potencia activa
- KVar: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kilowatios hora
- kVarh: Contador de kilovoltiamperios reactivos hora
- FP: Control del factor de potencia
- F: Control de la frecuencia.

El esquema del panel de medida del transformador 220/132 kV aparece en el plano **9. PANEL FRONTAL TRANSFORMADOR 220/132 KV.**

### 1.17.2. Medida para 132 kV

#### 1.17.2.1. Posiciones de línea

Para las tareas de control y medida de las líneas a 132 kV, se instalará el mismo equipo electrónico DMS multifunción del fabricante GENERAL ELECTRIC, ya que a la vez que dispone de todas las protecciones necesarias para cada una de las partes de la subestación, incorpora los distintos aparatos de medida necesarios para la supervisión y control de dichas partes, tales como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- KVar: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kilowatios hora
- kVarh: Contador de kilovoltiamperios reactivos hora
- FP: Control del factor de potencia
- F: Control de la frecuencia.

De los cuales para las líneas de 132 kV se activará: contador de activa, contador de reactiva, amperímetro, voltímetro, frecuencímetro y factor de potencia. El esquema del panel de medida de 220 aparece en el plano **10. PANEL FRONTAL LÍNEA 132 KV.**

#### 1.17.2.2. Posición de transformador

Para las tareas de control y medida de las posiciones de transformador a 132 kV, se instalará el mismo equipo electrónico, ya que a la vez que dispone de todas las protecciones necesarias para cada una de las partes de la subestación, incorpora los distintos aparatos de medida necesarios para la supervisión y control de dichas partes, tales como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- KVar: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kilowatios hora

- kVarh: Contador de kilovoltiamperios reactivos hora
- FP: Control del factor de potencia
- F: Control de la frecuencia.

El esquema del panel de medida del transformador 220/132 kV aparece en el plano **9. PANEL FRONTAL TRANSFORMADOR 220/132 KV** y **11. PANEL FRONTAL TRANSFORMADOR 132/20 KV**.

### **1.17.3. Medida para 20 kV**

Puesto que toda la instalación para 10 kV es de interior y va alojada en celdas blindadas, tanto para las posiciones de línea como para las de transformador, se usarán los dispositivos de medida electrónicos que vienen ya dispuestos de fabricación en cada una de las celdas. Las magnitudes a medir serán:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- KVar: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kilowatios hora
- kVarh: Contador de kilovoltiamperios reactivos hora
- FP: Control del factor de potencia
- F: Control de la frecuencia.

### **Cuadros de mando**

Para maniobrar los interruptores y seccionadores de la parte de intemperie desde la propia SET se utilizarán cuadros de mando. Estos cuadros llevarán unos accionamientos que alimentarán a los motores de conexión y desconexión mediante los conductores de mando, que irán por las atarjeas o canales revisables.

Los cuadros de mando se colocarán en el interior del edificio tal y como se muestra en el plano **24.ESQUEMA EDIFICIO OBRA CIVIL**. Además, mostrarán la intensidad, tensión y potencia de las líneas a las cuales estén conectados, mediante la conexión oportuna con los transformadores de tensión e intensidad.

En los planos se pueden observar la disposición de los mismos.



## 1.18. RESUMEN DE PRESUPUESTO

A continuación se presenta el resumen del presupuesto, detallando por apartados la cuantía del mismo:

<b>APARTADO</b>	<b>PRESUPUESTO</b>
LÍNEAS DE ENTRADA 1 Y 2 A 220 kV	456.600,00 €
LÍNEAS DE PRIMARIO DE LOS TRANSFORMADORES 1 Y 2	328.600,00 €
LÍNEAS DE SECUNDARIO DE LOS TRANSFORMADORES 1 Y 2	152.838,00 €
LÍNEAS DE SALIDA 1 Y 2 A 132 kV	218.638,00 €
LÍNEAS DE PRIMARIO DE LOS TRANSFORMADORES 3 Y 4	152.838,00 €
LÍNEAS DE SECUNDARIO DE LOS TRANSFORMADORES 3 Y 4	53.970,00 €
LÍNEAS DE SALIDA 1, 2, 3, 4, 5 Y 6 A 20 kV	91.932,00 €
LÍNEA DE BATERÍA DE CONDENSADORES	25.325,00 €
EMBARRADOS A 220 kV, 132 kV Y 20 kV	180.030,33 €
TRANSFORMADORES DE POTENCIA	2.557.600,00 €
RED DE TIERRAS	32.537,45 €
SERVICIOS AUXILIARES	38.674,95 €
MANDO, MEDIDA Y PROTECCIÓN	52.939,00 €
ESTRUCTURAS	92.077,00 €
AISLADORES Y CONEXIONES	14.570,62 €
OBRA CIVIL	149.674,25 €
<b>TOTAL SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>4.598.844,60 €</b>

Presupuesto	4.598.844,60 €
13% de gastos generales	597.849,80 €
6% de beneficio industrial	275.930,68 €

Suma	5.472.625,01 €
18% IVA	985.072,52 €

Presupuesto total de la ejecución	6.457.697,59 €
-----------------------------------	----------------

Asciendo el presupuesto total de ejecución a la expresada cantidad de seis millones cuatrocientas cincuenta y siete mil, seiscientos noventa y siete con cincuenta y nueve euros.

La información detallada de los precios descompuestos se expone en el documento PRESUPUESTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA 220 / 132 / 20 kV.

### **1.19. CONCLUSION, LUGAR, FECHA Y FIRMA**

Con la información antes presentada en esta memoria, así como en los planos, esquemas, pliego de condiciones y presupuesto, se da por finalizado este proyecto de instalación de SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA 220 / 132 / 20 kV.

Este proyecto ha sido realizado por Pablo Pérez Sánchez, en Zaragoza a día 15 de Agosto de 2011.

Fdo. Pablo Pérez Sánchez

## **2. ANEXO DE CÁLCULOS**

## 2.1. AISLAMIENTO

### 2.1.1. Tensiones nominales normalizadas

Según el capítulo 4 del reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, las tensiones nominales normalizadas se indican en el cuadro siguiente:

TENSIONES NOMINALES DE LA RED (Un) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kv
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
30	36
45	52
66	72,5
110	123
132	145
220	245
380	420

Tabla 3: Tensiones nominales normalizadas

La Subestación Eléctrica Transformadora se proyectará y ejecutará en tres niveles de tensión, mostrados a continuación:

- **NIVEL 220 kV:** dos líneas de entrada y dos líneas de transformador, con un embarrado doble.
- **NIVEL 132 kV:** cuatro líneas de transformador y dos líneas de salida, con un embarrado doble.
- **NIVEL 20 kV:** dos líneas de transformador y seis líneas de salida con un embarrado doble. Además una línea de servicios auxiliares y una línea de condensadores.

### 2.1.2. Niveles de aislamiento.

El aislamiento de los equipo que se empleen en las instalaciones de A.T. de esta subestación, deberán adaptarse a los valores normalizados indicados en la norma UNE 21 062.

Según el Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, en su artículo 12 define tres niveles de tensión.

- Grupo A. Tensión mayor de 1kV y menor de 52 kV.
- Grupo B. Tensión igual o mayor que 52 kV y menor que 300 kV.
- Grupo C. Tensión igual o mayor de 300 kV.

### 2.1.2.1. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo A

La siguiente tabla especifica los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del Grupo A.

TENSIÓN MAS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV eficaces	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO		TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL kV eficaces
	Lista 1	Lista 2	
3,6	20	40	10
7,2	40	60	20
12	60	75	28
17,5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70

Tabla 4: Aislamientos Grupo A

Además de la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial, se dan dos valores de la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo para cada valor de la tensión más elevada para el material. Estos dos valores se especifican en las listas 1 y 2. No se utilizarán valores intermedios. Los ensayos a impulso se especifican con el fin de verificar la capacidad de aislamiento, y en particular la de los devanados para soportar las sobretensiones de origen atmosférico y las sobretensiones de maniobra de frente escarpado, especialmente las debidas a recabados entre contactos de los aparatos de maniobra.

Bajo condiciones especiales de utilización pueden emplearse para un determinado aparato tensiones de ensayo reducidas tanto en frecuencia industrial como a impulso, o incluso suprimir los ensayos a impulso cero, pero en este caso, debe demostrarse mediante ensayos o por una combinación de ensayos y cálculos que se cumplen las condiciones necesarias de aislamiento para las sollicitaciones más importantes que ocurrirán en servicio.

La elección entre la lista 1 y la lista 2, deberá hacerse considerando el grado de exposición a las sobretensiones de rayo y de maniobra, las características de puesta a

tierra de la red y, cuando exista, el tipo de dispositivo de protección contra las sobretensiones.

El material que corresponda a la lista 1 es utilizable en las siguientes instalaciones:

a) Cuando en neutro está puesto a tierra bien directamente o a bien a través de una impedancia de pequeño valor comparado con el de una bobina de extinción. En este caso no es necesario emplear dispositivos de protección contra las sobretensiones, tales como pararrayos.

b) Cuando el neutro del sistema está puesto a tierra a través de una bobina de extinción y en algunas redes equipadas con una protección suficiente contra las sobretensiones. Este es el caso de redes extensas de cables en las que puede ser necesario el empleo de pararrayos capaces de descargar la capacidad de los cables.

En redes e instalaciones conectadas a líneas aéreas a través de transformadores en las que la capacidad con respecto a tierra de los cables unidos a las bornas de baja tensión del transformador es al menos de  $0.05\mu\text{F}$  por fase. Cuando la capacidad a tierra del cable es inferior al valor indicado, pueden conectarse condensadores suplementarios entre el transformador y el aparato de corte, tan cerca como sea posible de los bornes del transformador, de modo que la capacidad total a tierra del cable y de los condensadores llegue a ser al menos de  $0.05\mu\text{F}$  por fase.

Esto cubre los casos siguientes:

a) Cuando el neutro del sistema está puesto a tierra bien directamente o bien a través de una impedancia de valor pequeño comparado con el de una bobina de extracción. En este caso, puede ser conveniente una protección contra las sobretensiones por medio de pararrayos.

b) Cuando el neutro del sistema está puesto a tierra a través de una bobina de extinción y además existe una protección adecuada contra las sobretensiones por medio de pararrayos.

En redes e instalaciones conectadas directamente a líneas aéreas:

a) Cuando el neutro del sistema está puesto a tierra bien directamente o bien a través de una impedancia de valor pequeño comparado con el de una bobina de extinción y donde exista una adecuada protección contra las sobretensiones mediante explosores o pararrayos, teniendo en cuenta la probabilidad de la amplitud y frecuencia de las sobretensiones.

b) Cuando el neutro del sistema esté puesto a tierra a través de una bobina de extinción y la protección adecuada contra sobretensiones esté asegurada por pararrayos.

En todos los demás casos, o cuando sea necesario un alto grado de seguridad, se utilizará el material correspondiente a la lista 2.

**2.1.2.2. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo B**

En esta gama de tensiones la elección del nivel de aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones de onda rayo que se pueden presentar.

La tabla siguiente especifica los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del Grupo B.

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL
kV eficaces	kV cresta	kV eficaces
52	250	95
72,5	325	140
123	450	185
145	550	230
170	650	275
245	750	325
	850	360
	950	395
	1050	460

Tabla 5: Aislamiento Grupo B

Esta tabla asocia uno o más niveles de aislamiento recomendados a cada valor normalizado de la tensión más elevada del material.

No se utilizarán tensiones de ensayo intermedias. En los casos donde se dé más de un nivel de aislamiento, el más elevado es el que conviene al material situado en redes provistas de bobina de extinción o en las que el coeficiente de falta a tierra sea superior a 1,4.

Sobre una misma red podrán existir varios niveles de aislamiento de acuerdo con la diferente situación de cada instalación.

**2.1.2.3. Niveles de aislamiento nominales para materiales del Grupo C**

En este grupo de tensiones, la elección del material a instalar es función primordial de las sobretensiones de maniobra que se esperen en la red y en el nivel de aislamiento del material se caracteriza por las tensiones soportadas a los impulsos tipo maniobra y tipo rayo.

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL
kV eficaces	kV cresta	kV cresta
		850
	750	950
	850	1050
300	950	1175
362	1050	1300
420	1175	1425
525	1300	1550
765	1425	1800
	1550	1950
		2100
		2400

Tabla 6: Aislamiento Grupo C

Esta tabla da las combinaciones recomendadas entre las tensiones más elevadas para el material y el nivel de aislamiento. Cuando, debido a las características de la red, o a los métodos elegidos para controlar las sobretensiones de maniobra o de rayo el empleo de combinaciones distintas a las de la tabla quede justificado técnica y económicamente, los valores seleccionados deben tomarse de entre los que figuran en la tabla.

En una misma red pueden coexistir varios niveles de aislamiento, correspondiente a instalaciones situadas en diferentes lugares de la red o a diferentes materiales pertenecientes a una misma instalación.

### 2.1.3. Nivel de 220 kV

- Tensión nominal: 220 kV
- Tensión más elevada: 245 kV
- Tensión a impulso tipo rayo: 1050 kV
- Tensión a frecuencia industrial de baja duración: 460 kV

### 2.1.4. Nivel de 132 kV

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión más elevada: 145 kV
- Tensión a impulso tipo rayo: 650 kV
- Tensión a frecuencia industrial de baja duración: 275 kV



### 2.1.5. Nivel a 20 kV

- Tensión nominal: 20 kV
- Tensión más elevada: 24 kV
- Tensión a impulso tipo rayo lista 2: 125 kV
- Tensión a frecuencia industrial de baja duración: 50 kV

## 2.2. CÁLCULO DE INTENSIDADES

Para el correcto diseño y ejecución de la subestación, es muy importante calcular la intensidad que en circunstancias nominales circulará por la instalación.

### 2.2.1. Método de cálculo

Para calcular la intensidad de la instalación, se utilizará la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} \quad (\text{Fórmula corriente eléctrica})$$

- I: Intensidad que circula por el punto de la instalación en estudio ( A ).
- P: Potencia prevista en el punto de la instalación donde calcularemos la intensidad. ( kVA ).
- V<sub>n</sub>: Tensión nominal en el punto en estudio ( kV ).
- cos φ: factor de potencia de la instalación, tomaremos como 1 por simplificación.

### 2.2.2. Nivel de 220 kV

Para el cálculo de la intensidad en el nivel de 220 kV se estudiarán los siguientes puntos:

- Línea de entrada L<sub>1</sub>
- Línea de entrada L<sub>2</sub>
- Embarrado doble 220 kV
- Línea primario T<sub>1</sub> L<sub>pT1</sub>
- Línea primario T<sub>2</sub> L<sub>pT2</sub>

### 2.2.2.1. Línea de entrada L<sub>1</sub>

Para el cálculo de esta línea tendremos en cuenta que deberá de ser capaz de soportar toda la potencia de la subestación, es decir, de los transformadores T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

La potencia de ambos transformadores es de 80 MVA. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 160.000 kVA (80.000 kVA de T<sub>1</sub> + 80.000 kVA de T<sub>2</sub>)
- V<sub>n</sub>: 220 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 491,88 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea de entrada L<sub>1</sub> será de ≈ 420 A, de modo que aun en caso de avería en la línea de entrada L<sub>2</sub> la subestación pueda trabajar a modo completo.

### 2.2.2.2. Línea de entrada L<sub>2</sub>

La línea de entrada L<sub>2</sub> será idéntica a la línea de entrada L<sub>1</sub>. Del mismo modo podrá soportar la potencia de los dos transformadores T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 160.000 kVA (80.000 kVA de T<sub>1</sub> + 80.000 kVA de T<sub>2</sub>)
- V<sub>n</sub>: 220 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 419,88 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea de entrada L<sub>2</sub> será de ≈ 420 A, de modo que aun en caso de avería en la línea de entrada L<sub>1</sub> la subestación pueda trabajar a modo completo.

### 2.2.2.3. Embarrado doble nivel 220 kV

Se instalará en el nivel de 220 kV, un embarrado doble, capaz, al igual que las dos líneas de entrada, de soportar toda la potencia de los dos transformadores de potencia. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 160.000 kVA (80.000 kVA de T<sub>1</sub> + 80.000 kVA de T<sub>2</sub>)
- V<sub>n</sub>: 220 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 419,88 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del embarrado será de  $\approx 420$  A

#### **2.2.2.4. Línea de primario T<sub>1</sub> L<sub>pT1</sub>**

Esta línea L<sub>pT1</sub> alimentará al transformador de potencia 1, y estará diseñada para soportar la intensidad nominal de dicho transformador, adaptando sus protecciones de acuerdo con los requisitos de Intensidad de éste. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 80.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 220 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 209,94 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del primario del transformador de potencia 1 será de  $\approx 210$  A.

#### **2.2.2.5. Línea de primario T<sub>2</sub> L<sub>pT2</sub>**

Esta línea L<sub>pT2</sub>, será idéntica en diseño a la línea L<sub>pT1</sub>, por lo que será capaz de soportar la potencia del transformador de potencia 2. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 80.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 220 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 209,94 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del primario del transformador de potencia 1 será de  $\approx 210$  A.

### **2.2.3. Nivel de 132 kV**

Para el cálculo de la intensidad en el nivel de 132 kV se estudiarán los siguientes puntos:

- Línea de salida L<sub>3</sub>
- Línea de salida L<sub>4</sub>

- Embarrado doble 132 kV
- Línea secundario T<sub>1</sub> L<sub>sT1</sub>
- Línea secundario T<sub>2</sub> L<sub>sT2</sub>
- Línea primario T<sub>3</sub> L<sub>pT3</sub>
- Línea primario T<sub>4</sub> L<sub>pT4</sub>

### **2.2.3.1. Línea de salida L<sub>3</sub>**

Para el cálculo de esta línea tendremos en cuenta que deberá de ser capaz de soportar toda la potencia de la subestación, es decir, de los transformadores T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. La potencia de ambos transformadores es de 80 MVA. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 160.000 kVA (80.000 kVA de T<sub>1</sub> + 80.000 kVA de T<sub>2</sub>)
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 699,8 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea de entrada L<sub>3</sub> será de  $\approx 700$  A.

### **2.2.3.2. Línea de salida L<sub>4</sub>**

La línea de salida L<sub>4</sub> será idéntica en estudio a la línea L<sub>3</sub>, por lo que de igual manera soportará toda la potencia de la subestación. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 160.000 kVA (80.000 kVA de T<sub>1</sub> + 80.000 kVA de T<sub>2</sub>)
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 699,8 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea de entrada L<sub>4</sub> será de  $\approx 700$  A.

### **2.2.3.3. Embarrado doble 132 kV**

Para el cálculo del embarrado doble del nivel de 132 kV consideraremos que soportará toda potencia de la subestación, es decir, de los dos transformadores de potencia 1 y 2. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 160.000 kVA (80.000 kVA de T<sub>1</sub> + 80.000 kVA de T<sub>2</sub>)
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 699,8 \text{ A}$$

La intensidad nominal del embarrado doble del nivel de 132 kV será de  $\approx 700 \text{ A}$ , pudiendo soportar toda la potencia de la subestación.

#### **2.2.3.4. Línea de secundario T<sub>1</sub> L<sub>sT1</sub>**

Esta línea L<sub>sT1</sub> alimentará al embarrado doble del nivel de 132 kV, alimentándose del transformador 1, y estará diseñada para soportar la intensidad nominal de dicho transformador, adaptando sus protecciones de acuerdo con los requisitos de Intensidad de éste. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 80.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 349,90 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del secundario del transformador de potencia 1 será de  $\approx 350 \text{ A}$ .

#### **2.2.3.5. Línea de secundario T<sub>2</sub> L<sub>sT2</sub>**

La línea de secundario del transformador 2 será idéntica en diseño a la línea de secundario del transformador 1, por lo que será capaz de soportar la potencia del transformador 2. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 80.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 349,9 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del primario del transformador de potencia 4 será de  $\approx 350 \text{ A}$ .

### 2.2.3.6. Línea de primario T<sub>3</sub> L<sub>pT3</sub>

Para el cálculo de la línea de primario del transformador 3, tendremos en cuenta que deberá de ser capaz de soportar la potencia máxima del transformador 3, y estará diseñada para soportar la intensidad nominal de dicho transformador, adaptando sus protecciones de acuerdo con los requisitos de Intensidad de éste. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 30.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 131,21 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del secundario del transformador de potencia 1 será de  $\approx 132 \text{ A}$ .

### 2.2.3.7. Línea de primario T<sub>4</sub> L<sub>pT4</sub>

La línea de primario del transformador 4 será idéntica en diseño a la línea de primario del transformador 3, por lo que será capaz de soportar la potencia del transformador 4. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 30.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 132 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 131,21 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del primario del transformador de potencia 4 será de  $\approx 131,21 \text{ A}$ .

## 2.2.4. Nivel de 20 kV

Para el cálculo de la intensidad en el nivel de 20 kV se estudiarán los siguientes puntos:

- Línea de secundario T<sub>3</sub> L<sub>sT3</sub>
- Línea de secundario T<sub>4</sub> L<sub>sT4</sub>
- Embarrado doble 20 kV
- Línea de salida L<sub>5</sub>
- Línea de salida L<sub>6</sub>

- Línea de salida L<sub>7</sub>
- Línea de salida L<sub>8</sub>
- Línea de salida L<sub>9</sub>
- Línea de salida L<sub>10</sub>

#### 2.2.4.1. Línea de secundario T<sub>3</sub> L<sub>sT3</sub>

Esta línea L<sub>sT3</sub> alimentará al embarrado doble del nivel de 20 kV, alimentándose del transformador 3, y estará diseñada para soportar la intensidad nominal de dicho transformador, adaptando sus protecciones de acuerdo con los requisitos de Intensidad de éste. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 30.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 20 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 866,02 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del secundario del transformador de potencia 1 será de  $\approx 867 \text{ A}$ .

#### 2.2.4.2. Línea de secundario T<sub>4</sub> L<sub>sT3</sub>

La línea de secundario del transformador 4 será idéntica en diseño a la línea de secundario del transformador 3, por lo que será capaz de soportar la potencia del transformador 4. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 30.000 kVA
- V<sub>n</sub>: 20 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 866,02 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea del primario del transformador de potencia 4 será de  $\approx 867 \text{ A}$ .

#### 2.2.4.3. Embarrado doble 20 kV

El embarrado doble del nivel de 20 kV deberá soportar toda la potencia de los transformadores de potencia 3 y 4. La intensidad se calculará de la siguiente manera:

- P: 60.000 kVA (30.000 kVA de T<sub>3</sub> + 30.000 kVA de T<sub>4</sub>)
- V<sub>n</sub>: 20 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 1732,04 \text{ A}$$

La intensidad nominal del embarrado doble del nivel 20 kV será de  $\approx 1733$  A.

#### **2.2.4.4. Línea de salida L<sub>5</sub>**

Las líneas de salida L<sub>5</sub> de 20 kV estarán diseñadas para evacuar un máximo del 25% de la potencia total del embarrado de 20 kV. Las protecciones se ajustarán a este requisito. Todas las líneas de salida de 20 kV tendrán las mismas características. La intensidad por tanto se calculará de la siguiente manera:

- P: 25 % 60.000 kVA (30.000 kVA de T<sub>3</sub> + 30.000 kVA de T<sub>4</sub>) = 15000 kVA
- V<sub>n</sub>: 20 kV

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_n * \cos \varphi} = 433,01 \text{ A}$$

La intensidad nominal de la línea de salida L<sub>5</sub> de 20 kV será de  $\approx 434$  A.

#### **2.2.4.5. Línea de salida L<sub>6</sub>**

La línea de salida L<sub>6</sub> de 20 kV será de las mismas características que la línea L<sub>5</sub>. La intensidad por lo tanto será la misma que el apartado anterior.

La intensidad nominal de la línea de salida L<sub>6</sub> de 20 kV será de  $\approx 434$  A.

#### **2.2.4.6. Línea de salida L<sub>7</sub>**

La línea de salida L<sub>7</sub> de 20 kV será de las mismas características que la línea L<sub>5</sub>. La intensidad por lo tanto será la misma que el apartado anterior.

La intensidad nominal de la línea de salida L<sub>7</sub> de 20 kV será de  $\approx 434$  A.



### 2.2.4.7. Línea de salida L<sub>8</sub>

La línea de salida L<sub>8</sub> de 20 kV será de las mismas características que la línea L<sub>5</sub>. La intensidad por lo tanto será la misma que el apartado anterior.

La intensidad nominal de la línea de salida L<sub>8</sub> de 20 kV será de  $\approx 434$  A.

### 2.2.4.8. Línea de salida L<sub>9</sub>

La línea de salida L<sub>9</sub> de 20 kV será de las mismas características que la línea L<sub>5</sub>. La intensidad por lo tanto será la misma que el apartado anterior.

La intensidad nominal de la línea de salida L<sub>9</sub> de 20 kV será de  $\approx 434$  A.

### 2.2.4.9. Línea de salida L<sub>10</sub>

La línea de salida L<sub>10</sub> de 20 kV será de las mismas características que la línea L<sub>5</sub>. La intensidad por lo tanto será la misma que el apartado anterior.

La intensidad nominal de la línea de salida L<sub>10</sub> de 20 kV será de  $\approx 434$  A.

## 2.2.5. Resumen intensidades

En la siguiente tabla se resumirán todas las intensidades de la subestación, divididas sus líneas y embarrados por niveles de tensión:

Nivel	Línea	Potencia (MVA)	Tensión (kV)	Intensidad (A)
220 kV	L1	160	220	419,89
	L2	160	220	419,89
	EMB. 1	160	220	419,89
	LT1P	80	220	209,95
	LT2P	80	220	209,95
132 kV	LT1S	80	132	349,91
	LT2S	80	132	349,91
	EMB. 2	160	132	699,82
	L3	160	132	699,82
	L4	160	132	699,82

	LT3P	30	132	131,22
	LT4P	30	132	131,22
20 kV	LT3S	30	20	866,03
	LT4S	30	20	866,03
	EMB. 3	60	20	1732,05
	L5	15	20	433,01
	L6	15	20	433,01
	L7	15	20	433,01
	L8	15	20	433,01
	L9	15	20	433,01
	L10	15	20	433,01

Tabla 8: Resumen intensidades subestación

## **2.3. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO**

Todas las instalaciones y elementos de la subestación deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos, que puedan originar las corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga cuando éstas puedan producir averías y daños en las citadas instalaciones.

De este modo determinar de antemano en una instalación eléctrica, el valor que puede alcanzar la corriente de cortocircuito en un punto determinado, tiene tanto interés o más que las corrientes nominales para la elección de los elementos que integran la instalación eléctrica.

Se entiende como cortocircuito aquellos defectos provocados por un contacto entre un conductor y tierra o bien entre conductores. Cuando tal defecto se produce en instalaciones de alta tensión, dicho contacto tiene lugar a través de un arco eléctrico, con las consecuencias correspondientes al mismo.

### **2.3.1. Origen del cortocircuito**

Los cortocircuitos pueden originarse por las siguientes causas:

- De origen eléctrico: Cortocircuitos debidos a contactos directos de dos conductores activos o bien por defectos de aislamiento entre ellos.,

- De origen mecánico: debidos principalmente a la caída de un cuerpo extraño sobre una línea aérea, a una rotura de conductores o aisladores, aun golpe de pico en un cable subterráneo, etc.

- Por falsas maniobras: como la apertura de un seccionador en carga, conexión de un álnea que se halla puesta a tierra, etc.

- De origen atmosférico: suelen ser debidos a un rayo que alcanza los conductores de una línea, o por otras inclemencias del tiempo (como la tempestad, la niebla, el hielo), las cuales pueden provocar aproximación de conductores, alteración de los aisladores, etc.

### 2.3.2. Método de cálculo

A continuación se expondrán los pasos a seguir en el cálculo de las corrientes de cortocircuito, partiendo de un esquema unifilar de la instalación.

Para ello, habrá que fijar unos valores previos al cálculo. Dichos valores son los siguientes:

- Potencia base: impuesta por la compañía eléctrica, en nuestro caso RZ-ENDESA. Tendrá un valor fijo de 7.000 MVA para el nivel de 3.500 MVA para el nivel de 132 kV.

- Reactancias de los transformadores de potencia: debido a la potencia elevada de dichos transformadores, se tomará una reactancia en tanto por ciento mínima del 12%.

- Reactancia en el punto de enganche: se cogerá el 100% de la reactancia en el punto de enganche.

- Se tomarán las intensidades de cortocircuito constantes, debido a la distancia de la instalación a los generadores de la potencia que por ella circula. Se podrá tomar como válida esta suposición siempre que la subestación esté a una distancia mayor que 100 km.

#### 2.3.2.1. Cálculo de la reactancia hasta el punto de cortocircuito

La impedancia, que es la característica de un circuito que limita el valor de la corriente que por él puede circular, tiene dos componentes: la resistencia y la reactancia.

Cuando una de estas componentes es tres veces mayor que la otra, esta última se puede despreciar, por lo que en los circuitos de corriente alterna de tensión superior a los 600 V puede despreciarse la resistencia y emplear solamente la reactancia como valor total de la impedancia.

En los sistemas con tensiones iguales o menores que 600V, el error que se comete omitiendo las resistencias de todas las partes del circuito, salvo los cables y las barras colectoras cuyo régimen de intensidad sea pequeño, generalmente es menor que el 5%. Sin embargo la resistencia de los circuitos de cable a menudo constituye la parte predominante de la impedancia total del cable.

Por tanto, cuando se considera que en el circuito tramos de cables con longitudes apreciables en sistemas que tienen tensiones menores o iguales a 600V, en el diagrama de impedancia deberán incluirse la resistencia y la reactancia de los circuitos de cable.

- Valores de reactancia en tanto por uno:

Es corriente emplear el valor de la reactancia en tanto por ciento al especificar las características de una máquina de corriente alterna. No obstante, en los cálculos, estos valores porcentuales de reactancia se expresan en tanto por uno o por unidad.

Para el cálculo de la reactancia en máquinas eléctricas utilizaremos la siguiente expresión:

$$X_{p.u.} = \frac{\% P.base}{100 * P} \quad (\text{Fórmula de reactancia en tanto por uno})$$

- $X_{p.u.}$ : reactancia por unidad.

- %: Valor característico de cada máquina eléctrica, y nos la facilitará el fabricante. Para el tanto por ciento de la reactancia en el punto de enganche tomaremos el 100%.

- P. base: Potencia base, fijada por la compañía eléctrica suministradora.

- P: Potencia nominal de la máquina eléctrica, de la cual queramos sacar su reactancia.

En muchas ocasiones, sobre todo si se trata de líneas, la reactancia viene expresada directamente en ohmios, y para convertir estos al valor en tanto por uno se emplea la siguiente fórmula.

$$X_{p.u.} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} \quad (\text{Fórmula de reactancia en tanto por uno para líneas})$$

- $X_{p.u.}$ : reactancia por unidad.

- $\Omega$ : Reactancia kilométrica del conductor.

- P. base: Potencia base, fijada por la compañía eléctrica suministradora.

- $(kV)^2$ : Tensión nominal en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado.

Un vez calculadas todas las reactancias a una base común, se sustituyen los distintos elementos por sus correspondientes reactancias y se representa en el correspondiente esquema unifilar de reactancias.

- Reactancia total hasta el punto de cortocircuito:

Una vez completado el diagrama de impedancias e insertados los valores de las reactancias de cada parte en el diagrama, es necesario reducir esta red a un único valor equivalente.

Cuando las reactancias estén en serie, el valor total será:

$$X_{eq.} = X_1 + X_2 + X_3 \dots$$

Si en el esquema aparecen elementos conectados en paralelo, el valor equivalente de sus reactancias será:

$$X_{eq.} = \frac{1}{1/X_1 + 1/X_2 + 1/X_3 + \dots}$$

### 2.3.2.2. Cálculo de la corriente de cortocircuito

Cuando se emplean valores de reactancia en ohmios, el valor de la componente alterna de la corriente de cortocircuito se obtendrá dividiendo la tensión por la reactancia total; mientras que si se emplean valores por unidad de reactancias, el valor de la potencia aparente de cortocircuito correspondiente a dicha corriente se obtendrá dividiendo los KVA tomados como base por la reactancia total por unidad:

$$KVAcc = \frac{KVABase}{X_{eq.}} \quad (\text{Potencia aparente de cortocircuito})$$

- KVAcc: Potencia aparente de cortocircuito
- KVABase: Potencia base, expresada en KVA
- Xeq.: reactancia equivalente, resultado del esquema de reactancias de la instalación.

Una vez hallada la potencia aparente de cortocircuito, la componente alterna de la corriente de cortocircuito se hallará de la siguiente manera:

$$I_{cc} = \frac{KVAcc}{\sqrt{3} * KVn} \quad (\text{Corriente alterna y simétrica de cortocircuito})$$

- Icc: Corriente alterna y simétrica de cortocircuito.
- KVAcc: Potencia aparente de cortocircuito, expresada en KVA.
- KVn: tensión nominal en el punto de estudio, expresada en KV.

### **2.3.2.3. Cálculo de la corriente total asimétrica de cortocircuito**

Al iniciarse el cortocircuito existe una componente unidireccional que se suma a la componente alterna indicada en la anterior etapa, que si bien su valor decrece rápidamente, debe ser tenida en cuenta al considerar cualquier aparato de interrupción.

Los valores de la corriente se calcularán multiplicando la corriente alterna por un coeficiente. Dicho coeficiente variará dependiendo de las características de la instalación, y los elementos que la componen. En todo caso este coeficiente variará entre 1 y 2.

### **2.3.3. Esquema unifilar**

A continuación se expondrá el esquema unifilar de la Subestación eléctrica Transformadora, teniendo en cuenta todas sus líneas y elementos significativos para el cálculo de corrientes de cortocircuito.

#### **2.3.3.1. Unifilar completo**

El esquema unifilar completo será el siguiente:

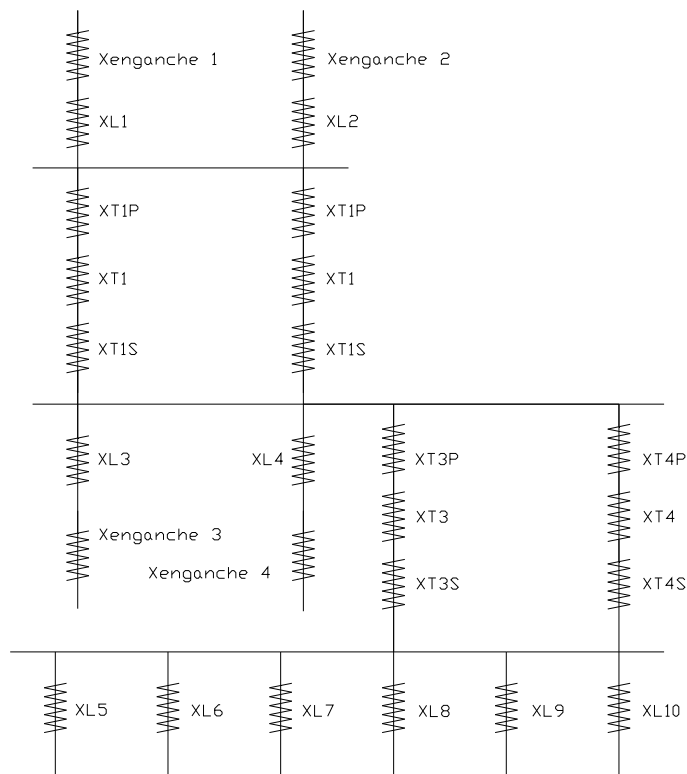


Imagen 19: Esquema de cortocircuito completo

### 2.3.3.2. Valores de reactancia por unidad

#### - Punto de enganche 1:

Tomaremos una Potencia base, como ya hemos indicado de 7.000 MVA, y una reactancia en el punto de enganche del 100%. El cálculo se realizará de la siguiente manera:

$$X_{enganche1} = \frac{\% * P_{base}}{100 * P} = 1 \Omega$$

- $X_{enganche1}$ : reactancia en estudio, de la línea de entrada  $L_1$
- %: como ya hemos especificado, se tomará el 100% de la potencia base.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 7.000 MVA
- P: potencia en el punto de estudio, es decir, P será la potencia base: 7.000 MVA

### -Punto de enganche 2:

Idéntica en diseño al punto de enganche 1, por lo que se calculará de la misma manera:

$$X_{enganche2} = \frac{\% * P_{base}}{100 * P} = 1 \Omega$$

- $X_{enganche1}$ : reactancia en estudio, de la línea de entrada  $L_1$
- %: como ya hemos especificado, se tomará el 100% de la potencia base.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 7.000 MVA
- P: potencia en el punto de estudio, es decir, P será la potencia base: 7.000 MVA

### - Reactancia línea de entrada $L_1$ de 220 kV:

Para el cálculo de la reactancia será necesario especificar la reactancia característica del conductor aéreo que conforma la línea, y su longitud, y dichas características son:

- Conductor: HALCÓN
- Resistencia kilométrica: 0,122  $\Omega$ /km
- Longitud: 11'3 m

Por lo que la reactancia por unidad quedará calculada de la siguiente manera:

$$X_{L1} = \frac{\Omega * P_{base}}{(kV)^2 * 1000} = 1,7644 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{L1}$ : reactancia de la línea de entrada  $L_1$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. Y una longitud de 11,3 m.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 7.000.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 220 kV al cuadrado.

### - Reactancia línea de entrada $L_2$ de 220 kV:

Idéntica en diseño a la reactancia de la línea de entrada  $L_1$ , por lo que se calculará de la misma manera:

$$X_{L2} = \frac{\Omega * P_{base}}{(kV)^2 * 1000} = 1,7644 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{L2}$ : reactancia de la línea de entrada  $L_2$ .



- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 7.000.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 220 kV al cuadrado.

#### - Reactancia línea de entrada Transformador 1 de 220 kV

Para el cálculo de la reactancia de entrada del transformador 1, tendremos en cuenta las características del conductor aéreo HALCÓN. La reactancia se calculará de la siguiente manera:

$$X_{pT1} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 1,7644 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{pT1}$ : reactancia de la línea de entrada del transformador 1  $L_{pT1}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3m.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 7.000.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 220 kV al cuadrado.

#### - Reactancia línea de entrada Transformador 2 de 220 kV

Idéntica a la reactancia de línea de entrada de transformador 1, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{pT2} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 1,7644 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{pT2}$ : reactancia de la línea de entrada del transformador 2  $L_{pT2}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3m.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 7.000.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 220 kV al cuadrado.

#### - Reactancia por unidad del Transformador 1:

Para calcular la reactancia del transformador 1, deberemos tener presentes las características del propio transformador, de esta manera, el cálculo será el siguiente:

$$X_{T1} = \frac{\% * P_{base}}{100 * P} = 10,5 \Omega$$

- $X_{T1}$ : reactancia del Transformador 1
- %: reactancia de cortocircuito del transformador, facilitado por el fabricante. Para los transformadores de potencia de la subestación, dicho valor es 12%
- $P_{base}$ : potencia base del sistema, 7.000 MVA
- $P$ : potencia del transformador 1: 80 MVA

#### - Reactancia por unidad del Transformador 2:

La reactancia por unidad del transformador 2 es idéntica al transformador 1, puesto que son ambos transformadores idénticos. De este modo el cálculo será el siguiente:

$$X_{T2} = \frac{\% * P_{base}}{100 * P} = 10,5 \Omega$$

- $X_{T2}$ : reactancia del Transformador 2
- %: reactancia de cortocircuito del transformador, facilitado por el fabricante. Para los transformadores de potencia de la subestación, dicho valor es 12%
- $P_{base}$ : potencia base del sistema, 7.000 MVA
- $P$ : potencia del transformador 2: 80 MVA

#### - Reactancia línea salida Transformador 1 de 132 kV:

Para el cálculo de la reactancia de la línea de salida del transformador 1, tendremos en cuenta las características del conductor aéreo HALCÓN. La reactancia se calculará de la siguiente manera:

$$X_{sT1} = \frac{\Omega * P_{base}}{(kV)^2 * 1000} = 2,45 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{sT1}$ : reactancia de la línea de salida de transformador 1  $L_{sT1}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 132 kV al cuadrado.

### - Reactancia línea de salida Transformador 2 de 132 kV:

Idéntica en cálculo a la línea de salida del transformador 1, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{sT2} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 2,45 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{sT2}$ : reactancia de la línea de salida del transformador 2  $L_{sT2}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 132 kV al cuadrado.

### - Reactancia de salida línea 3 a 132 kV:

Idéntica en cálculo a la línea de salida del transformador 1, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{L3} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 2,45 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{L3}$ : reactancia de la línea de salida  $L_3$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 132 kV al cuadrado.

### - Reactancia de salida línea 4 a 132 kV:

Idéntica en cálculo a la línea de salida del transformador 1, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{L4} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 2,45 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{L4}$ : reactancia de la línea de salida  $L_4$ .

- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 132 kV al cuadrado.

### **-Punto de enganche 3:**

Idéntica en diseño al punto de enganche 1, por lo que se calculará de la misma manera:

$$X_{enganche3} = \frac{\% * Pbase}{100 * P} = 1 \Omega$$

- $X_{enganche3}$ : reactancia en estudio, de la línea de entrada  $L_3$
- %: como ya hemos especificado, se tomará el 100% de la potencia base.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500 MVA
- P: potencia en el punto de estudio, es decir, P será la potencia base: 3.500 MVA

### **-Punto de enganche 4:**

Idéntica en diseño al punto de enganche 1, por lo que se calculará de la misma manera:

$$X_{enganche4} = \frac{\% * Pbase}{100 * P} = 1 \Omega$$

- $X_{enganche4}$ : reactancia en estudio, de la línea de entrada  $L_4$
- %: como ya hemos especificado, se tomará el 100% de la potencia base.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500 MVA
- P: potencia en el punto de estudio, es decir, P será la potencia base: 3.500 MVA

### **- Reactancia de entrada del transformador 3 a 132 kV:**

Idéntica en cálculo a la línea de salida del transformador 1, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{pT3} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 2,45 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{pT3}$ : reactancia de la línea de entrada del transformador 3  $L_{pT3}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 132 kV al cuadrado.

#### - Reactancia de entrada del transformador 4 a 132 kV:

Idéntica en cálculo a la línea de salida del transformador 1, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{pT4} = \frac{\Omega * P.base}{(kV)^2 * 1000} = 2,45 * 10^{-2} \Omega$$

- $X_{pT4}$ : reactancia de la línea de entrada del transformador 4  $L_{pT4}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,122  $\Omega$ /km. y una longitud de 11,3 m.
- Pbase: exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 132 kV al cuadrado.

#### - Reactancia por unidad del Transformador 3:

Para calcular la reactancia del transformador 3, deberemos tener presentes las características del propio transformador, de esta manera, el cálculo será el siguiente:

$$X_{T3} = \frac{\% * Pbase}{100 * P} = 14 \Omega$$

- $X_{T3}$ : reactancia del Transformador 3
- %: reactancia de cortocircuito del transformador, facilitado por el fabricante. Para los transformadores de potencia de la subestación, dicho valor es 12%
- Pbase: potencia base del sistema, 3.500 MVA
- P: potencia del transformador 3: 30 MVA

#### - Reactancia por unidad del Transformador 4:

Idéntica en cálculo a la reactancia por unidad del transformador 3, por lo que la reactancia por unidad se calculará de la siguiente manera:

$$X_{T4} = \frac{\% * P_{base}}{100 * P} = 14 \Omega$$

- $X_{T4}$ : reactancia del Transformador 4
- %: reactancia de cortocircuito del transformador, facilitado por el fabricante. Para los transformadores de potencia de la subestación, dicho valor es 12%
- $P_{base}$ : potencia base del sistema, 3.500 MVA
- $P$ : potencia del transformador 4: 30 MVA

#### - Reactancia línea salida Transformador 3 de 20 kV:

Para el cálculo de la reactancia de la línea de salida del transformador 3, tendremos en cuenta las características del conductor aéreo subterráneo. Dichas características son las siguientes:

- Conductor: Pirelli
- R. kilométrica: 0,0605  $\Omega$ /km
- Longitud: 50 m.

$$X_{sT3} = \frac{\Omega * P_{base}}{(kV)^2 * 1000} = 0,529 \Omega$$

- $X_{sT3}$ : reactancia de la línea de salida de transformador 3  $L_{sT3}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,0605  $\Omega$ /km. y una longitud de 50 m.
- $P_{base}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(kV)^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 20 kV al cuadrado.

#### - Reactancia línea salida Transformador 4 de 20 kV:

Idéntica en cálculo a la reactancia por unidad del transformador 3, por lo que se calculará de la siguiente manera:

$$X_{sT4} = \frac{\Omega * P_{base}}{(kV)^2 * 1000} = 0,529 \Omega$$

- $X_{sT4}$ : reactancia de la línea de salida de transformador 4  $L_{sT4}$ .
- $\Omega$ : reactancia característica del conductor tipo HALCÓN de valor 0,0605  $\Omega/\text{km}$ . y una longitud de 50 m.
- $P_{\text{base}}$ : exigida por compañía eléctrica, de valor 3.500.000 kVA
- $(\text{kV})^2$ : tensión en el punto de estudio, expresada en kV al cuadrado. En este caso 20 kV al cuadrado.

Como podemos ver con claridad, las reactancias de las líneas (líneas de entrada o salida, o entrada o salida de transformadores) no son significativas con respecto a las reactancias de enganche y reactancias de los transformadores, por lo que para simplificación del cálculo las despreciaremos, sin cometer un error apreciable. Esta aproximación no será aplicable a las reactancias de salida de los transformadores en 20 kV.

### 2.3.3.2. Esquema unifilar simplificado

Como se ha comentado en el apartado anterior, para el cálculo de corrientes de cortocircuito, se simplificará el esquema quedando de la siguiente manera:

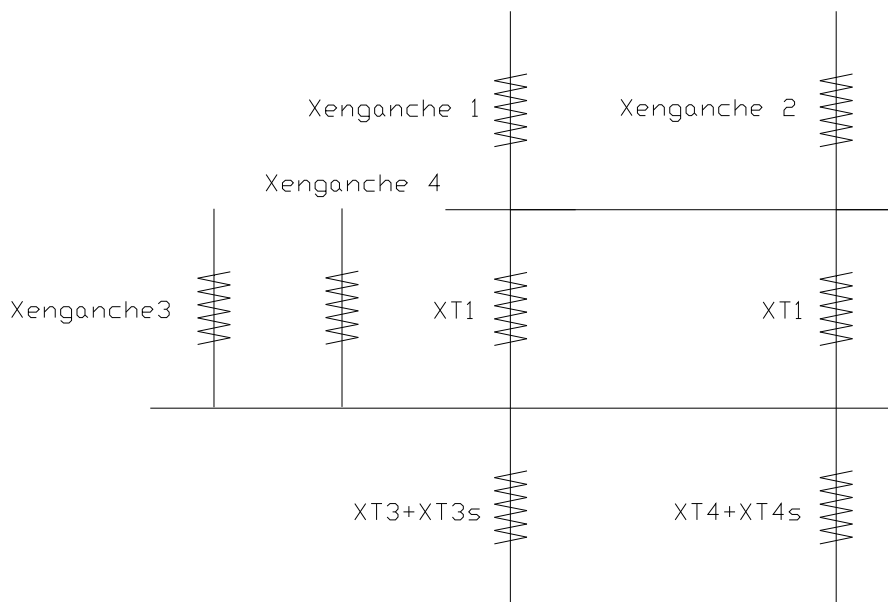


Imagen 20: esquema de cortocircuito simplificado

Las impedancias el valor mostrado en la siguiente tabla:

REACTANCIA	VALOR $\Omega$
<b>Xenganche1</b>	<b>1</b>
<b>Xenganche2</b>	<b>1</b>
<b>X<sub>T1</sub></b>	<b>10,5</b>
<b>X<sub>T2</sub></b>	<b>10,5</b>
<b>X<sub>T3</sub></b>	<b>14</b>
<b>X<sub>T4</sub></b>	<b>14</b>
<b>Xenganche3</b>	<b>1</b>
<b>Xenganche4</b>	<b>1</b>
<b>X<sub>T3s</sub></b>	<b>0,529</b>
<b>X<sub>T4s</sub></b>	<b>0,529</b>

Tabla 9: reactancias del sistema

### 2.3.4. Puntos de cortocircuito

Se estudiarán los siguientes puntos, con vista de que serán los más significativos a la hora del cálculo:

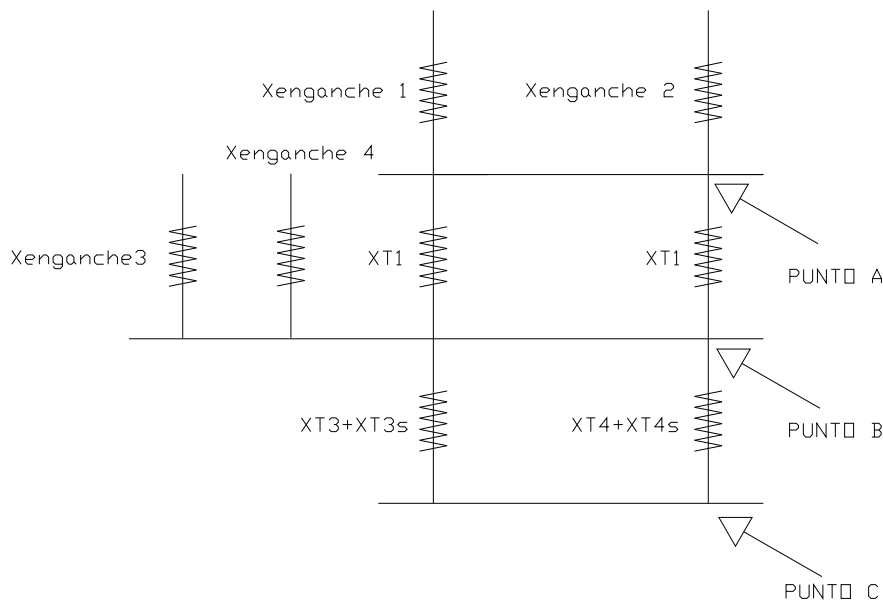


Imagen 21: puntos de cortocircuito



### 2.3.4.1. Punto A

La situación más desfavorable en el punto A, se daría en la situación en que la línea de entrada  $L_2$  esté desconectada, y el cortocircuito corriera hacia ese punto desde la línea de entrada  $L_1$  y líneas de salida  $L_2$  y  $L_3$ , atravesando las líneas de los transformadores 1 y 2

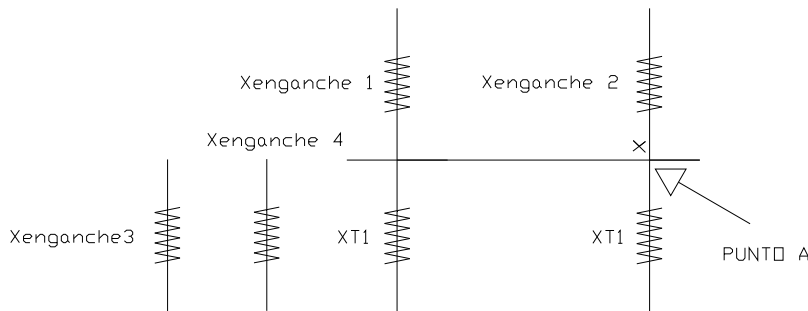


Imagen 22: cortocircuito Punto A

Calculamos la reactancia equivalente:

$$X_{eq} = X_{enganche1} // (X_{enganche3} // X_{enganche4} + X_{T1} // X_{T2}) = 0,8518 \Omega$$

Calculamos la potencia aparente de cortocircuito:

$$KVAcc = \frac{KVAbase}{X_{eq}} = 8.271.391,30 \text{ KVA}$$

- KVAcc: potencia aparente de cortocircuito
- KVA base: potencia aparente, 7.000.000 kVA
- Xeq: reactancia equivalente calculada de valor 0,8518  $\Omega$

Calculamos la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{KVAcc}{\sqrt{3} * KVn} = 21,565 \text{ A}$$

- Icc: corriente de cortocircuito
- KVAcc: potencia aparente de cortocircuito calculada
- kVn: tensión nominal en el punto de estudio en kV, que en el caso del punto A son 220 kV

### 2.3.4.2. Punto B

La situación más desfavorable en el punto B, se daría en la situación en que las líneas de entrada  $L_1$  y  $L_2$  inyecten corriente, además de las líneas de salida  $L_3$  y  $L_4$ , estando desconectada una de las líneas de transformador 1 o 2.

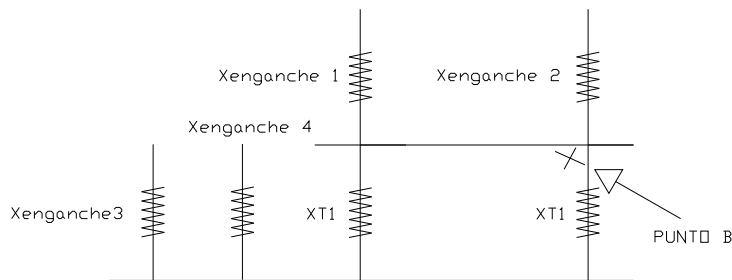


Imagen 23: cortocircuito Punto B

Calculamos la reactancia equivalente:

$$X_{eq.} = (X_{enganche1} // X_{enganche2}) // (X_{enganche3} // X_{enganche4} + X_{T1}) = 0,4782 \Omega$$

Calculamos la potencia aparente de cortocircuito:

$$KV_{Acc} = \frac{KV_{Abase}}{X_{eq.}} = 14.636.363,6364 \text{ KVA}$$

- KV<sub>Acc</sub>: potencia aparente de cortocircuito
- KVA base: potencia aparente, 7.000.000 kVA
- X<sub>eq</sub>: reactancia equivalente calculada de valor 0,4782  $\Omega$

Calculamos la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{KV_{Acc}}{\sqrt{3} * KV_n} = 38.410,4931 \text{ A}$$

- I<sub>cc</sub>: corriente de cortocircuito
- KV<sub>Acc</sub>: potencia aparente de cortocircuito calculada
- kV<sub>n</sub>: tensión nominal en el punto de estudio en kV, que en el caso del punto B son 220 kV

### 2.3.4.3. Punto C

La situación más desfavorable en el punto C, se daría en la situación en que las líneas de entrada L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> inyecten corriente a través de una de las líneas de transformador 1 y 2, además de las líneas de salida L<sub>3</sub> y L<sub>4</sub>, estando desconectada una de las líneas de transformador 1 o 2.

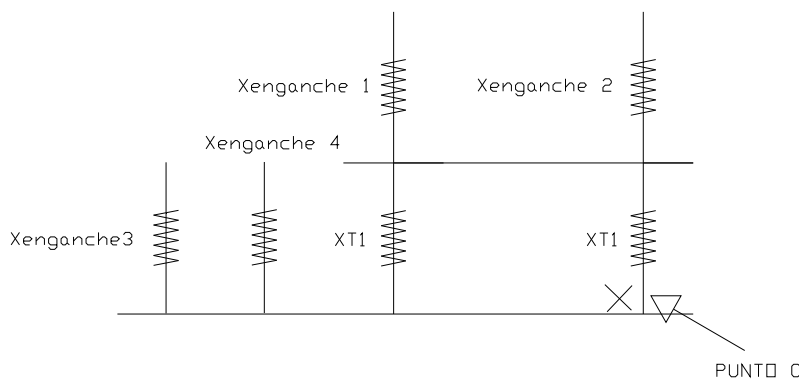


Imagen 24: cortocircuito punto C

Calculamos la reactancia equivalente:

$$X_{eq} = (X_{enganche1} // X_{enganche2} + X_{T1}) // (X_{enganche3} // X_{enganche4}) = 0,4782 \Omega$$

Calculamos la potencia aparente de cortocircuito:

$$KVAcc = \frac{KVAbase}{X_{eq}} = 7.319.113,342 \text{ KVA}$$

- KVAcc: potencia aparente de cortocircuito
- KVA base: potencia aparente, 3.500.000 kVA
- Xeq: reactancia equivalente calculada de valor 0,4782 Ω

Calculamos la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{KVAcc}{\sqrt{3} * KVn} = 32.012,81 \text{ A}$$

- Icc: corriente de cortocircuito
- KVAcc: potencia aparente de cortocircuito calculada

- kVn: tensión nominal en el punto de estudio en kV, que en el caso del punto B son 132 kV

#### 2.3.4.4. Punto D

La situación más desfavorable en el punto D, se daría en la situación en que las líneas de entrada L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> inyecten corriente a través de las líneas de transformador 1 y 2, además de las líneas de salida L<sub>3</sub> y L<sub>4</sub>.

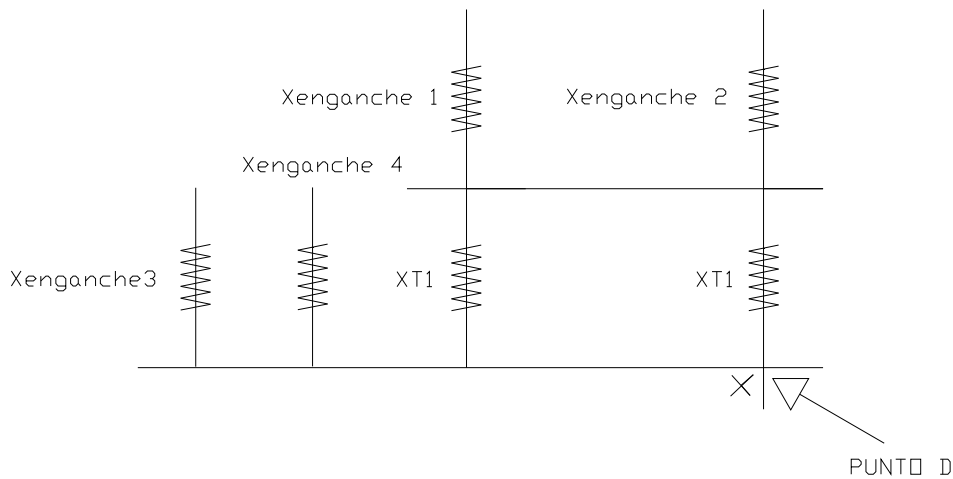


Imagen 25: Cortocircuito punto D

Calculamos la reactancia equivalente:

$$X_{eq.} = (X_{enganche1} // X_{enganche2} + X_{T1} // X_{T2}) // (X_{enganche3} // X_{enganche4}) = 0,46 \Omega$$

Calculamos la potencia aparente de cortocircuito:

$$KVAcc = \frac{KVAbase}{X_{eq.}} = 7.608.695,65 \text{ KVA}$$

- KVAcc: potencia aparente de cortocircuito
- KVA base: potencia aparente, 3.500.000 kVA
- Xeq: reactancia equivalente calculada de valor 0,46 Ω

Calculamos la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{KV_{Acc}}{\sqrt{3} * KV_n} = 33.279,41 \text{ A}$$

- I<sub>cc</sub>: corriente de cortocircuito
- KV<sub>Acc</sub>: potencia aparente de cortocircuito calculada
- kV<sub>n</sub>: tensión nominal en el punto de estudio en kV, que en el caso del punto B son 132 kV

### 2.3.4.5. Resumen corrientes de cortocircuito

A continuación se mostraran resumidas las corrientes de cortocircuito en los diferentes puntos de interés de cálculo:

<b>PUNTO</b>	<b>CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (kA)</b>
<b>PUNTO A</b>	<b>22</b>
<b>PUNTO B</b>	<b>39</b>
<b>PUNTO C</b>	<b>32,1</b>
<b>PUNTO D</b>	<b>33,3</b>

Tabla 10: Resumen cortocircuitos

### 2.3.5. Cortocircuitos asimétricos

Debido a que la onda, en los momentos iniciales al cortocircuito no es simétrica, es decir, no está centrada su oscilación, se deberá multiplicar por un factor de asimetría, fijado por el Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Dicho factor será de 1,6.

Esta intensidad no es la que ha de ser cortada en caso de fallo en el sistema, pero es muy conveniente calcular su valor para proteger a la aparamenta contra dicha sobreintensidad.

Por lo tanto, los valores de cortocircuito para los diferentes puntos será de:

<b>PUNTO</b>	<b>CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (kA)</b>
<b>PUNTO A</b>	<b>34,5</b>
<b>PUNTO B</b>	<b>61,45</b>
<b>PUNTO C</b>	<b>51,22</b>
<b>PUNTO D</b>	<b>53,24</b>

Tabla 11: Resumen cortocircuitos asimétricos

## **2.4. AUTOVÁLVULAS**

### **2.4.1. Introducción**

El objetivo básico que se pretende conseguir con la utilización de pararrayos es dar el mayor margen de protección, contra sobretensiones, al equipo que se pretende proteger. En un equipo adecuadamente protegido por un pararrayos, las sobretensiones nunca podrán alcanzar valores superiores a aquellas que el equipo puede soportar.

Una forma de definir el margen de protección es:

$$(MP) = \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) 100 \geq 33\%$$

Donde:

(MP) Margen de protección: Para un correcto funcionamiento de la instalación, este margen será siempre mayor o igual al 33%.

(NA) Nivel de aislamiento: Es el valor de la tensión soportada por el equipo a los impulsos tipo rayo. Si el equipo sólo se clasifica por tensión soportada con dichos impulsos, el valor máximo de su tensión será de 245 kV.

(NP) Nivel de protección del pararrayos: Este valor se corresponde con la tensión residual del pararrayos para un impulso de corriente correspondiente a la intensidad nominal de descarga (10 kA)

Para seleccionar el pararrayos debemos averiguar algunos parámetros fundamentales del mismo:

- Intensidad nominal de descarga/capacidad de absorción de energía.
- Tensión nominal.
- Capacidad para soportar sobretensiones temporales.

### **2.4.2. Intensidad Nominal de descarga/capacidad de absorción de energía**

En la norma UNE-EN 60.099-4 la capacidad de absorción de energía de un pararrayos, está directamente relacionada con su corriente nominal de descarga, y se selecciona exclusivamente en función del valor de la corriente prevista que va a circular por el pararrayos.

Según CEI 99-5 (Recomendación para la selección y utilización del pararrayos), los pararrayos de 10 kA de capacidad nominal de descarga serán los de utilización preferente en las redes de hasta 245 kV de tensión máxima, aunque en algunos casos

podrían utilizarse pararrayos de 5 kA. En las redes cuya tensión está comprendida entre 245 kV y 420 kV, la citada norma indica que los pararrayos de 10 kA de corriente nominal de descarga son, normalmente, suficientes para la protección de las mismas.

### 2.4.3. Tensión nominal

A la hora de seleccionar la tensión nominal de un pararrayos, el criterio básico es localizar el pararrayos de menor tensión nominal que pueda estar en servicio, garantizando una eficaz protección, durante un largo tiempo. Los pararrayos tipo ZS, ZSH, INZP-MC3 y ZPS, tienen valores de las tensiones asignadas de acuerdo con los valores establecidos en la norma UNE-EN 60.099-4 de la misma manera las tensiones de servicio continuo  $U_c$  cumplen con los especificado en la citada norma.

La tensión asignada de los pararrayos, y en consecuencia su tensión de funcionamiento continuo, debe ser seleccionada de acuerdo con los siguientes criterios:

a) En las redes con eliminación automática de los defectos a tierra, la tensión de funcionamiento continuo del pararrayos, debe ser igual o superior a la tensión máxima fase-tierra multiplicada por 1,05. Este factor tiene en cuenta, en las redes normales, el aumento del valor de cresta de la tensión debida a armónicos.

$$U_c = \frac{V_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} * 1,05$$

b) En las redes con neutro aislado o puesto a tierra por medio de una bobina de compensación, sin eliminación automática de los defectos a tierra, cuando no se conoce la duración de dicho defecto, el valor de la tensión del funcionamiento continuo del pararrayos debe ser igual a la máxima tensión fase-tierra.

$$U_c = V_{m\acute{a}x}$$

No obstante, si se conoce el valor y la duración de las sobretensiones en la red, podrá seleccionarse un valor más bajo de la  $U_c$ .

Los valores de las tensiones asignadas serán aquellos que se correspondan con las tensiones de funcionamiento continuo seleccionadas.

### 2.4.4. Capacidad para soportar sobretensiones temporales

En las líneas eléctricas pueden producirse sobretensiones temporales por diversos motivos entre los que cabe destacar:

- Defectos a tierra
- Pérdidas repentinas de carga

a) Defectos a tierra: Las sobretensiones debidas a defectos a tierra se producen con facilidad en gran parte de las redes, y se deben a que un cortocircuito de ese tipo en

una fase del circuito, produce una elevación de la tensión a tierra de las otras dos fases que, cuando el neutro está aislado o puesto a tierra por medio de una impedancia, pueden alcanzar valores iguales a la máxima entre fases. Con neutros rígidos a tierra, las sobretensiones no alcanzan valores superiores al 140% de la tensión máxima.

La duración de estas sobretensiones es igual al tiempo que tarda en despejarse la falta.

En las redes con eliminación automática de la falta a tierra este tiempo no es superior a 1s.

En las redes con neutro aislado o puesto a tierra por medio de una bobina de compensación, la duración del defecto a tierra no suele ser superior a 10s.

b) Pérdidas repentinas de carga: En las redes hasta 72 kV, la pérdida repentina de la carga puede producir sobretensiones con un valor máximo de 1,2 veces la tensión nominal y una duración de unos pocos minutos.

En las grandes redes, la repentina pérdida de carga puede producir elevaciones de tensión que pueden alcanzar 1,5 veces la tensión a tierra o incluso algo más, cuando simultáneamente ocurren efectos Ferranti o de resonancia.

El efecto de las sobretensiones es incrementar la corriente que circula por el pararrayos y en consecuencia aumenta la energía consumida por el mismo, produciéndose una elevación en su temperatura que puede, según los valores, afectar a la estabilidad térmica del pararrayos.

Los tiempos que los pararrayos pueden soportar diferentes valores de sobretensiones se indican en las curvas correspondientes a cada tipo de pararrayos. Estos tiempos se han determinado sobre pararrayos que previamente han absorbido una importante energía, en términos generales la correspondiente a dos impulsos de larga duración más un determinado tiempo trabajando a la tensión máxima de funcionamiento continuo.

### 2.4.5. Método de Cálculo

Tensión asignada ( $U_r$ ):

Para el cálculo de la tensión asignada, es imprescindible distinguir si el neutro de la instalación está aislado a rígidamente a tierra.

$$\text{- Neutro rígidamente a tierra: } U_r = \frac{U_{\text{máx}} * 0,81}{T_c}$$

$$\text{- Neutro aislado: } U_r = \frac{U_{\text{máx}}}{T_c}$$

\*  $T_c$  nos lo proporciona el fabricante, y corresponde a un valor de 1,22.



## PFC Subestación 220/132/20 kV

Nivel de aislamiento (NA)

Este nivel corresponde a la tensión de impulso tipo rayo en kV de cresta, calculado para cada nivel de protección en el apartado 1.1. AISLAMIENTO.

Nivel de protección NP

El nivel de protección se calculará eligiendo el mayor valor de, para cada nivel de tensión asignada:

- U maniobra
- U residual (10 kA)
- U frente de onda / 1,15

Estos valores se obtendrán de la tabla que muestra el funcionamiento para los distintos casos de autoválvulas, según niveles de tensión e intensidades de descarga. La tabla se muestra a continuación:

**CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO**

Tensión Asignada Ur (kV eficaces)	Tensión Continua Uc* (kV eficaces)	STT <sup>(1)</sup>		Equivalente al frente de onda <sub>10</sub> (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra <sub>10</sub> (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg						
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	15 kA	20 kA	40 kA
3	2.55	3.7	3.5	7.4	5.7	6.5	6.8	6.9	7.3	7.7	8.0	8.6
6	5.10	7.4	7.1	14.7	11.3	13.1	13.5	13.9	14.6	15.5	16.1	17.2
9	7.65	11.1	10.6	22.1	17.0	19.6	20.3	20.8	21.8	23.2	24.1	25.8
10	8.40	12.2	11.6	24.5	18.9	21.8	22.5	23.2	24.3	25.8	26.8	28.7
12	10.2	14.8	14.1	29.4	22.6	26.2	27.0	27.8	29.1	31.0	32.1	34.4
15	12.7	18.4	17.6	36.8	28.3	32.7	33.8	34.7	36.4	38.7	40.1	43.0
18	15.3	22.2	21.2	44.1	34.0	39.3	40.5	41.7	43.7	46.5	48.2	51.6
21	17.0	24.7	23.5	51.5	39.6	45.8	47.3	48.6	51.0	54.2	56.2	60.2
24	19.5	28.3	27.0	56.4	43.4	50.2	51.8	53.3	55.8	59.2	61.5	65.9
27	22.0	32.0	30.4	63.7	49.1	56.7	58.5	60.2	63.1	67.2	69.6	74.5
30	24.4	35.4	33.8	71.1	54.7	63.3	65.3	67.1	70.4	74.9	77.6	83.1
36	29.0	42.1	40.1	84.1	64.8	74.9	77.3	79.5	83.3	88.7	91.8	98.4
39	31.5	45.8	43.6	91.5	70.4	81.4	84.1	86.4	90.6	96.4	100	107
45	36.5	53.0	50.5	107	82.4	95.3	98.3	101	106	113	117	125
48	39.0	56.7	54.0	113	86.8	100	104	107	112	119	123	132
54	42.0	61.0	58.1	118	90.7	105	108	111	117	124	129	138
60	48.0	69.7	66.4	134	103	120	123	127	133	142	147	157
66	54.0	78.4	74.7	151	116	134	139	143	149	159	165	177
72	57.0	82.8	78.9	160	124	143	147	152	159	169	175	188
90	70.0	102	96.9	199	153	177	183	188	197	210	217	233
96	76.0	110	105	218	168	194	200	206	216	230	238	255
108	84.0	122	116	235	181	210	216	222	233	248	257	275
120	98.0	142	136	273	224	243	251	258	271	288	298	320
132	106	154	147	302	248	269	277	285	299	318	329	353
144	115	167	159	321	263	286	295	303	318	338	350	375
168	131	190	181	370	303	329	340	349	366	390	404	432
172	140	203	194	391	321	348	359	370	387	412	427	457
180	144	209	199	403	330	359	370	381	399	425	440	471
192	152	221	210	424	348	378	390	401	420	447	463	496
228	180	261	249	521	428	464	479	493	516	550	569	610
240	190	276	263	537	452	478	494	508	532	566	586	628

Tabla 12: elección autoválvulas

Esta tabla es válida para tiempos de descarga correspondientes a la siguiente gráfica:

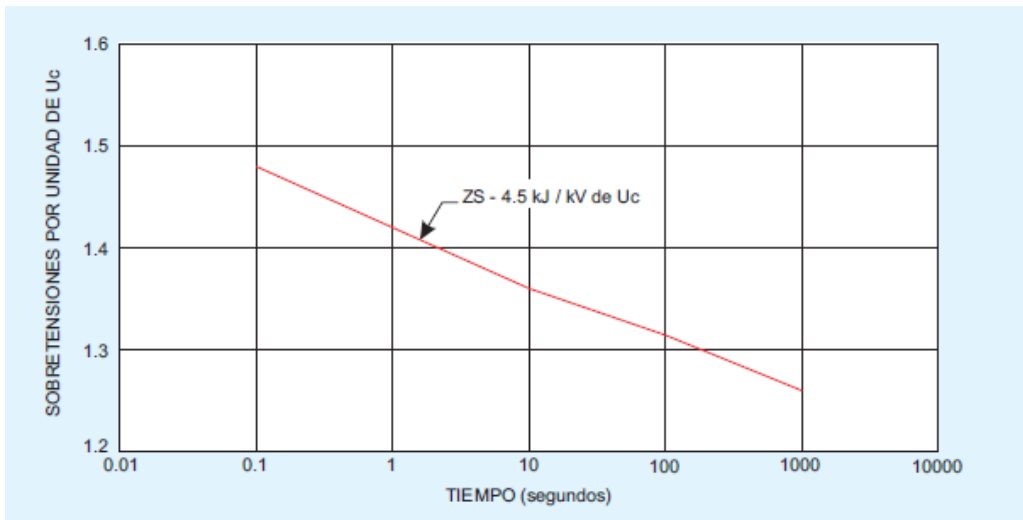


Imagen 26: tiempos de respuesta autoválvulas

### 2.4.6. Autoválvulas Nivel 220 kV

Para este nivel, el neutro se colocará rígidamente a tierra, según normativa ENDESA. La tensión más elevada de 220 según el RAT será de 245 kV.

- Tensión asignada:

$$U_r = \frac{Umáx * 0,81}{Tc} = 162,66 \text{ kV}$$

- Nivel de aislamiento:

$$NA = 1050 \text{ kV}$$

- Nivel de protección

Según el nivel de tensión asignada 162,66, iremos a la tabla de tensiones autoválvulas y con el valor inmediatamente superior, el cual corresponde a 168 kV, elegiremos el mayor valor de:

$$U_{maniobra} = 303 \text{ kV}$$

$$U_{residual \text{ a } Id (10 \text{ kA})} = 366 \text{ kV}$$

$$U_{frente \text{ de onda } / 1,15} = 370 / 1,15 = 321,73 \text{ kV}$$

$$NP = 366 \text{ kV}$$

Calculamos el margen de protección:

$$(MP) = \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) 100 = \left( \frac{1050}{366} - 1 \right) * 100 = 186,88 \geq 33\%$$

El pararrayos seleccionado, protege adecuadamente la instalación para el nivel de 220 kV pues su margen de protección es mucho mayor al 33% mínimo exigido.

**Por normativa de ENDESA, y habiendo calculado el mínimo para una autoválvula del nivel de 220 kV, se colocará la siguiente autoválvula en la instalación:**

- Tensión de servicio continuo  $U_c$  [kV]: 154 kV
- Tensión asignada  $U_r$  [kV]: 192 kV
- Corriente nominal de descarga onda 8/20 $\mu$ s [kA]: 10
- Clase de descarga de larga duración: 3
- Corriente de prueba del limitador de presión [kA]: 40
- Línea de fuga mínima fase tierra [mm]: 6125

### 2.4.7. Autoválvulas Nivel 132 kV

Para este nivel, el neutro se colocará rígidamente a tierra, según normativa ENDESA. La tensión más elevada de 132 según el RAT será de 145 kV.

- Tensión asignada:

$$U_r = \frac{U_{m\acute{a}x} * 0,81}{T_c} = 96,27 \text{ kV}$$

- Nivel de aislamiento:

$$NA = 650 \text{ kV}$$

- Nivel de protección

Según el nivel de tensión asignada 96,27, iremos a la tabla de tensiones autoválvulas y con el valor inmediatamente superior, el cual corresponde a 108 kV, elegiremos el mayor valor de:

$$U_{\text{maniobra}} = 181 \text{ kV}$$

$$U_{\text{residual a Id (10 kA)}} = 233 \text{ kV}$$

$$U_{\text{frente de onda}} / 1,15 = 235 / 1,15 = 204,34 \text{ kV}$$

$$NP = 248 \text{ kV}$$

Calculamos el margen de protección:

$$(MP) = \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) 100 = \left( \frac{650}{233} - 1 \right) * 100 = 178,96 \geq 33\%$$

El pararrayos seleccionado, protege adecuadamente la instalación para el nivel de 132 kV pues su margen de protección es mucho mayor al 33% mínimo exigido.

Por normativa de ENDESA, y habiendo calculado el mínimo para una autoválvula del nivel de 132 kV, se colocará la siguiente autoválvula en la instalación:

- Tensión de servicio continuo  $U_c$  [kV]: 92 kV
- Tensión asignada  $U_r$  [kV]: 120 kV
- Corriente nominal de descarga onda 8/20 $\mu$ s [kA]: 10
- Clase de descarga de larga duración: 3
- Corriente de prueba del limitador de presión [kA]: 40
- Línea de fuga mínima fase tierra [mm]: 3625

### 2.4.8. Autoválvulas Nivel 20 kV

Para este nivel, el neutro se colocará aislado de tierra, según normativa ENDESA. La tensión más elevada de 20 según el RAT será de 24 kV.

- Tensión asignada:

$$U_r = \frac{U_{m\acute{a}x}}{T_c} = 19,67 \text{ kV}$$

- Nivel de aislamiento:

$$NA = 125 \text{ kV}$$

- Nivel de protección

Según el nivel de tensión asignada 96,27, iremos a la tabla de tensiones autoválvulas y con el valor inmediatamente superior, el cual corresponde a 21 kV, elegiremos el mayor valor de:

$$U_{\text{maniobra}} = 39,6 \text{ kV}$$

$$U_{\text{residual a Id (10 kA)}} = 51 \text{ kV}$$

$$U_{\text{frente de onda}} / 1,15 = 51,5 / 1,15 = 44,78 \text{ kV}$$

$$NP = 51 \text{ kV}$$

Calculamos el margen de protección:

$$(MP) = \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) 100 = \left( \frac{125}{51} - 1 \right) * 100 = 145,09 \geq 33\%$$

El pararrayos seleccionado, protege adecuadamente la instalación para el nivel de 20 kV pues su margen de protección es mucho mayor al 33% mínimo exigido.

## 2.5. AISLADORES

### 2.5.1. Generalidades

Los aisladores normalmente comprenden cadenas de unidades del tipo caperuza vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana. Pueden ser fabricados usando materiales cerámicos (porcelana), vidrio, aislamiento compuesto de goma de silicona, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función. Se pueden utilizar combinaciones de esos aisladores sobre algunas líneas aéreas.

Los aisladores deben ser diseñados, seleccionados y ensayados para que cumplan los requisitos eléctricos y mecánicos determinados en los parámetros de diseño de las líneas aéreas.

Los aisladores deben resistir la influencia de todas las condiciones climáticas, incluyendo las radiaciones solares. Deben resistir la polución atmosférica y ser capaces de funcionar satisfactoriamente cuando estén sujetos a las condiciones de polución.

Los aisladores, según la ITC-LAT-07 deben cumplir los siguientes requisitos:

- **Requisitos eléctricos normalizados:** El diseño de aisladores deberá ser tal que se respeten las tensiones soportadas según esta ITC (valores de aislamiento normalizados)

- **Requisitos para el comportamiento bajo polución:** Los aisladores deberán cumplir con los requisitos especificados para su comportamiento bajo polución.

- **Requisitos mecánicos:** El diseño de los aisladores de una línea aérea deberá ser tal que satisfagan los requisitos mecánicos determinados en el apartado CÁLCULO MECÁNICO.

- **Requisitos de durabilidad:** La durabilidad de un aislador está influenciada por el diseño, la elección de los materiales y los procedimientos de fabricación. Todos los materiales usados en la construcción de aisladores para líneas aéreas, deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica, que pueda afectar a su funcionamiento.

Puede obtenerse un indicador de la durabilidad de las cadenas de aisladores de material cerámico o vidrio, a partir de los ensayos termo-mecánicos especificados en la norma UNE-EN 60383-1. En estos casos especiales, puede ser necesario considerar las características de fatiga, mediante los ensayos apropiados indicando las especificaciones del proyecto.

## 2.5.2. Características y dimensiones de los aisladores

Las características y dimensiones de los aisladores utilizados para la construcción de líneas aéreas deben cumplir, siempre que sea posible, con los requisitos dimensionales de las siguientes normas:

- UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433, para elementos de cadenas de aisladores de vidrio o cerámicos.

- UNE-EN 61466-1 y UNE-EN 61466-2, para aisladores de aislamiento compuesto de goma de silicona.

- CEI 60720, para aisladores rígidos de columna o peana.

Se pueden incluir en las especificaciones del proyecto tipos de aisladores aprobados, con dimensiones diferentes de las especificadas por las normas anteriormente indicadas. El resto de las características deberán ser conformes con las normas aplicables según el tipo de aislador.

## 2.5.3. Elección del aislador

Con la información antes citada se dispondrá a elegir los aisladores para los niveles de 220 y 132 kV.

### 2.5.3.1. Aisladores 220 kV

Se colocará una cadena de aisladores tipo caperuza-vástago E 160 estándar de las siguientes características.

- Clase: U 160 BS
- Material: Vidrio templado
- Peso neto aproximado: 6,3 kg
- Línea de fuga: 370 mm
- Paso: 150 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 160 kN
- Ensayos según publicación CEI-383
- Dimensiones:
  - Diámetro Plato: 286 mm
  - Diámetro vástago 20 mm

### **Número de aisladores:**

Una vez elegido el tipo de aislador, se procederá al cálculo del número total de aisladores que en el nivel de 220 kV se colocarán. Tendremos en cuenta para ello las tensiones de aislamiento, que son las siguientes:

- Tensión más elevada: 245 kV
- Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz): 460 kV
- Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo (valor de cresta): 1050 kV

Para soportar estos niveles de tensión se colocarán mínimo 14 aisladores aguantando así las siguientes tensiones:

- 695 kV de tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
- 485 kV de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia
- 1140 kV de tensión soportada a impulso tipo rayo 1,2/50

Como se puede apreciar, la tensión más crítica es la soportada a frecuencia industrial bajo lluvia, la cual tendrá que ser superior a la tensión industrial del material. Dicha tensión es muy poco más elevada que la máxima del material, luego por cuestiones de seguridad se procederá a colocar dos aisladores más en cada cadena, asegurando así un margen amplio de seguridad en la instalación.

Dicha cadena de 16 aisladores soportará un aislamiento de las siguientes características:

- 785 kV de tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
- 550 kV de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia
- 1290 kV de tensión soportada a impulso tipo rayo 1,2/50

### **Longitud cadena de aisladores:**

Cada cadena en el nivel de 220 kV poseerá 16 aisladores de una distancia de paso igual a 150 mm por lo que resultará una distancia total de:

$$16\text{aisladores} * 150 \text{ mm de paso} = 2400 \text{ mm} = 2,4\text{m}$$

La distancia total será de 2,4 metros en cada cadena de aisladores.

#### **2.5.3.2. Aisladores 132 kV**

Se colocará una cadena de aisladores tipo caperuza-vástago E 160 estándar de las siguientes características.

- Clase: U 160 BS



- Material: Vidrio templado
- Peso neto aproximado: 6,3 kg
- Línea de fuga: 370 mm
- Paso: 150 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 160 kN
- Ensayos según publicación CEI-383
- Dimensiones:
  - Diámetro Plato: 286 mm
  - Diámetro vástago 20 mm

### Número de aisladores:

Una vez elegido el tipo de aislador, se procederá al cálculo del número total de aisladores que en el nivel de 132 kV se colocarán. Tendremos en cuenta para ello las tensiones de aislamiento, que son las siguientes:

- Tensión más elevada: 145 kV
- Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial (valor eficaz): 275 kV
- Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo (valor de cresta): 650 kV

Para soportar estos niveles de tensión se colocarán mínimo 8 aisladores aguantando así las siguientes tensiones:

- 430 kV de tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
- 290 kV de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia
- 675 kV de tensión soportada a impulso tipo rayo 1,2/50

Como se puede apreciar, la tensión más crítica es la soportada a frecuencia industrial bajo lluvia, la cual tendrá que ser superior a la tensión industrial del material. Dicha tensión es muy poco más elevada que la máxima del material, luego por cuestiones de seguridad se procederá a colocar dos aisladores más en cada cadena, asegurando así un margen amplio de seguridad en la instalación.

Dicha cadena de 10 aisladores soportará un aislamiento de las siguientes características:

- 520 kV de tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
- 360 kV de tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia
- 835 kV de tensión soportada a impulso tipo rayo 1,2/50

### Longitud cadena de aisladores:

Cada cadena en el nivel de 132 kV poseerá 10 aisladores de una distancia de paso igual a 150 mm por lo que resultará una distancia total de:

$$10 \text{ aisladores} * 150 \text{ mm de paso} = 1500 \text{ mm} = 1,5 \text{ m}$$



La distancia total será de 1,5 metros en cada cadena de aisladores.

## **2.6. CONDUCTORES**

### **2.6.1. Generalidades**

En este apartado se dan los requisitos que deben cumplir los conductores y cables de tierra con o sin circuitos de telecomunicaciones.

Los conductores y cables de tierra deberían ser diseñados, seleccionados y ensayados para cumplir con los requisitos eléctricos, mecánicos y de telecomunicaciones que se definen según los parámetros de diseño de la línea. Se deberán considerar la necesaria protección contra la fatiga debida a vibraciones.

La sección mínima admisible de los conductores de cobre y sus aleaciones será de 10 milímetros cuadrados. En el caso de los conductores de acero galvanizado, la sección mínima admisible será de 12,5 milímetros cuadrados.

Para otro tipo de materiales no se emplearán conductores de menos de 350 daN de carga de rotura.

En caso de que se utilicen conductores usados, procedentes de otras líneas desmontadas, las características que afectan básicamente a la seguridad deberán establecerse razonadamente, de acuerdo con los ensayos que preceptivamente habrán de realizarse.

Cuando en los cálculos mecánicos se tengan en cuenta el proceso fluencia o de deformaciones lentas, las características que se adopten para estos cálculos deberán justificarse mediante ensayos o utilizando valores comprobados en otras líneas.

### **2.6.2. Conductores de aluminio desnudos**

#### **2.6.2.1. Características y dimensiones**

Los conductores pueden estar constituidos por hilos redondos o con forma trapezoidal de aluminio o aleación de aluminio y pueden contener, para reforzarlos, hilos de acero galvanizados o de acero recubierto de aluminio. Los cables de tierra se diseñarán según las mismas normas que los conductores de fase.

Los conductores deben cumplir la norma UNE-EN 50 182 y serán de uno de los siguientes tipos:

- a) Conductores homogéneos de aluminio (AL1).
- b) Conductores homogéneos de aleación de aluminio (ALx).
- c) Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio o aleación de aluminio reforzados con acero galvanizado (AL1/STyz o ALx/SAyz).
- d) Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio o aleación de aluminio reforzados con acero recubierto de aluminio (AL1/SAzy o ALx/SAyz).

- e) Conductores compuestos (bimetálicos) de aluminio reforzados con aleación de aluminio (AL1/ALx).

Cuando sean utilizados materiales diferentes de aquellos, sus características y su conveniencia para cada aplicación individual deben ser verificadas como se indique en las especificaciones del proyecto.

### **2.6.2.2. Requisitos eléctricos**

Las resistencias eléctricas de la gama preferente de conductores con alambres circulares se dan en la forma UNE-EN 50 182.

Para conductores con secciones de alambres diferentes, la resistencia del conductor deberá calcularse utilizando la resistividad del alambre, la sección transversal y los parámetros del cableado del conductor.

Deben verificarse que la intensidad admisible y la capacidad de cortocircuito de los conductores cumplen los requisitos de las especificaciones del proyecto. También debe considerarse la predicción del nivel de perturbación radioeléctrica y el nivel del ruido audible de los conductores según la norma UNE-EN 50 341-1.

Las perturbaciones radioeléctricas en una línea aérea pueden generarse debido a:

- Descargas debidas al efecto corona en el aire en la superficie de los conductores y herrajes.
- Descargas y cebados eléctricos sobre las superficies de los aisladores muy fatigadas eléctricamente o con contaminación.
- Cebados eléctricos en contactos flojos o imperfectos.

Generalmente el efecto corona genera niveles de perturbación significativos para líneas de tensiones nominales de 230 kV o superiores.

Los métodos para deducir los límites de transición de las perturbaciones radioeléctricas, debido a las líneas aéreas y equipamiento de alta tensión, para salvaguardar la recepción de radio y televisión, se dan en la norma CISPR 18-2.

El efecto corona puede, en algunas circunstancias, producir también ruido audible. Tal ruido es más probable que ocurra con mal tiempo y niebla. Con buen tiempo el ruido se origina cuando las líneas están sujetas a algunos tipos de contaminación. La fuente principal de ruido audible por mal tiempo son las gotas o chorros de agua que puedan llegar a varios tipos de descarga. La escarcha en los conductores, así como las descargas parciales superficiales en los aisladores también pueden dar lugar a ruido.

En general, los niveles de ruido audible pueden llegar a ser significativos, solamente para las líneas de tensiones iguales o superiores a 400 kV.

Por lo tanto, a la hora de proyectar la línea ha de tenerse en cuenta la influencia que su diseño tendrá sobre el efecto corona y sobre el ruido audible.

### 2.6.2.3. Temperaturas de servicio del conductor

La máxima temperatura de servicio de conductores de aluminio bajo diferentes condiciones operativas deberá ser indicada en las especificaciones del proyecto. Estas especificaciones darán lugar a todos los requisitos, bajo las siguientes condiciones:

- a) La temperatura máxima de servicio bajo carga normal en la línea, no sobrepasará los 85 °C.
- b) La temperatura máxima de corta duración para momentos especificados, bajo diferentes cargas en la línea, superiores al nivel normal, no sobrepasará los 100 °C.
- c) La temperatura máxima debida a un fallo especificado del sistema eléctrico, no sobrepasará los 100 °C.

El uso de conductores de alta temperatura, tales como los compuestos por aleaciones especiales aluminio-zirconio, definidos en la norma IEC 62 004, permitiría trabajar con temperaturas de servicio superiores.

La información sobre el cálculo del incremento de temperatura, debido a las corrientes de cortocircuito, se indica en la norma UNE-EN 60 865-1. Alternativamente, y con las precauciones adecuadas, el incremento real de temperatura debido a las corrientes de cortocircuito puede determinarse mediante un ensayo.

### 2.6.2.4. Requisitos mecánicos

La carga de rotura de los conductores de aluminio, calculada con la norma UNE-EN 50 182, debe ser suficiente para cumplir con los requisitos de carga determinados en la ITC-LAT-07.

La tensión máxima admisible en el conductor debe indicarse en las especificaciones del proyecto.

## 2.6.3. Cables aislados para líneas subterráneas

### 2.6.3.1. Condiciones generales

Los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la ITC-LAT 02 y demás normas especificaciones técnicas aplicables.

En el caso de que no exista norma UNE, se utilizarán las Normas Europeas (EN o HD) correspondientes y, en su defecto, se recomienda utilizar la publicación CEI correspondiente (Comisión Electrotécnica Internacional).

### 2.6.3.2. Cables

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de cobre o de aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones mecánicas procedentes de maquinaria de obra pública como excavadoras, perforadoras o incluso picos. Podrán ser unipolares o tripolares.

### 2.6.4. Método de cálculo

A continuación se expondrá el método empleado para calcular la densidad de corriente para cada uno de los conductores

#### 2.6.4.1. Método de cálculo para conductores desnudos

Para calcular la densidad de corriente del conductor se empleara la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{I}{S}$$

- $\delta$ : densidad de corriente [A/mm<sup>2</sup>]
- I: es corriente máxima que atravesará el conductor en régimen permanente [A]
- S: sección del conductor [mm<sup>2</sup>]

Se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera de aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción, que según la composición será:

- 0,902 para la composición de 30+7
- 0,926 para las composiciones 6+1 y 26+7
- 0,941 para la composición de 54+7

#### 2.6.4.2. Método de cálculo para conductores aislados

Para este tipo de conductores, el fabricante dará información de los valores de intensidad nominal que puede aguantar el conductor y, también, de los valores de intensidad de cortocircuito máximas que puede soportar el conductor.

## 2.6.5. Elección de los conductores

### 2.6.5.1. Nivel 220 kV

Para el nivel de 220 kV se colocará un cable normalizado de Aluminio-Acero recubierto de aluminio, siguiendo la norma UNE 21 018.

Conductor: HALCÓN

Sección: Aluminio 241,7 mm<sup>2</sup>; ARL 39,4mm<sup>2</sup>; Total 281,1 mm<sup>2</sup>.

Equivalente en cobre: 157 mm<sup>2</sup>.

Diámetro: Alma 8,04 mm; Total 21,8 mm.

Composición:

Alambres de aluminio: 26 alambres de 3,44 mm de diámetro.

Alambres de ARL: 7 alambres de 2,68 mm de diámetro.

Carga de rotura: 8.940 kgf / 8.760 daN

Resistencia eléctrica a 20 °C: 0,1131 Ω/km.

Masa: Aluminio 667 kg/km; ARL 290 kg/km; Total 1,222 kg/km.

Módulo De elasticidad: 7.300 kgf/mm<sup>2</sup> / 72.000 N/mm<sup>2</sup>.

Coefficiente de dilatación lineal: 19,1x10<sup>-6</sup> °C.

Densidad máxima Reglamentaria: 2,04 A/mm<sup>2</sup>.

#### 2.6.5.1.1. Líneas de entrada L1 y L2

La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 419,89 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 1,493 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926 .

$$0,926 * \delta = 0,926 * 1,493 = 1,382 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que se cumple ampliamente que la densidad que circulará por el conductor será mucho menor que la máxima que establece el reglamento.

#### 2.6.5.1.2. Líneas de primario de los transformadores de potencia T1 y T2

La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 209,95 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 0,746 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926 .

$$0,926 * \delta = 0,926 * 0,746 = 0,691 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que se cumple ampliamente que la densidad que circulará por el conductor será mucho menor que la máxima que establece el reglamento.

### 2.6.5.2. Nivel 132 kV

Para el nivel de 132 kV se colocará un cable normalizado de Aluminio-Acero recubierto de aluminio, siguiendo la norma UNE 21 018.

Conductor: HALCÓN

Sección: Aluminio 241,7 mm<sup>2</sup>; ARL 39,4mm<sup>2</sup>; Total 281,1 mm<sup>2</sup>.

Equivalente en cobre: 157 mm<sup>2</sup>.

Diámetro: Alma 8,04 mm; Total 21,8 mm.

Composición:

Alambres de aluminio: 26 alambres de 3,44 mm de diámetro.

Alambres de ARL: 7 alambres de 2,68 mm de diámetro.

Carga de rotura: 8.940 kgf / 8.760 daN

Resistencia eléctrica a 20 °C: 0,1131 Ω/km.

Masa: Aluminio 667 kg/km; ARL 290 kg/km; Total 0,975 kg/km.

Módulo De elasticidad: 7.300 kgf/mm<sup>2</sup> / 72.000 N/mm<sup>2</sup>.

Coefficiente de dilatación lineal: 19,1x10<sup>-6</sup> °C.

Densidad máxima Reglamentaria: 2,04 A/mm<sup>2</sup>.

#### 2.6.5.2.1. Líneas de secundario de los transformadores de potencia T1 y T2

La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 349,91 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 1,244 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926 .

$$0,926 * \delta = 0,926 * 1,244 = 1,152 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que se cumple ampliamente que la densidad que circulará por el conductor será mucho menor que la máxima que establece el reglamento.

#### 2.6.5.2.2. Líneas de salida L3 y L4

La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 699,82 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 2,489 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926 .

$$0,926 * \delta = 0,926 * 2,489 = 2,305 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que la densidad del conductor es menos que la densidad que circulará por la instalación luego, se colocarán dos cables desnudos en paralelo, dando así una densidad de corriente de 1,153 A/mm<sup>2</sup>, para dar servicio de forma segura a la instalación.

#### 2.6.5.2.3. Líneas de primario de los transformadores de potencia T3 y T4

La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 131,22 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 0,467 \text{ A/mm}^2$$



Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926 .

$$0,926 \cdot \delta = 0,926 \cdot 0,467 = 0,432 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que se cumple ampliamente que la densidad que circulará por el conductor será mucho menor que la máxima que establece el reglamento.

### **2.6.5.3. Nivel 20 kV**

Para este nivel de tensión, se diferenciarán dos conductores en dos sectores distintos. De la salida de los transformadores de potencia T3 y T4, se evacuará la potencia en conductores desnudos tipo HALCON, se empalmarán con un conductor aislado PIRELLI.

Conductor desnudo: HALCÓN

Sección: Aluminio 241,7 mm<sup>2</sup>; ARL 39,4mm<sup>2</sup>; Total 281,1 mm<sup>2</sup>.

Equivalente en cobre: 157 mm<sup>2</sup>.

Diámetro: Alma 8,04 mm; Total 21,8 mm.

Composición:

Alambres de aluminio: 26 alambres de 3,44 mm de diámetro.

Alambres de ARL: 7 alambres de 2,68 mm de diámetro.

Carga de rotura: 8.940 kgf / 8.760 daN

Resistencia eléctrica a 20 °C: 0,1131 Ω/km.

Masa: Aluminio 667 kg/km; ARL 290 kg/km; Total 1,222 kg/km.

Módulo De elasticidad: 7.300 kgf/mm<sup>2</sup> / 72.000 N/mm<sup>2</sup>.

Coefficiente de dilatación lineal: 19,1x10<sup>-6</sup> °C.

Densidad máxima Reglamentaria: 2,04 A/mm<sup>2</sup>.

Conductor aislado: PIRELLI

FABRICANTE: PIRELLI

MODELO: Al Voltalene H 1 x500 12/20 kV

Diámetro exterior: 52,5 mm

Peso: 3.385 kg/km

Tensión de aislamiento: 24 kV

Resistencia eléctrica máxima a 20°C: 0,0605 Ω/km

Resistencia ala frecuencia de 50 Hz: 0,084 Ω/km

Capacidad: 0,417 µF/Km

Carga máxima admisible: 590 A

## PFC Subestación 220/132/20 kV

### 2.6.5.3.1. Líneas de secundario de los transformadores de potencia T3 y T4

Este tramo se realizará en dos partes, la primera con conductor desnudo y la segunda con conductor aislado. La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 866,03 A.

#### CONDUCTOR DESNUDO:

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 3,08 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926.

$$0,926 * \delta = 0,926 * 3,08 = 2,853 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que la densidad del conductor es menos que la densidad que circulará por la instalación luego, se colocarán dos cables desnudos en paralelo, dando así una densidad de corriente de 1,427 A/mm<sup>2</sup>, para dar servicio de forma segura a la instalación.

#### CONDUCTOR DESNUDO:

En este tramo, simulará la misma corriente que por el conductor aislado, es decir 866,03. Como el cable desnudo soporta una corriente máxima de 590 A, se colocarán dos cables aislados en paralelo, dando así un servicio garantizado de seguridad.

### 2.6.5.3.2. Líneas de salida L5, L6, L7, L8, L9 y L10

Este tramo de la instalación se realizará con conductor aislado PIRELLI. La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 433,01 A.

Como la intensidad máxima del conductor aislado es de 590 A y es mayor a la corriente nominal de la instalación en este punto, que es de 433 A, cumplirá los requisitos de seguridad.

## 2.6.5.4. Embarrados de la Subestación

### 2.6.5.4.1. Embarrado 220 kV

## PFC Subestación 220/132/20 kV

Para la construcción del embarrado de 220 kV se colocará un conductor desnudo tipo HALCON. La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 419,89 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 1,494 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926.

$$0,926 * \delta = 0,926 * 1,494 = 1,383 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que se cumple ampliamente que la densidad que circulará por el conductor será mucho menor que la máxima que establece el reglamento.

### 2.6.5.4.2. Embarrado 132 kV

Para la construcción del embarrado de 132 kV se colocará un conductor desnudo tipo HALCON. La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 699,82 A.

Con este dato y el valor de la sección del conductor (conductor HALCON de 281,1 mm<sup>2</sup>) se calculará la densidad de corriente, de la siguiente manera:

$$\delta = \frac{I}{S} = 2,489 \text{ A/mm}^2$$

Como la composición del conductor es 26+7, el dato de densidad de corriente se multiplicará por 0,926.

$$0,926 * \delta = 0,926 * 2,489 = 2,305 \text{ A/mm}^2$$

Utilizando la tabla con las densidades admisibles que establece el reglamento, se observa que la densidad del conductor es menos que la densidad que circulará por la instalación luego, se colocarán dos cables desnudos en paralelo, dando así una densidad de corriente de 1,246 A/mm<sup>2</sup>, para dar servicio de forma segura a la instalación.

### 2.6.5.4.3. Embarrado 20 kV

Para la construcción del embarrado de 20 kV se colocará una pletina de cobre, con una intensidad máxima a soportar de 2000 A. La intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento, ya calculada anteriormente en el apartado 2.2.5. era de 1732,05 A.

Como podemos ver, la intensidad máxima a soportar por la pletina de cobre es mayor a la intensidad nominal en ese punto de la instalación, luego cumplirá los requisitos de seguridad. Hasta el embarrado de 20 kV desde el terminal de empalme se llevará a través de 4 cables en paralelo de las mismas características que los cables de MT, es decir, PIRELLI AL VOLTALENE H 1x500.

## **7. CÁLCULO MECÁNICO**

La filosofía de diseño que refleja este apartado para las líneas de alta tensión en general está basada en el método empírico indicado en las normas UNE-EN 50.341-1 Y UNE-EN 50.423-1. De acuerdo con ello, se utilizarán para las aplicaciones de las posibles solicitudes de cargas, fórmulas empíricas avaladas por la práctica que responderán a la duración, fiabilidad y garantía establecida en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

### **2.7.1. Cargas y sobrecargas a considerar**

En el cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y en las condiciones que se fijan en los apartados siguientes.

#### **2.7.1.1. Cargas permanentes**

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra, apoyos y cimentaciones.

#### **2.7.1.2. Fuerzas del viento sobre los componentes de las líneas aéreas**

Se considerará un viento mínimo de 120 km/h de velocidad, excepto en las líneas de categoría especial, donde se considerará un viento mínimo de 140 km/h de velocidad. Se supondrá el viento horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La acción del viento, en función de su velocidad  $V_v$  en km/h, da lugar a las fuerzas que a continuación se indican sobre los distintos elementos de la línea.

##### **2.7.1.2.1. Fuerzas del viento sobre los conductores**

La presión del viento sobre los conductores causa fuerzas transversales a la dirección de la línea, al igual que aumenta las tensiones sobre los conductores.

Considerando los vanos adyacentes, la fuerza del viento sobre un apoyo se calculará de la siguiente manera:

$$F_c = q * d * \frac{a_1 + a_2}{2} \quad [\text{daN}] \quad (\text{Fuerza del viento sobre conductores})$$

- d: Diámetro del conductor en metros

- $a_1, a_2$ : Longitudes de los vanos adyacentes en metros. La  
semisuma de  $a_1, a_2$  es el vano de viento o eolovano  $a_v$ .
- $q$ : Presión del viento  
 -  $60 \cdot (V_v/120)^2$  daN/m<sup>2</sup> para conductores de  $d \leq 16$ mm  
 -  $50 \cdot (V_v/120)^2$  daN/m<sup>2</sup> para conductores de  $d > 16$ mm

#### 2.7.1.2.2. Fuerzas del viento sobre las cadenas de aisladores

La fuerza del viento sobre cada cadena de aisladores será:

$$F_c = q \cdot A_i \text{ [daN]} \quad (\text{Fuerza del viento sobre cadena aisladores})$$

- $A_i$ : Área de la cadena de aisladores proyectada horizontalmente en un plano vertical paralelo al eje de la cadena de aisladores, en m<sup>2</sup>.  
 -  $q$ : Presión del viento =  $70 \cdot (V_v/120)^2$  daN/m<sup>2</sup>.

#### 2.7.1.2.3. Fuerza del viento sobre apoyos de celosía

La fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$F_c = q \cdot A_T \text{ [daN]} \quad (\text{Fuerza del viento sobre apoyos de celosía})$$

- $A_T$ : Área del apoyo expuesta al viento proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m<sup>2</sup>.  
 -  $q$ : Presión del viento =  $170 \cdot (V_v/120)^2$  daN/m<sup>2</sup>.

### 2.7.1.3. Sobrecargas motivadas por el hielo

A estos efectos, el país se clasifica en tres zonas:

- Zona A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- Zona B: La situada a una altitud entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar.
- Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 metros sobre el nivel del mar.

Las sobrecargas serán las siguientes:

- Zona A: No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
- Zona B: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor:  $0,18 \cdot \sqrt{d}$  daN por metro lineal, siendo  $d$  el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.
- Zona C: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a las sobrecargas de un manguito del hielo de valor:  $0,36 \cdot \sqrt{d}$  daN por metro lineal, siendo  $d$  el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros. Para altitudes mayor a 1500 metros, el proyectista deberá establecer las sobrecargas de hielo mediante estudios pertinentes, no pudiéndose considerar sobrecarga de hielo inferior a la indicada anteriormente.

### 2.7.2. Conductores

A la hora de realizar el cálculo mecánico de los conductores es necesario resaltar que la temperatura influye sobre los conductores de las líneas, de forma que si aumenta, crece la longitud del hilo, y, por tanto la flecha, si bien al propio tiempo disminuye la tensión T. Contrariamente, al disminuir la temperatura, la flecha se reduce y aumenta la tensión T. Por otra parte los conductores están sometidos a la acción del viento y a la carga del hielo, que produce en ellos una sobrecarga equivalente a un aumento de peso propio y por tanto una tracción mayor en el conductor.

El cálculo mecánico del conductor se realiza empleando la <<Ecuación del Cambio de Condiciones>>. Esta ecuación se obtiene de igualar la diferencia de longitudes, que se produce en el conductor como consecuencia de un cambio de temperatura o de condiciones de sobrecarga o de tracción, con la suma algebraica de la dilatación o contracción debida a la variación de temperatura y del alargamiento o acortamiento elástico motivado por la diferencia de tensiones.

Sean las condiciones iniciales y finales del conductor las reflejadas a continuación:

Condiciones iniciales	Condiciones finales
Temperatura $\theta_1$ (°C)	Temperatura $\theta_2$ (°C)
Tensión horizontal: $T_1$ (daN)	Tensión horizontal: $T_2$ (daN)
Peso del conductor con su sobrecarga: $P_1=p*m_1$ (daN/m)	Peso del conductor con su sobrecarga: $P_2=p*m_2$ (daN/m)
Longitud: $l_1$ (m)	Longitud: $l_2$ (m)

Tabla13: Cambio de condiciones en el conductor

La diferencia de longitud del conductor, entre los dos estados, aproximando la longitud del conductor a la longitud del vano, es:

$$l_2 - l_1 = \frac{a_r^3}{24} * \left( \frac{P_2^2}{T_2^2} - \frac{P_1^2}{T_1^2} \right) = \alpha * a_r * l(\theta_2 - \theta_1) + \frac{a_r}{S * E} * (T_2 - T_1)$$

(Ecuación de cambio de condiciones)

Esta ecuación se puede escribir de la forma:

$$t_2^2 * (t_2 + A) = B$$

Donde:

$$A = \alpha * E * S * (\theta_2 - \theta_1) + K \qquad K = -t_1 + \frac{a_r^2 * E * \omega^2 * S}{24 * t_1^2}$$

$$B = \frac{a_r^2 * E * \omega^2 * S}{24}$$

Siendo:

- S: Sección transversal del conductor en  $\text{mm}^2$ .
- $a_r$ : Longitud proyectada del vano o vano de regulación en metros.
- p: Peso propio del conductor en  $\text{daN/m}$
- $\omega = p/S$  : Peso por unidad de volumen del conductor en  $\text{daN/m/mm}^2$
- $t_1$ : Tensión por unidad de superficie en el estado inicial del conductor en  $\text{daN/mm}^2$ , en unas condiciones de temperatura, sobrecarga y tensión dadas.  $t_1 = T_1/S$ .
- $\theta_1$ : Temperatura del conductor en el estado inicial en  $^\circ\text{C}$ .
- $\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal del conductor en  $^\circ\text{C}^{-1}$
- E: Módulo de elasticidad del conductor en  $\text{daN/mm}^2$
- $t_2$ : Tensión por unidad de superficie en el estado final del conductor en  $\text{daN/mm}^2$ , en unas condiciones de temperatura, sobrecarga y tensión dadas.  $t_2 = T_2/S$ .
- $\theta_2$ : Temperatura del conductor en el estado final en  $^\circ\text{C}$ .
- S: sección del conductor en  $\text{mm}^2$

La ecuación anterior nos permite obtener la tracción mecánica que debe tener el conductor en unas condiciones dadas de temperatura y sobrecarga, partiendo de unas condiciones (hipótesis más desfavorables) prefijadas y exigidas por el RLAT.

### 2.7.2.1. Tracción máxima admisible

La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, mínima dividida por 2,5, si se trata de conductores cableados, o dividida por 3, si se trata de conductores de un alambre, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la siguiente tabla en función de que la zona sea A, B o C:

<b>ZONA A</b>			
<b>Hipótesis</b>	<b>Temperatura (<math>^\circ\text{C}</math>)</b>	<b>Sobrecarga Viento</b>	<b>Sobrecarga Hielo</b>
Tracción máxima viento	-5	Mínimo 120 o 140 km/h según la tensión de la línea	No se aplica
<b>ZONA B</b>			
<b>Hipótesis</b>	<b>Temperatura (<math>^\circ\text{C}</math>)</b>	<b>Sobrecarga Viento</b>	<b>Sobrecarga Hielo</b>
Tracción máxima viento	-10	Mínimo 120 o 140 km/h según la tensión de la línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según categoría
Tracción máxima hielo+viento	-15	Mínimo 60 km/h	Según categoría
<b>ZONA C</b>			
<b>Hipótesis</b>	<b>Temperatura (<math>^\circ\text{C}</math>)</b>	<b>Sobrecarga Viento</b>	<b>Sobrecarga Hielo</b>



Tracción máxima viento	-15	Mínimo 120 o 140 km/h según la tensión de la línea	
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según categoría
Tracción máxima hielo+viento	-20	Mínimo 60 km/h	Según categoría

Tabla 14: Condiciones de la hipótesis que limitan la tracción máxima admisible

### 2.7.2.3. Flechas máximas de los conductores y cables de tierra

De acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas 2.4.1.3. se determinará la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las hipótesis siguientes:

- En las zonas A,B,C

a) Hipótesis de viento. Sometidos a la acción de su propio peso y a una sobrecarga de viento, para una velocidad de 120 km/h a la temperatura de +15°C.

b) Hipótesis de temperatura. Sometidos a la acción de su propio peso, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Para las líneas de categoría especial, esta temperatura no será inferior en ningún caso a +85 °C para los conductores de fase ni inferior a +50°C para los cables de tierra. Para el resto de líneas, tanto para los conductores como para los cables de tierra, esta temperatura no será en ningún caso inferior a +50°C

c) Hipótesis de hielo. Sometidos a la acción de su propio peso y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0°C.

\* En las líneas de cualquier categoría, siempre que se prevea que en un futuro puedan trabajar con cargas (intensidades) superiores a las previstas inicialmente, por ejemplo en las líneas de salida de subestaciones a las que en un futuro se conectarán nuevas líneas, es necesario realizar el cálculo de la flecha a la temperatura máxima prevista que pueda llegar a alcanzar el conductor en estas condiciones de carga, por ejemplo +85°C.

Para el cálculo de las flechas utilizaremos la siguiente expresión:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8T}$$

P: peso del conductor en kg/m

a: vano correspondiente en m

T: tracción soportada por el conductor en kg

### 2.7.3. Solución Subestación Eléctrica Transformadora

Teniendo en cuenta los apartados anteriores y las siguientes características particulares de nuestra instalación se procederá a realizar el cálculo mecánico de cargas y sobrecargas en los elementos y cables.

#### 2.7.3.1. Ecuación de cambio de condiciones

El Reglamento de líneas Aéreas de Alta Tensión marca una serie de hipótesis entre las cuales se buscará la más desfavorable. Estas hipótesis se dividen según las zonas en las que está situada la línea, ZONA A, ZONA B y ZONA C. La Subestación Eléctrica Transformadora se encuentra en la zona A, por lo tanto se considerarán las siguientes hipótesis.

Con la ecuación del cambio de condiciones se hallará cuál es la peor condición a la que estará sometido un conductor en un vano, esta será la hipótesis más desfavorable.

#### TABLA CARACTERISTICAS ZONA A

Como la S.E.T. se encuentra en la zona A, se calculará únicamente la hipótesis de tracción máxima de viento. En dicha hipótesis tendremos en consideración una temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  y una velocidad de viento de 120 o 140 km/h (dependiendo de la tensión de la línea). Como no se trata de una línea de régimen especial se tomará una velocidad del viento de 120km/h Para esta hipótesis no se tendrá en consideración la sobrecarga producida por el hielo.

Una vez efectuadas todas estas operaciones se obtendrá la tensión a la que está sometido el conductor en cada una de las hipótesis que marca el Reglamento, y por lo tanto se hallarán las flechas correspondientes y en especial la flecha máxima que condicionará la altura de los postes.

#### 2.7.3.2. Conductor HALCÓN

Con las características ya expuestas anteriormente, se procederá al cálculo mecánico de los tres vanos de 46 m, 18 m, y 16 m existentes en la subestación con este tipo de cable.

Se calculará primero las sobrecargas debidas al hielo y al viento, pues se emplearán posteriormente.

La sobrecarga del viento será:

$$D > 16\text{mm} \quad q = 50 \cdot (120/120)^2 = 50 \text{ daN/m}^2$$

$$F_c = q \cdot d = 50 \cdot 0,0218 = 1,09 \text{ daN/m}$$

## PFC Subestación 220/132/20 kV

El peso propio más la sobrecarga que ejercerá el viento será la siguiente, teniendo en consideración que el viento produce una fuerza equivalente perpendicular al peso:

$$P+F_c = \sqrt{P^2 + F_c^2} = \sqrt{0,975^2 + 1,09^2} = 1,463 \text{ daN/m}$$

A continuación y con los datos obtenidos se calcularán los diferentes vanos existentes en la subestación.

### 2.7.3.2.1. VANO DE 40 METROS

#### HIPÓTESIS TRACCIÓN MÁXIMA VIENTO (-5°C)

Este será el estado de comparación, puesto que en la ZONA A sólo se calcula tracción máxima con viento a -5°C.

La tensión máxima la impondrá ENDESA, y será de 200 kg. Esto es, se construirán vanos totalmente destensados para que las torres que sujetan los cables no sufran debido a la tensión mecánica. Esta tensión hace un coeficiente de seguridad respecto al cable de:

$$C_s = \frac{Q}{T} = \frac{8.940}{200} = 44,7 \text{ Kg}$$

Como vemos, no habrá nunca problema con la tensión mecánica, puesto que el cable soporta con holgura dicha tensión.

El conductor estará sometido a un peso de:

$$P = 1,463 \text{ daN/m (calculado anteriormente)}$$

La temperatura de cálculo será de:

$$t = -5^\circ\text{C}$$

Con estos datos calcularemos la constante K:

$$K = -t_1 + \frac{a_r^2 * E * \omega^2 * S}{24 * t_1^2} = -200 + \frac{40^2 * 7300 * 1,463^2 * 281,1}{24 * 200^2} = 7120,17 \text{ kg}$$

La flecha correspondiente será de:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8T} = \frac{1,463 * 40^2}{8 * 200} = 1,463 \text{ m}$$

Una vez conocida la hipótesis más desfavorable y haciendo uso de la constante K hallada anteriormente, se calcularán el resto de las hipótesis marcadas por el reglamento.

### **HIPÓTESIS FLECHA MÁXIMA (P+V a t=15°C)**

Datos:

Peso:  $P_2=1,463$  daN/m

Temperatura:  $\theta_2=15^\circ\text{C}$

Calculamos K, que como sólo depende de las condiciones iniciales no cambia:

$$K=7120,17 \text{ kg}$$

Calculamos A:

$$A=\alpha \cdot E \cdot S \cdot (\theta_2 - \theta_1) + K = 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot 7300 \cdot 281,1 \cdot (15 - (-5)) + 7120,17 = 7904,04 \text{ kg}$$

Calculamos B:

$$B = \frac{a_r^2 \cdot E \cdot \omega^2 \cdot S}{24} = \frac{40^2 \cdot 7300 \cdot 1,463^2 \cdot 281,1}{24} = 292806759 \text{ kg}^3$$

Con los parámetros calculados obtendremos la tensión en la ecuación del cambio de condiciones:

$$t_2^2 \cdot (t_2 + A) = B \quad t_2 = 190,2 \text{ kg}$$

Con la tensión obtenida calcularemos la flecha resultante:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8 \cdot T} = \frac{1,463 \cdot 40^2}{8 \cdot 190,2} = 1,538 \text{ m}$$

### **HIPÓTESIS FLECHA MÁXIMA (P a t=50°C)**

Datos:

Peso:  $P_2=0,975$  daN/m

Temperatura:  $\theta_2=50^\circ\text{C}$

Calculamos K, que como sólo depende de las condiciones iniciales no cambia:

$$K=7120,17 \text{ kg}$$

Calculamos A:

## PFC Subestación 220/132/20 kV

$$A = \alpha * E * S * (\theta_2 - \theta_1) + K = 19,1 \cdot 10^{-6} * 7300 * 281,1 * (50 - (-5)) + 7120,17 = 9275,83 \text{ kg}$$

Calculamos B:

$$B = \frac{a_r^2 * E * \omega^2 * S}{24} = \frac{40^2 * 7300 * 0,975^2 * 281,1}{24} = 130047401,3 \text{ kg}^3$$

Con los parámetros calculados obtendremos la tensión en la ecuación del cambio de condiciones:

$$t_2^2 * (t_2 + A) = B \quad t_2 = 117,66 \text{ kg}$$

Con la tensión obtenida calcularemos la flecha resultante:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8T} = \frac{0,975 \cdot 40^2}{8 \cdot 117,66} = 1,66 \text{ m}$$

Por lo tanto la máxima flecha será de 1,66 metros, que se da en la hipótesis de peso a 50°C

### 2.7.3.2.2. VANO DE 20 METROS

#### HIPÓTESIS TRACCIÓN MÁXIMA VIENTO (-5°C)

Al igual que en el vano de 40 metros, estamos en la ZONA A y sólo se calcula tracción máxima con viento a -5°C.

La tensión máxima la impondrá ENDESA, y será de 200 kg. Esto es, se construirán vanos totalmente destensados para que las torres que sujetan los cables no sufran debido a la tensión mecánica. Esta tensión hace un coeficiente de seguridad respecto al cable de:

$$C_s = \frac{Q}{T} = \frac{8,940}{200} = 44,7 \text{ Kg}$$

Como vemos, no habrá nunca problema con la tensión mecánica, puesto que el cable soporta con holgura dicha tensión.

El conductor estará sometido a un peso de:

$$P = 1,463 \text{ daN/m (calculado anteriormente)}$$

La temperatura de cálculo será de:

$$t = -5^\circ\text{C}$$

Con estos datos calcularemos la constante K:

$$K = -t_1 + \frac{a_r^2 * E * \omega^2 * S}{24 * t_1^2} = -200 + \frac{20^2 * 7300 * 1,463^2 * 281,1}{24 * 200^2} = 1630,04 \text{ kg}$$

La flecha correspondiente será de:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8T} = \frac{1,463 * 20^2}{8 * 200} = 0,37 \text{ m}$$

Una vez conocida la hipótesis más desfavorable y haciendo uso de la constante K hallada anteriormente, se calcularán el resto de las hipótesis marcadas por el reglamento.

### HIPÓTESIS FLECHA MÁXIMA (P+V a t=15°C)

Datos:

Peso:  $P_2 = 1,463 \text{ daN/m}$

Temperatura:  $\theta_2 = 15^\circ\text{C}$

Calculamos K, que como sólo depende de las condiciones iniciales no cambia:

$$K = 1630,04 \text{ kg}$$

Calculamos A:

$$A = \alpha * E * S * (\theta_2 - \theta_1) + K = 19,1 \cdot 10^{-6} * 7300 * 281,1 * (15 - (-5)) + 1630,04 = 2413,92 \text{ kg}$$

Calculamos B:

$$B = \frac{a_r^2 * E * \omega^2 * S}{24} = \frac{20^2 * 7300 * 1,463^2 * 281,1}{24} = 73201689,98 \text{ kg}^3$$

Con los parámetros calculados obtendremos la tensión en la ecuación del cambio de condiciones:

$$t_2^2 * (t_2 + A) = B \quad t_2 = 168,37$$

Con la tensión obtenida calcularemos la flecha resultante:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8T} = \frac{1,463 * 20^2}{8 * 168,37} = 0,434 \text{ m}$$

**HIPÓTESIS FLECHA MÁXIMA (P a t=50°C)**

Datos:

Peso:  $P_2=0,975$  daN/m

Temperatura:  $\theta_2=50^\circ\text{C}$

Calculamos K, que como sólo depende de las condiciones iniciales no cambia:

$$K= 1630,04 \text{ kg}$$

Calculamos A:

$$A=\alpha \cdot E \cdot S \cdot (\theta_2 - \theta_1) + K = 19,1 \cdot 10^{-6} \cdot 7300 \cdot 281,1 \cdot (50 - (-5)) + 1630,04 = 3785,7 \text{ kg}$$

Calculamos B:

$$B = \frac{a_r^2 \cdot E \cdot \omega^2 \cdot S}{24} = \frac{20^2 \cdot 7300 \cdot 0,975^2 \cdot 281,1}{24} = 32511850,31 \text{ kg}^3$$

Con los parámetros calculados obtendremos la tensión en la ecuación del cambio de condiciones:

$$t_2^2 \cdot (t_2 + A) = B \quad t_2 = 91,57 \text{ kg}$$

Con la tensión obtenida calcularemos la flecha resultante:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{8 \cdot T} = \frac{0,975 \cdot 20^2}{8 \cdot 91,57} = 0,532 \text{ m}$$

Por lo tanto la máxima flecha será de 0,532 metros, que se da en la hipótesis de peso a 50°C

**2.7.4. Resumen**

En la siguiente tabla se muestran el resumen con los datos obtenidos en el cálculo anterior.

VANO (metros)	CONDUCTOR	Tensión máxima (kg)	Flecha máxima (metros)
46	HALCÓN	200	1,66
18			0,532

Tabla 15: Resumen tracciones y flechas máximas

## 2.8. DISTANCIAS

Según el Reglamento sobre Centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, se establecerán unas distancias mínimas de seguridad entre los diferentes elementos y las diferentes partes que forman la S.E.T.

### **2.8.1. Pasillos de servicio**

La anchura de los pasillos de servicio, según MIE-RAT 14, tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos:

- **Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado: 1 m.**
- **Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados: 1.2 m.**
- **Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado: 0.8 m.**
- **Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados: 1 m.**

En nuestra S.E.T. se dejará siempre pasillos de dos metros de anchura, habiendo elementos en tensión a uno, o ambos lados. Con esta distancia cumpliremos con el reglamento, para todos los niveles de tensión.

### **2.8.2. Altura mínima sobre el terreno de los elementos en tensión sobre los pasillos**

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima “h” sobre el suelo medida en centímetros, igual a:

$$h=250+d$$

Siendo “d” el valor correspondiente de la siguiente tabla:

<b>Tensión nominal de la instalación KV ≤</b>	20	30	45	66	110	132	220
<b>“d” en centímetros</b>	20	27	38	57	95	110	185

Tabla 16: distancia “d”

### NIVEL 220 KV

$$d=185 \text{ cm}$$

$$h=250+185=435 \text{ cm}$$

Para el nivel de 220 kV se respetará una altura mínima no inferior a 5 metros, cumpliendo de esta manera el Reglamento y estando de cara a la seguridad.



### **NIVEL 132 kV**

$$d=110 \text{ cm}$$

$$h=250+185=360 \text{ cm}$$

Para el nivel de 220 kV se respetará una altura mínima no inferior a 4 metros, cumpliendo de esta manera el Reglamento y estando de cara a la seguridad.

En las zonas accesibles, cualquier elemento en tensión estará situado a una altura mínima sobre el suelo de 230 cm. En el caso en que dicha altura sea menor de 230 cm será necesario establecer sistemas de protección. A estos efectos se considerará en tensión la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte, si éste se encuentra puesto a tierra.

### **2.8.3. Distancia desde el exterior del recinto de la S.E.T.**

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, que a continuación se indican:

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura  $K < 250 + d$  (cm).

$$F = d + 100$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura  $K \geq 250 + d$  (cm)

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura  $K \geq 220$  (cm)

$$G = d + 150$$

En la S.E.T. se colocará a lo largo del todo el perímetro un enrejado metálico de altura igual a 2,5 metros, por lo que la distancia del exterior del recinto a la S.E.T. quedará definida de la siguiente manera:

### **NIVEL 220 kV**

$$d=185 \text{ cm}$$

$$G=185+150=335 \text{ cm}$$

### **NIVEL 132 kV**

$$d=110 \text{ cm}$$

$$G=110+150=260 \text{ cm}$$

En todo el perímetro se respetará una distancia de 4 metros, cumpliendo así para ambos niveles de tensión y asegurando una mayor seguridad desde contactos accidentales desde el exterior.

#### **2.8.4. Distancia de los elementos en tensión hasta el edificio**

Para las zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación, los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetará en toda la zona comprendida entre el suelo y una altura mínima de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresada en centímetros, serán:

- De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B= d + 3$$

- De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C= d + 10$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E= d + 30, \text{ con un mínimo de } 80 \text{ cm.}$$

#### **NIVEL 220 kV**

$$d=185 \text{ cm}$$

$$B=185+3=188 \text{ cm}$$

#### **NIVEL 132 kV**

$$d=110 \text{ cm}$$

$$B=110+3=113 \text{ cm}$$

Por motivos de seguridad y comodidad, no se dejará una distancia menor a 4 metros entre el edificio de obra civil y los elementos en tensión de la subestación, cumpliendo así de manera holgada el reglamento.

### 2.8.5. Distancia de los conductores al terreno

Según el reglamento de Líneas de Alta Tensión la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su flecha máxima vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

$$H=5,5+1,2 \text{ cm/kV metros, con un mínimo de 6 metros.}$$

#### NIVEL 220 kV

$$H=5,5+1,2 \cdot 245/100= 8,44 \text{ m}$$

A esta distancia se le sumaría la flecha máxima de 1,66 metros, lo que quedaría una altura mínima de:

$$H= 10,1 \text{ m}$$

#### NIVEL 132 kV

$$H=5,3+1,2 \cdot 145/100= 7,04 \text{ m}$$

A esta distancia se le sumaría la flecha máxima de 0,572 metros, lo que quedaría una altura mínima de:

$$H= 7,572 \text{ m}$$

Una vez calculado los mínimos, ENDESA exige unas distancias para cada nivel de tensión nunca inferior a éstos calculados. Estas distancias son las siguientes para cada nivel:

#### NIVEL 220 kV

Nivel 1	11 m.	Barras generales.
Nivel 2	14,5 m.	Barras transformador, cables inferiores de by-pass.
Nivel 3	17,5 m.	Nivel superior de by-pass, entrada de líneas.
Nivel 4	21 m.	Malla superior de protección.

#### NIVEL 132 kV

Nivel 1	8 m.	Barras generales.
Nivel 2	11 m.	Barras transformador, cables inferiores de by-pass.
Nivel 3	14,5 m.	Nivel superior de by-pass, entrada de líneas.
Nivel 4	17,5 m.	Malla superior de protección.

### 2.8.6. Distancia de los conductores entre sí, y éstos a los apoyos

Según el Reglamento de Líneas aéreas de alta tensión, las distancias de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas a la fuerza del viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores se determinará por la fórmula siguiente:

$$D=K*\sqrt{F+L}+K'*D_{pp}$$

En la cual:

- D: Separación entre conductores en metros
- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento. Se tomará 0,7 por ser el caso más desfavorable.
- F: flecha máxima en metros.
- L: longitud en metros de la cadena de suspensión
- K': coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea, K'=0,85 para líneas de categoría especial y K'=0,75 para el resto de líneas.
- D<sub>pp</sub>: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente rápido o lento. Los valores de D<sub>pp</sub> se indican en la siguiente tabla, en función de la tensión más elevada de la línea.

Tensión más elevada de la red U <sub>m</sub> (kV)	D <sub>el</sub> (m)	D <sub>pp</sub> (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
<b>145</b>	<b>1,20</b>	<b>1,40</b>
170	1,30	1,50
<b>245</b>	<b>1,70</b>	<b>2,00</b>
420	2,80	3,20

Tabla 17: Distancias de aislamiento para evitar descargas

A continuación se calculará la distancia mínima de los conductores entre sí para los niveles de 220 kV y 132 kV, puesto que para el nivel de 20 kV no hay embarrados en la parte exterior.

### NIVEL 220 kV

$$K=0,7$$

$$\text{Flecha máxima} = 1,66 \text{ m}$$

$$L = 2,4 \text{ m}$$

$$K' = 0,75$$

$$D_{pp} = 2,00 \text{ m}$$

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp} = 0,7 * \sqrt{1,66 + 2,4} + 0,75 * 2 = 2,91 \text{ m}$$

Para este nivel dejaremos una distancia igual a 3,4 metros, respetando así el mínimo exigido y estando de cara a la seguridad.

### NIVEL 132 kV

$$K=0,7$$

$$\text{Flecha máxima} = 0,572 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$K' = 0,75$$

$$D_{pp} = 1,4 \text{ m}$$

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp} = 0,7 * \sqrt{0,572 + 1,5} + 0,75 * 1,4 = 2,06 \text{ m}$$

Para este nivel dejaremos una distancia igual a 2,5 metros, respetando así el mínimo exigido y estando de cara a la seguridad.

Mientras, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios no será nunca inferior a:

$$0,1 + \frac{U_{elevada}}{150} \text{ metros}$$

### NIVEL 220 kV

$$\frac{U_{elevada}}{150} = \frac{245}{150} = 1,64 \text{ m}$$

$$0,1 + 1,64 = 1,74 \text{ m}$$

Como la longitud de la cadena de aisladores es 2,4 metros, cumplimos con holgura el reglamento.

## NIVEL 132 kV

$$\frac{U_{elevada}}{150} = \frac{145}{150} \approx 1 \text{ m}$$
$$0,1+1= 1,1 \text{ m}$$

Como la longitud de la cadena de aisladores es 1,5 metros, cumplimos con holgura el reglamento.

## **2.8.7. Distancias y normas de seguridad para instalación interior**

### **2.8.7.1. Inaccessibilidad**

Los edificios o locales destinados a alojar en su interior a instalaciones de alta tensión deberán disponerse de forma que queden cerrados de tal manera que se impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

Las puertas de acceso al recinto en que estén situados los equipos de alta tensión y se usen para el paso del personal de servicio, serán en general abatibles y abrirán siempre hacia el exterior del recinto. Cuando estas puertas abran sobre caminos públicos, deberán poder abatirse sobre el muro exterior de fachadas.

Se admitirá el empleo en tales recintos de otro tipo de puertas, siempre que puedan quedar abiertas mientras exista en el interior personal de servicio. En estos casos, deberán existir en tales entradas unas protecciones que sean fácilmente franqueables desde el interior y que dificulten el acceso desde el exterior.

### **2.8.7.2. Pasos y accesos**

Todos los lugares de paso tales como salas, pasillos, escaleras, rampas, salidas, etc., deben ser de dimensiones y trazado adecuados y correctamente señalizados y deben estar dispuestos de forma que su tránsito sea cómodo y seguro y no se vea impedido por la apertura de puertas o ventanas o por la presencia de objetos que puedan suponer riesgos o que dificulten la salida en casos de emergencia.

En las proximidades de elementos con tensión o de máquinas en movimiento no protegidas se prohíbe el uso de pavimentos deslizantes.

Los recintos donde existan instalaciones de alta tensión dispondrán de puerta o puertas o salidas, del tal forma que su acceso sea lo más corto y directo posible. Si las características geométricas de dicho recinto lo hacen necesario, se dispondrá de más de una puerta de salida. Para salidas de emergencia se admite el uso de barras de deslizamiento, escaleras de pates u otros sistemas similares, siempre que su instalación sea de otro tipo fijo,

En los centros de transformación sin personal permanente para su servicio de maniobra no será necesario disponer de más de una puerta de salida.

El acceso a las máquinas y aparatos principales deberá ser fácil y permitirá colocarlos y retirarlos sin entorpecimiento, exigiéndose la existencia de dispositivos instalados o rápidamente instalables que, en el caso de aparatos pesados, permitan su desplazamiento para su revisión, reparación o sustitución.

### 2.8.8. Alturas de los soportes

Toda la aparatación de Alta Tensión irá colocada en unos soportes de celosía los cuales les proporcionarán la altura necesaria para cumplimentar las distancias que se exponen con el reglamento. Debido a que la aparatación tiene distintas medidas y dimensiones, habrá que calcular todos y cada uno de los soportes individualmente.

Parte de la aparatación ya viene provista de soporte de celosía, el cual será proporcionado por el fabricante contratado, por lo tanto aunque se realizará el cálculo mínimo, no se incluirá en el presupuesto.

Para la realización del cálculo y teniendo en cuenta que la distancia mínima entre elementos en tensión y los pasillos según el apartado **2.8.2. Altura mínima sobre el terreno de los elementos en tensión sobre los pasillos** del ANEXO DE CÁLCULOS es de:

$$h = 250 + d$$

se procederá de la siguiente manera:

$$\text{altura soporte} = \text{altura mínima} - \text{altura de la aparatación}$$

donde:

altura soporte: altura en estudio del soporte de celosía

altura mínima:  $h = 250 + d$  (apartado **2.8.2.**)

altura aparatación: altura hasta un elemento en tensión en la aparatación

Todas las medidas se especificarán en milímetros

#### 2.8.8.1. Nivel 220 kV

##### Disyuntor

$$h_{\text{soporte}} = 5.000 - 1.220 = 3.780 \text{ mm}$$

##### Seccionador

$$h_{\text{soporte}} = 5.000 - 2.560 = 2.440 \text{ mm}$$

## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

### **Autoválvula**

$$h_{\text{soporte}} = 5.000 - 1.800 = 3.200 \text{ mm}$$

### **Transformador de intensidad**

$$h_{\text{soporte}} = 5.000 - 2.500 = 2.500 \text{ mm}$$

### **Transformador de tensión**

$$h_{\text{soporte}} = 5.000 - 3.210 = 1.790 \text{ mm}$$

## **2.8.8.2. Nivel 132 kV**

### **Disyuntor**

$$h_{\text{soporte}} = 4.000 - 1.220 = 2.780 \text{ mm}$$

### **Seccionador**

$$h_{\text{soporte}} = 4.000 - 1.875 = 2.125 \text{ mm}$$

### **Autoválvula**

$$h_{\text{soporte}} = 4.000 - 1.268 = 2.732 \text{ mm}$$

### **Transformador de intensidad**

$$h_{\text{soporte}} = 4.000 - 2.095 = 1.905 \text{ mm}$$

### **Transformador de tensión**

$$h_{\text{soporte}} = 4.000 - 2.105 = 1.895 \text{ mm}$$

## **2.9. CIMENTACIONES**

Para todas las cimentaciones que necesitarán las torres que sujetarán las vigas de embarrados, se acudirá a catálogos de fabricantes homologados los cuales junto con las torres indicarán el tamaño de la cimentación, tanto como los cálculos justificativos.

De la misma manera sucederá para las cimentaciones que necesitarán las estructuras de la aparatada de alta tensión, la cual se escogerá de fabricante homologado.

De esta manera estaremos siempre en cumplimiento del Reglamento de Alta Tensión, Reglamento de Centrales y Subestaciones y de las recomendaciones del grupo ENDESA.



## **2.10. RED DE TIERRAS**

El diseño del sistema de puesta a tierra está sometido al cumplimiento de la Instrucción MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, además de las normativas que impone el Grupo ENDESA.

### **2.10.1. Parámetros**

Los parámetros más significativos en el diseño de la puesta a tierra de una instalación son los siguientes:

- Resistividad del terreno
- Resistividad superficial
- Tiempo de duración del defecto
- Geometría de la red de tierras
- Resistencia de la red de tierras
- Corriente de defecto a tierra
- Corriente de puesta a tierra
- Tensiones de paso y contacto

#### **2.10.1.1. Resistividad del terreno**

Para diseñar correctamente una red de tierras, es necesario determinar la resistividad del terreno ya que a partir de ella, se podrá calcular la resistencia de la red de tierras y las tensiones de paso y contacto.

Para ello, se realizarán medidas de la resistividad del terreno que permitan conocer las variaciones de la misma tanto en la superficie como en la profundidad.

Para las mediciones de la resistividad se utilizará el método Wenner de los cuatro electrodos y se realizarán para una distancia de electrodos (equivalente a profundidad) de 1, 3, 5, 10, 15 y 20 metros en diferentes zonas del terreno.

Los resultados de las mediciones realizadas in situ, de la S.E.T. objeto del presente proyecto han dado como resultado una resistividad de 150  $\Omega/m$ .

#### **2.10.1.2. Resistividad superficial**

El terreno de la Subestación estará cubierto con una capa de grava con un espesor mínimo de 10 cm, en aquellas zonas donde no existen viales.

Esta capa superficial aumenta la resistencia de contacto de los pies con el suelo y por tanto disminuye la tensión de paso y contacto aplicada al cuerpo humano.

La resistividad de la capa superficial se considerará de los valores siguientes: 3000  $\Omega/m$  según normativa de ENDESA.

El valor de esta resistividad variará en función del espesor de la capa superficial y de la resistividad existente en el terreno natural. El coeficiente reductor que se aplicará para obtener el valor de la resistividad de la capa superior se obtendrá de la expresión:

$$C \approx 1 - 0,106 \left( \frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2h_s + 0,106} \right)$$

Siendo:

C	Coficiente reductor de la resistividad de la capa superficial
$h_s$	Espesor de la capa superficial (0,1m)
$\rho_s$	Resistividad de la capa superficial (3000 $\Omega/m$ )
$\rho$	Resistividad del terreno natural (150 $\Omega/m$ )

Por lo tanto, el coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial quedará:

$$C \approx 1 - 0,106 \left( \frac{1 - \frac{150}{3000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106} \right) = 0,6709$$

Finalmente, aplicando el coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial, ésta quedará de la siguiente manera:

$$\rho_s = 3000 \cdot 0,6709 = 2.014,75 \Omega/m$$

### 2.10.1.3. Tiempo de duración del defecto

A efectos de los cálculos de las tensiones de paso y de contacto, se establece un tiempo de duración de defecto de ( $t \geq 0,5$  s), que si bien es superior al tiempo habitual de actuación de las protecciones de AT, se toma dicho valor a favor de la seguridad.

En las instalaciones con reenganche automático rápido, la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto no será superior a 0,5 segundos, lo que hace innecesario considerar como tiempo de duración del defecto, en la fórmula de la tensión máxima de contacto aplicada al cuerpo humano, la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de esta corriente de defecto (MIE-RAT 13)

De acuerdo con el apartado 3.1 de la Instrucción MIE-RAT 13, a efectos de dimensionamiento de las secciones de los conductores de la red de tierras y derivaciones, el tiempo mínimo a considerar para la duración del defecto a la frecuencia de la red, será de ( $t = 1$  s) y no podrá superarse la densidad de  $160 \text{ A/mm}^2$ , para los conductores de cobre.

#### 2.10.1.4. Determinación de las intensidades de defecto para el cálculo de las tensiones de paso y contacto

Para el cálculo de las intensidades de defecto y puesta a tierra, se ha de tener en cuenta la forma de conexión del neutro a tierra, así como la configuración y características de la red durante su período subtransitorio.

Para dicho cálculo se considerará el caso más desfavorable que se puede producir en la S.E.T.

$$I_{\max}=39 \text{ kA}$$

A esta corriente hay que multiplicarla por un factor de corrección, el cual según el apartado 5 de la MIE-RAT 13 para instalaciones con neutro rígido a tierra con una tensión nominal superior a 100 kV, se tomará 0,7.

$$I_d= 39 \cdot 0,7=27,3 \text{ kA}$$

#### 2.10.1.5. Geometría de la red de tierras

La red general de tierras estará constituida por conductor de cobre desnudo enterrado a 0,8 m de profundidad y con una sección mínima para los siguientes niveles de tensión de acuerdo con los valores indicados a continuación (valores recomendados por ENDESA):

Tensión asignada (kV)	Sección Cu ( $\text{mm}^2$ )
220	120
110-132	95
66-55	70
45	70

Tabla 18: secciones de los cables desnudos de tierra

Con el fin de unificar valores en la Subestación, se tomará para toda la superficie el valor de  $120 \text{ mm}^2$  de Cu.

Estos valores deben superar el valor mínimo indicado por la fórmula recogida en la Standard 80 IEEE:

$$A = \frac{I \cdot \sqrt{tc \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 1000}}{\sqrt{TCAP \cdot Ln \left( \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

Siendo:

A	Sección mínima en mm <sup>2</sup>
tc(s)	Tiempo de duración de la falta. Este tiempo no tiene que coincidir con tf, suele ser tc>tf, porque para dimensionar la malla conviene aplicar un criterio conservador, normalmente se considera 1 segundo.
$\alpha_0$	Coefficiente térmico de resistividad a 0°C. 0,00427 °C
$\alpha_r$	Coefficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia 0,00397 °C
$K_0$	$K_0=1/ \alpha_0$
$\rho_r$	Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia 1,72 $\Omega/cm^2$
TCAP	Factor de capacidad térmica para el Cu 3,42 J/cm <sup>3</sup> ·°C
Tm	Temperatura máxima permisible, en °C, se considera 200 °C
Ta	Temperatura ambiente, en °C, se considera 25 °C
I	Intensidad máxima hacia la red de tierras en valor eficaz kA

Por lo tanto la expresión anterior da un resultado de:

$$A=77,18 \text{ mm}^2$$

Como podemos comprobar esta muy por debajo de los 120 mm<sup>2</sup> colocados en la S.E.T., luego cumplimos con el reglamento tanto como con la normativa ENDESA.

La red de tierras estará formada por una serie de conductores paralelos separados a una distancia que vendrá definida por la disposición física de las fundaciones de los equipos de la instalación de AT tipo exterior, que se unirán con otros transversales a fin de formar una red general lo mas regular posible. Todas las uniones entre conductores se realizarán mediante soldadura exotérmica.

Para obtener valores admisibles de las tensiones de contacto desde el exterior de la valla metálica de la Subestación, la red general de tierras se extenderá hasta 1 metro por fuera de la valla exterior de la Subestación.

La S.E.T. objeto de estudio del presente proyecto, consta de una superficie de 90 x 140 metros en la cual se colocará una cuadrícula de 4 x 4 metros.

### 2.10.1.6. Resistencia de la red de tierras

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma y dimensiones y de la resistividad del suelo, se calculará de acuerdo a la tabla 2 del apartado 4.2. en la MIE-

RAT 13. Debido a la disposición en forma de malla, la resistencia medida en ohmios, quedará de la siguiente manera:

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

Siendo:

- R resistencia de tierra del electrodo en  $\Omega$
- $\rho$  resistividad del terreno en  $\Omega/m$
- L longitud en metros de la longitud total de los conductores enterrados
- R radio en metros de un círculo de la misma superficie del área cubierta por la malla

### Cálculo de $\rho$

Como ya se ha calculado por el método Wenner, la resistividad del terreno es de 150  $\Omega/m$ .

### Cálculo de L

Como ya se ha mencionado, las dimensiones de la subestación son de 90 x 140 metros, y teniendo en cuenta que hay que dejar un metro por cada lado, la dimensión quedará: 92 x 142 metros. La retícula tendrá un tamaño de 4 x 4 metros, luego la longitud de los conductores será la siguiente:

- 24 conductores desnudos de 142 metros
- 36 conductores desnudos de 92 metros

Como la longitud L es la suma de todos los conductores enterrados:

$$L = 23 \cdot 142 + 36 \cdot 92 = 6720m$$

### Cálculo de r

La malla forma una retícula de 92 x 142 metros, luego calcularemos el radio de un círculo equivalente a la superficie de la malla.

$$\pi \cdot r^2 = a \cdot b \rightarrow r = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}}$$

Siendo:

- a: 92 metros
- b: 142 metros

$$r = \sqrt{\frac{92 \cdot 142}{\pi}} = 64,486 \text{ m}$$

Con todos los parámetros obtenidos, la resistencia de tierra, formada por una malla de retícula de 4 x 4 se calculará de la siguiente manera:

$$R = \frac{150}{4 \cdot 64,486} + \frac{150}{6720} = 0,604 \Omega$$

### 2.10.1.7. Tensiones de paso y contacto admisibles

Según recoge el apartado 1.1. de la MIE-RAT 13, las tensiones de paso y contacto máximas aplicables al cuerpo humano se calcularán de la siguiente manera:

$$\text{Tensión de paso: } V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000} \right) (\text{V})$$

$$\text{Tensión de contacto: } V_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right) (\text{V})$$

Siendo:

- t Duración de la falta, en segundos (se considera 0,5s)
- K K=78,5 y n=0,18 para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos. K=72 y n=1 para tiempos inferiores a 0,9 segundos.
- $\rho_s$  Resistividad del terreno

Deberán verificarse las siguientes tensiones desde el interior y el exterior de la valla:

Interior

- Tensión de contacto admisible; con recubrimiento superficial de grava.
- Tensión de paso admisible; con recubrimiento superficial de grava.

Exterior

- Tensión de paso admisible; sin recubrimiento de grava

De acuerdo con lo anterior expuesto, el cálculo de las tensiones de paso y contacto quedará:

Interior

$$V_p = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \left( 1 + \frac{6 \cdot 2014,75}{1000} \right) = 18.847,44 \text{ V}$$

$$V_c = \frac{72}{0,5^1} \left( 1 + \frac{1,5 \cdot 2014,75}{1000} \right) = 579,19 \text{ V}$$

Exterior

$$V_p = \frac{10 \cdot 72}{0,5^1} \left( 1 + \frac{6 \cdot 150}{1000} \right) = 2736 \text{ V}$$

### 2.10.1.8. Tensiones de paso y contacto reales

Las tensiones de paso y contacto reales han de medirse una vez instalada la malla de tierra. Una vez medidas han de ser siempre menores a las admisibles. Si no cumplieran habría que tomar medidas correctivas, como aumentar la capa superficial de grava, colocar asfalto, sales en el terreno, etc. Una vez que cumplimentaran todos los valores se daría por finalizada la instalación de tierra, asegurando un correcto funcionamiento así como una correcta seguridad a las personas, bienes e instalaciones eléctricas.

### 2.10.2. Resistencia de puesta a tierra del transformador de SS.AA.

Como ya se ha comentado, el neutro del transformador de los SS.AA. tiene que ir aislado de la tierra de la Subestación. Para ello se utilizarán 6 picas enterradas en el suelo a una distancia mínima de 20 metros de la malla de tierras, cumpliendo así con la MIE-RAT 13 y normativas de ENDESA.

Para el cálculo de la resistencia de empleará la siguiente expresión, según normas UNE:

$$R = \frac{1}{n} \left[ 0,96 \cdot \frac{\rho}{L} + \frac{\rho}{D} \left( \frac{1}{2} + \dots + \frac{1}{2(n-1)} \right) \right]$$

Siendo:

- n      número de picas; n=6
- $\rho$     resistividad del terreno;  $\rho=150 \text{ } \Omega/\text{m}$
- L      longitud de las picas; L=4m
- D      distancia entre picas; D=5m

Por lo tanto la fórmula quedará de la siguiente manera:

$$R = \frac{1}{6} \left[ 0,96 \cdot \frac{150}{4} + \frac{150}{5} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{12} \right) \right] = 14,6 \text{ } \Omega$$

Se considerará una tierra aceptable siempre y cuando bajemos de los 15  $\Omega$ , luego cumplimos con Reglamento.

### 2.10.3. Justificación de la sección del hilo de guarda

El cálculo de la sección de los electrodos de puesta a tierra y de los conductores de puesta a tierra depende del valor y la duración de la corriente de falta, por lo que tendrán una sección tal que puedan soportar, sin un calentamiento peligroso, la máxima corriente de fallo a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones de la línea. Para corrientes de falta que son interrumpidas en menos de 5 segundos, se podrá contemplar un aumento de temperatura adiabático. La temperatura final deberá ser elegida con arreglo al material del electrodo o conductor de puesta a tierra y alrededores del entorno.

La función de los hilos de guarda es la de salvaguardar la instalación y las personas frente a sobreintensidades provocadas por efectos atmosféricos. Estos efectos atmosféricos, o rayos, serán de una intensidad de cortocircuito máxima de 10 kA, en una forma de onda tipo 1,2/50  $\mu$ s .

Con lo antes mencionado, se calculará la sección mínima con la siguiente expresión:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Siendo:

- $I_{cc}$  Corriente de cortocircuito máxima (10 kA)
- $S$  Sección del conductor, en  $\text{mm}^2$
- $K$  Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y al final del cortocircuito. Según la MIE-RAT 13, los valores de  $K$  para una temperatura final de la línea de puesta a tierra de 200°C – 300°C son los siguientes:
  - $K=160 - 192 \text{ A}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{mm}^{-2}$  para cobre
  - $K= 60 - 72 \text{ A}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{mm}^{-2}$  para acero
- $t_{cc}$  Duración del cortocircuito, en segundos, (por recomendación ENDESA, se pondrá el doble de actuación de los relés, normalmente 0,5 s).

$$S_{\min}=10.000 \cdot \sqrt{0,6} / 160 = 48,41 \text{ mm}^2$$

Se tomarán 0,3 segundos como tiempo de respuesta de los relés, aun siendo este tiempo muy por encima del realmente utilizado en la subestación, de esta manera estaremos siempre de cara a la seguridad. En la subestación se colocará cable de 50  $\text{mm}^2$  de aluminio como hilos de guarda.



## **2.11. SERVICIOS AUXILIARES**

A continuación se mostrarán todos los circuitos alimentados a través del transformador de servicios auxiliares, así como los cálculos justificativos para cada uno de ellos, atendiendo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### **2.11.1. Circuitos**

- Alumbrado interior 1 (AL1)
- Alumbrado interior 2 (AL2)
- Alumbrado exterior 1 (AL3)
- Alumbrado exterior 2 (AL4)
- Alumbrado exterior emergencias (AL5)
- Alumbrado edificio (AL6)
- Alumbrado de emergencia (AL7)
- Tomas schucko (T1)
- Baterías de corriente continua (B1)

A continuación se describirá cada una de las líneas, atendiendo a sus características y finalidad:

- Alumbrado interior1 (AL1): Tubos fluorescentes que se colocarán en el interior del edificio de obra civil. Serán tubos estancos para asegurar un correcto grado de protección, y servirán para dar una luminosidad uniforme y homogénea dentro del edificio, para poder trabajar dentro de él.

- Alumbrado interior 2 (AL2): Idéntico al anterior. Por recomendación del grupo ENDESA se distribuirá en dos circuitos la instalación interior de alumbrado.

- Alumbrado exterior 1 (AL3): Focos halógenos que servirán como medida de seguridad en la subestación. Su finalidad no es la de alumbrar homogéneamente si no de permitir una visibilidad aceptable por motivo de cualquier situación anómala en la subestación.

- Alumbrado exterior 2 (AL4): Circuito idéntico al Alumbrado exterior 1, que por potencia y superficie se dividen en dos circuitos de iguales características, tanto eléctricas como físicas.

- Alumbrado exterior emergencias (AL5): Este circuito normalmente estará desconectado, y servirá para que en el caso de necesidad de que un operario efectúe cualquier maniobra de mantenimiento o por otra causa de necesidad de una mayor visibilidad.

- Alumbrado edificio (AL6): Focos halógenos que se colocarán en la fachada del edificio de obra civil con la finalidad de que éste quede iluminado. Se pretende con este circuito dar la suficiente iluminación para el caso de una emergencia, se pueda acceder de manera segura al interior del edificio.

- Alumbrado de emergencia (AL7): En el interior del edificio se colocarán tubos fluorescentes de emergencia, alimentados a través de unas baterías, lo que permitirá una iluminación de seguridad en caso de corte de luz.

- Tomas schucko (T1): Se colocarán en el interior del edificio con la finalidad de dar servicio a posibles aparatos o elementos que normalmente no están situados en la Subestación, pero que de manera esporádica han de ser conectados. Se colocarán varias tomas, no por su uso, y sí por aumentar la funcionalidad del edificio.

- Baterías de corriente continua (B1): Este circuito es el encargado de alimentar las baterías de corriente continua, que dan servicio al mando y protecciones de la subestación.

### **2.11.2. Línea de alimentación**

Dado que la suma de todos los receptores, calculado en el apartado siguiente, es de  $\approx 24\text{kV}$  se instalará un transformador de 50 kVA para Servicios Auxiliares, dando así servicio de forma holgada a la instalación.

Los servicios auxiliares estarán alimentados por un transformador seco, para instalación interior, colocado en un enrejado, el cual cumple con normativas de distancias y conectado a tierra, en el interior del edificio, tal como se muestra en el plano

#### **24.ESQUEMA EDIFICIO OBRA CIVIL.**

El secundario del transformador estará conectado en estrella para poder extraer el neutro y obtener así dos tensiones, 400 y 230 V.

El primario del transformador estará conectado al embarrado de 20 kV (decir que salida es), mediante una celda de línea tipo CPG.1-V2 del fabricante ORMAZABAL con los seccionadores y un interruptor automático, como el descrito en el apartado de celdas de media tensión.

#### **Esquema unifilar**

El esquema unifilar de los servicios auxiliares se representa en el plano y posee las siguientes líneas:

<b>Línea</b>	<b>Nombre</b>
Alimentación transformador (20 kV)	SSAA
Línea general	LG
Alumbrado interior 1	AL1
Alimentación interior 2	AL2
Alumbrado exterior 1	AL3
Alumbrado exterior 2	AL4
Alumbrado exterior Emergencias	AL5
Alumbrado edificio	AL6
Alumbrado de emergencia	AL7

Tomas schucko	T1
Baterías de corriente continua	B1

Tabla 19: líneas SSAA

Potencia de cada circuito

**Alumbrado interior**

- 15 pantallas halógenos de 2 x 36
- Fdp: 0,9
- Factor de corrección: 1,8

Potencia:  $P=15 \times 36 \times 2 \times 1,8=1944W$

**Alumbrado exterior 1**

- 5 focos halógenos de 250W
- Fdp: 0,9
- Factor de corrección: 1,8

Potencia:  $P=5 \times 250 \times 1,8=2250W$

**Alumbrado exterior 2**

- 5 focos halógenos de 250W
- Fdp: 0,9
- Factor de corrección: 1,8

Potencia:  $P=5 \times 250 \times 1,8=2250W$

**Alumbrado exterior Emergencias**

- 8 focos halógenos de 250W
- Fdp: 0,9
- Factor de corrección: 1,8

Potencia:  $P=8 \times 250 \times 1,8=3600W$

**Alumbrado edificio**

- 5 focos halógenos de 250W
- Fdp: 0,9
- Factor de corrección: 1,8

## PFC Subestación 220/132/20 kV

Potencia:  $P=5 \times 250 \times 1,8=2250W$

### Emergencias

- 6 tubos halógenos de 18W
- Fdp: 1 (se alimentan de baterías)
- Factor de corrección: 1,8
  
- Potencia =  $6 \times 18 \times 1,8=194,4W$

### Tomas schucko

- Potencia = 3680W

### Baterías de corriente continua

- Intensidad nominal del rectificador: 30 A
- Número de rectificadores: 2
- Potencia =  $2 \cdot 125 \cdot 30 = 7500W$

### POTENCIA TOTAL

$$1944+2250+2250+3600+2250+194,46+3680+7500 = 23.668,4 W$$

La potencia total asciende a  $\approx 25$  kVA por lo que se instalará un transformador de una potencia de 50 kVA. De esta manera el transformador estará sobredimensionado y podrá admitir en un futuro posibles ampliaciones necesarias.

### 2.11.3. Transformador de Servicios auxiliares

Para dar servicio a todos los elementos que componen la instalación de servicios auxiliares en Baja Tensión, se instalará un transformador de tipo seco de fabricante ORMAZÁBAL con las siguientes características:

Potencia:	50 kVA
Refrigeración:	Seco
Tensión de aislamiento:	24 kV
Tensión primaria:	20kV
Tensión secundaria:	420 V en vacío (B1)
Grupo de conexión:	Yzn11
Tensión de cortocircuito:	4%
Regulación primaria:	$\pm 5\%$ , $\pm 2,5\%$

Medidas del enrejado metálico:

- Longitud: 1550mm
- Alto: 1400mm
- Profundidad: 810mm

Dicho transformador irá protegido en una cabina metálica conectada a tierra, la cual cumplirá distancias acorde al reglamento, y de esta manera quedará protegido mecánicamente el transformador.

El secundario del transformador estará conectado en estrella para poder extraer el neutro y obtener así dos tensiones, 400 y 230 V.

El primario del transformador estará conectado al embarrado de 20 kV (decir que salida es), mediante una celda de línea tipo CPG.1-V2 del fabricante ORMAZABAL con los seccionadores y un interruptor automático, como el descrito en el apartado de celdas de media tensión.

### **2.11.4. Conductores**

Con los datos calculados anteriormente, y atendiendo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el Reglamento de Alta tensión, se procederá al cálculo de los conductores empleados para los servicios auxiliares.

#### **2.11.4.1. Conductores de media:**

FABRICANTE: Pirelli  
 MODELO: AL VOLTALENE H 1x120 12/20 kV  
 Sección: 50 mm<sup>2</sup>  
 Diametro exterior: 36,8mm  
 Peso: 1600kg/km  
 Tensión de aislamiento: 24 kV  
 Resistencia eléctrica máxima a 20°C: 0,253 Ω/km  
 Resistencia a la frecuencia de 50 Hz: 0,321 Ω /km  
 Capacidad: 0,241 μF/Km  
 Carga máxima admisible: 280 A  
 Intensidad de cortocircuito: apartado 2.3. del Anexo de Cálculos

#### **2.11.4.2. Conductor de baja tensión**

Fabricante PIRELLI  
 Modelo: Pirelli Retenaz F RVFV 0,6/1kV  
 Conductor de seguridad Cero Halógenos

<b>Línea de Baja Tensión</b>	<b>Sección</b>
LG	4x10
AL1	2x1,5
AL2	2x1,5

AL3	2x2,5
AL4	2x2,5
AL5	2x4
AL6	2x1,5
AL7	2x1,5
T1	2x2,5
B1	4x2,5

Tabla 20: secciones de líneas de Baja Tensión

### 2.11.4.3. Cuadro de baja tensión

La línea general poseerá un contador trifásico de energía activa, protección magnetotérmica de 63 A y protección diferencial para todo el cuadro de 63 A, con una sensibilidad que por recomendación del grupo ENDESA es de 30 mA

Todas las protecciones y conexiones de las líneas secundarias se representan de forma clara y sencilla en el plano **25. CUADRO B.T.**

La capacidad de corte de todos los interruptores automáticos nunca será inferior a 15 kA, asegurando así un correcto grado de seguridad.

## 2.12. HILO DE GUARDA

Para proteger la subestación contra las descargas directas de los rayos se utilizan hilos de guarda de la misma sección que los que se usan en las líneas de transmisión cuando el nivel de isocerámico es medianamente alto, o simples astas sobre los postes cuando la probabilidad de rayos es muy reducida.

Los hilos de guarda en las subestaciones deben instalarse a una altura adecuada para proteger eficazmente los conductores y equipos bajo tensión. El ángulo efectivo de protección es 45° para un hilo de guarda y de 60° cuando se utilizan más de un cable de tierra.

Un sistema usado con cierta frecuencia para la determinación de la altura mínima de los hilos de tierra, a fin de asegurar una protección eficaz de los equipos, se basa en el método ideado por Langreh que supone que cuando el rayo se descarga hacia tierra y se encuentra a una altura igual al doble de la del hilo de guarda, la descarga se efectuará sobre éstos o sobre tierra, por ser los puntos más cercanos al rayo.

Los parámetros a tener en cuenta para el cálculo de la altura de los hilos de guarda son los siguientes:

- h altura de los conductores o del equipo a proteger.
- 2a el ancho de la celda.

- H altura mínima de los hilos de guarda o de los mástiles o astas de protección.

Utilizando dicho método de resolución se obtiene que:

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

El valor de H representa la altura mínima de los hilos de guarda para obtener una zona de protección adecuada.

Debido a que con la aplicación de esta fórmula se obtienen a veces distancias de separación insuficientes entre masa y partes conductoras de corriente, se fijan criterios para definir las distancias a observarse entre hilos de tierra y los conductores bajo tensión.

Para esta condición se ha de cumplir una altura mínima de H, expresada con la siguiente expresión:

$$H \geq 2d + h \quad \text{siendo} \quad h = 5,5 + \frac{1,2 \cdot U_{\max}}{100}$$

Es práctica normal establecer como condición de separación vertical de hilos de guarda a conductores o equipos portadores de corriente un valor igual al doble de la distancia mínima de partes bajo tensión respecto a masa.

De acuerdo a esa regla, las distancias mínimas que deben completarse se indican en el siguiente cuadro:

TENSIÓN DE SERVICIO (kV)	Separación (m)
33	0,75
66	1,45
115	2,30
<b>138</b>	<b>2,75</b>
<b>220</b>	<b>4,5</b>
380	7
500	9
700	13

Tabla 21: separaciones mínimas de los hilos de guarda

### 2.12.1. Método de cálculo

Con lo anterior expuesto se procederá a calcular la altura del hilo de guarda, distinguiendo dos niveles de tensión, de 220 kV y de 132 kV

### 2.12.1.1. Nivel de 220 kV

Para este nivel de tensión se tomará una anchura de celda “a” de 12 metros. La altura de los hilos de guarda se calculará con lo anterior expuesto con la siguiente expresión:

$$h = 5,5 + \frac{1,2 \cdot 245}{100} = 8,44 \text{ m}$$

$$H = \frac{4 \cdot 8,44 + \sqrt{16 \cdot 8,44^2 - 12(8,44^2 - 12^2)}}{6} = 13,1 \text{ m}$$

Comprobamos que cumple con la altura mínima, con “d” igual a 1,58 metros, según la Instrucción MIE-RAT 14:

$$H \geq 2 \cdot 1,58 + 8,44 = 12,14 \text{ m}$$

Como podemos ver la altura cumple con el reglamento, luego se instalará un Hilo de guarda a una altura no inferior a 13,1 metros.

### 2.12.1.2. Nivel de 132 kV

Para este nivel de tensión se tomará una anchura de celda “a” de 10 metros. La altura de los hilos de guarda se calculará con lo anterior expuesto con la siguiente expresión:

$$h = 5,5 + \frac{1,2 \cdot 145}{100} = 7,24 \text{ m}$$

$$H = \frac{4 \cdot 7,24 + \sqrt{16 \cdot 7,24^2 - 12(7,24^2 - 10^2)}}{6} = 11,08 \text{ m}$$

Comprobamos que cumple con la altura mínima, con “d” igual a 1,10 metros, según la Instrucción MIE-RAT 14:

$$H \geq 2 \cdot 1,10 + 7,24 = 9,44 \text{ m}$$

Como podemos ver la altura cumple con el reglamento, luego se instalará un Hilo de guarda a una altura no inferior a 11,08 metros.



## **2.13. BATERÍAS DE CORRIENTE CONTINUA**

### **2.13.1. Potencia consumida**

Para el cálculo de la potencia consumida por los motores y relés se tomarán los siguientes datos de la instalación:

Número de interruptores:

Alta tensión:	12
Media tensión:	11

Potencia consumida por los interruptores:

Alta tensión:	200
Baja tensión:	100

Consumo relés electrónicos de protección

Se considerará un consumo del conjunto de todos los relés de protección de 300W

Además de la potencia de consumo instalada en la subestación, hay que tener en consideración los siguientes datos de partida:

- Tensión de salida de la batería: 125 Vcc
- Número de maniobras a realizar: 3
- Tiempo de tensado de resortes para cada maniobra: 1 min

Con lo que partiendo de éstos primeros datos, estamos en disposición de realizar los cálculos justificativos para la elección de la batería de corriente continua:

- Potencia total de la instalación:

$$P = 12 \cdot 200 + 11 \cdot 100 + 300 = 3500 \text{ W}$$

- Tiempo que se tardaría en realizar las tres maniobras de todos los motores de la Subestación simultáneamente, el cual sería el caso más desfavorable posible:

$$t = 23 \text{ (motores)} \cdot 3 \text{ (maniobras)} \cdot 1 \text{ (min/maniobra)} = 69 \text{ min} = 1,15 \text{ h.}$$

- La intensidad de consumo será de:

$$I_c = \frac{3500}{125} = 28 \text{ A}$$

- Por lo que la capacidad de la batería para poder realizar las distintas maniobras de apertura y cierre con los interruptores será de:

$$Q = 28A \cdot 1,15h = 32,2A/h$$

### 2.13.1. Criterio de selección

Atendiendo al tipo de subestación se deberán instalar una o dos baterías con características diferentes. A continuación se muestra una tabla con las recomendaciones de ENDESA para los distintos tipos de subestación y sus consumos permanentes en Amperios:

Tipos de Subestación	Batería 1	Batería 2
Rural, 1ª etapa	5	-
Rural, etapa final	10	2
Semiurbana, 1ª etapa	6	2
Semiurbana, etapa final	12,5	2
Urbana, 1ª etapa	10	2
Urbana, etapa final	20	3

Tabla 22: Tipos de subestación y baterías

Debido a que la Subestación motivo de estudio se considera Semiurbana, y está en la 1ª etapa, se instalarán dos baterías de corriente continua de 6 y 2 amperios de consumo permanente respectivamente.

### 2.13.2. Agrupación de circuitos

Las cargas que deben alimentarse de los Servicios auxiliares de corriente continua, de acuerdo con los criterios funcionales, son:

- Circuitos de mando, indicación de posición y alarmas.
- Circuitos de Protección de Primer Nivel.
- Circuitos de Protección de Segundo Nivel.
- Circuitos de energía para los motores de los accionamientos eléctricos de la aparamenta.
- Circuitos de Comunicaciones y Telecontrol

Con el fin de asegurar la alimentación de todos los circuitos y poder dotar a todos los equipos de la Subestación que lo requieran de un doble circuito de fuente de alimentación de la protección (contacto de la protección y bobina de disparo), las cargas se repartirán entre dos distribuciones de corriente, denominadas Batería1 y Batería2, excepto para la primera etapa de la Subestación Rural, que dada su entidad, bastará con una sola distribución. A continuación se muestra la distribución que impone ENDESA para cada una de las baterías:

BATERÍA 1	BATERÍA 2
-----------	-----------

Protecciones Nivel 1 Circuitos de disparo 1 Mando de la subestación Alarmas e indicaciones de posición Telemando (RTU) Equipos de onda portadora	Protecciones Nivel 2 Circuitos de disparo 2 Motores de seccionadores Motores de tensado de resorte de interruptores
---	--

Tabla 23: Reparto de potencia entre Batería 1 y Batería 2

### 2.13.3. Módulo de alimentación

De acuerdo con las cargas del apartado anterior y con el fin de permitir el crecimiento de la instalación, se exige un módulo de alimentación capaz de suministrar permanentemente una intensidad de 7A durante el tiempo de emergencia.

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

### Tensión

- Tensión nominal  $U_n$ : 125V
- Tensión máxima:  $1,1U_n = 137,5V$
- Tensión mínima:  $0,85U_n = 106,25V$

### Batería

- 92 Elementos de placas de Ni-Cd abiertos
- Tensión de carga por elemento 1,495V
- Tensión de descarga por elemento 1,15V
- Capacidad nominal, en régimen de 5h: 100Ah

### Rectificador

- Alimentación: 3x400V; 50 Hz
- Intensidad nominal de salida: 30A
- Tensión de carga en flotación:  $1,4 \times 92 = 128,8V$
- Tensión de carga rápida:  $1,495 \times 92 = 137,5V$
- Sistema de fuente conmutada, peso y volumen reducidos.

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

### Contenedor

- Armario metálico de 2000x800x600mm, accesible desde el frente.

### Batería

- Elementos de vasos de plástico, distribuidos en tres niveles, con bandejas extraíbles para facilitar el mantenimiento.

### **Rectificador**

- Situado en la parte superior del contenedor, en rack normalizado de 19” y de 6 unidades de altura.

## **2.13.4. Prestaciones**

### **Energía disponible**

La energía disponible, que será capaz de entregar el equipo en caso de fallo de la corriente alterna, vendrá determinada por la energía almacenada en el proceso de carga y la que se podrá tomar en la descarga en función de la tensión final.

Según las curvas de carga-descarga para una batería de descarga media (5h), siendo C la capacidad nominal de esta batería:

- Energía cargada (acumulada):

Con una tensión por elemento de 1,495V durante 15h, la energía acumulada es de 0,88C.

- Energía descargada (cedida):

Con una tensión final por elemento de 1,15V, la energía cedida por la batería será de 95% de la energía acumulada.

Del total de la energía acumulada, la energía cedida durante la descarga es:

$$E_d = 0,88C \frac{95}{100} = 0,836C$$

### **Tiempo de emergencia**

Será el tiempo que, sin corriente alterna, el equipo podrá suministrar la intensidad de descarga de la Subestación, dentro de los límites de tensión establecidos, para C=100Ah.

$$I_p = \frac{E_d}{t} = \frac{83,6}{12} = 6,96 \text{ A}$$

Este tiempo se establece entre 10 y 12 horas, De ahí se deduce la intensidad que podrá suministrar el módulo durante este tiempo (t) de forma permanente:

El módulo podrá suministrar durante 12 horas, sin corriente alterna, una intensidad de 6,96 A.

Considerando una pérdida de capacidad por envejecimiento de la batería de alrededor de un 10% y fijando la intensidad de servicio permanente de 7A, para un módulo con una batería de 100Ah, el tiempo de emergencia quedará reducido a:

$$t = 0,90 \frac{83,6}{7} = 10,74\text{h}$$

Este tiempo está dentro de los márgenes establecidos de 10 a 12 horas, luego cumplirá los requisitos impuestos por ENDESA.

### **2.13.5. Esquemas**

La evolución de los Servicios Auxiliares de corriente continua en función del crecimiento de la Subestación determina la puesta en paralelo de tantos módulos de alimentación por casa distribución según la intensidad definida en el apartado 2.13.1.

La evolución del esquema de los Servicios Auxiliares se explica en el plano **25. CUADRO B.T.**

Las dos distribuciones de corriente: Batería 1 y Batería 2 podrán socorrerse mutuamente cerrando el seccionador de unión de barras (S1); de esta forma se facilitará el mantenimiento de los módulos de alimentación.

### **2.13.6. Garantía de emergencia**

Para la tipología de Subestación Semiurbana, ante cualquier fallo que impida la carga de la batería (falta de corriente alterna en el cuadro de distribución, disparo del interruptor Q1 o avería del rectificador) se considera el caso más desfavorable, el que dispone de tan sólo dos módulos de alimentación. Es el esquema correspondiente al plano **22. CONEXIÓN BATERÍAS DE CORRIENTE CONTINUA.**

Los fallos considerados son:

#### **Falta total de corriente alterna**

En este caso, el tiempo de emergencia será de 11,3h ya que cada módulo alimenta a su distribución.

#### **Desconexión de Q1 ó Q2**

Cerrando el seccionador UB que acopla las distribuciones de batería 1 y 2, el rectificador que queda en funcionamiento, capaz de suministrar 30 A, puede mantener el servicio de las dos distribuciones lo que totaliza 14 A. En estas circunstancias el tiempo de emergencia es ilimitado.

### **Avería del rectificador de un módulo de alimentación**

La consideración es idéntica que la del apartado anterior. El tiempo de emergencia es ilimitado.

### **Fusión de los fusibles de salida del módulo**

Acoplando las barras de distribución Batería 1 y Batería 2 se garantiza el servicio con un solo rectificador. El tiempo de emergencia es ilimitado.

## **2.13.7. Cuadro de distribución**

Constará de dos embarrados independientes, uno para la Batería 1 y el otro para la Batería 2, unidos mediante un seccionador manual S1, de acuerdo con el esquema unifilar el plano **22.CONEXIÓN BATERÍAS DE CORRIENTE CONTINUA.**

### **Barras**

Las características de la barra serán para una intensidad nominal de servicio permanente de 20 A, intensidad de puntas de 114A 1segundo e intensidad máxima de cortocircuito prevista de 2kA.

### **Medida de barras**

Cada sector de barras estará equipado con unos dispositivos de medida y vigilancia compuestos de:

- Un voltímetro para medir la tensión de barras, escala 0-150V
- Un amperímetro para medir el consumo, con doble escala, 0-15 y 0-100A, conectado a un shunt de 100A-300mV
- Un detector de falta de aislamiento, capaz de detectar faltas a tierra inferiores a 10 k $\Omega$ . Producirá una alarma instantánea local y otra temporizada a 15 minutos para transmitir al centro de control
- Un relé de sobre y subtensión ajustado a 140 y 110V respectivamente. Además de producir una alarma, la unidad de sobretensión desconectará el interruptor Q1 o Q6 del cuadro de corriente alterna que alimenta a los módulos de alimentación de la barra correspondiente.

## **2.14. BATERÍA DE CONDENSADORES**

En toda subestación, será necesario colocar baterías de condensadores cuya misión será la compensación de energía reactiva.

Según normativa del grupo ENDESA, la compensación de energía reactiva se realizará en la parte de media tensión, mediante baterías de condensadores estáticos construidas

por elementos con fusibles internos y de la potencia y tensión apropiada para cada nivel de tensión.

Se considerarán potencias recomendadas por los elementos condensadores de 200 y 333 kVAr, con lo cual se obtienen potencias asignadas para baterías de 2,4-4-6 MVAR para las tensiones de 30-25-20 kV y de 2-3-4-5-6 MVAR para las tensiones de 15-13,2-12-11-10.

La potencia del transformador en la S.E.T. objeto de estudio es de 20 kV, y la potencia de cada transformador es de 20 MVA por lo que se instalarán una batería de 6 MVAR con las siguientes características:

Tensión nominal	24 kV
Tolerancia de capacidad	0%/+10%
Sobreintensidades admisibles	1,1Un 12h cada 24 horas
	1,15Un 30 minutos cada 24 horas
	1,20Un 5min

El equipo de baterías de condensadores será de tipo compacto, en el cual irán incluidos todos los elementos necesarios para su protección y uso.

### **2.14.1. Justificación**

De acuerdo con las características nominales de la subestación, tenemos los siguientes datos de partida:

Tensión nominal: 24kV  
Factor de potencia: 0,7  
A compensar hasta: 0,9-1  
Potencia de transformador: 30 MVA  
Número de transformadores: 2

Con todo esto ya estamos en disposición de realizar los cálculos pertinentes para justificar la elección de la batería de condensadores:

- Potencia aparente de la línea

Disponemos de dos transformadores de potencia de 30 MVA cada uno, de los que se va a prever una solicitud de potencia del 70% de la total, con lo que tenemos una potencia de utilización prevista igual a:

$$P = 2 \cdot 30 \cdot 0,7 = 42 \text{ MVA}$$

- Como disponemos de 6 líneas de salida a 20 kV, tendremos una potencia aparente por línea igual a:

$$P_a = \frac{42MVA}{6líneas} = 7MVA$$

- El factor de potencia no corregido se prevé, por la utilización y uso de las líneas de 0,7 y que lo queremos compensar hasta 0,9 y 1: de acuerdo al factor de potencia del que disponemos y de la potencia aparente de la línea, tendremos una potencia reactiva a compensar de:

$$P_r = P_a \cdot \sin \varphi = 7 \cdot 0,7 = 4,9 \text{ MVar}$$

Según se desprende de los cálculos realizados, necesitaremos una batería de condensadores de un mínimo de 5 MVar, por lo que la batería seleccionada según las recomendaciones de ENDESA (6 MVar), se adapta con holgura a las necesidades de la Subestación.





Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

**ANEXOS:**  
**PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**  
**IMPACTO AMBIENTAL**

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**  
**TRANSFORMADORA**  
**220 / 132 / 20 kV**

**Proyecto Fin de Carrera**  
**Especialidad: ELECTRICIDAD**

**AUTOR:**  
**PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO**

**TUTOR DE PROYECTO**  
**ANTONIO MONTAÑÉS**

## Índice

3. ANEXO DE PREVENCION DE RIESGOS LABORALES .....	5
3.1. INTRODUCCION.....	6
3.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.....	6
3.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES. .....	6
3.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA. ....	6
3.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS. ....	7
3.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN. ....	8
3.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES. ....	9
3.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES. ....	9
3.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA. ....	9
3.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE. ....	9
3.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.....	10
3.2.10. DOCUMENTACIÓN.....	10
3.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.....	10
3.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS. ....	10
3.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD. ....	11
3.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES. ....	11
3.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL. ....	11
3.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.....	11
3.3. SERVICIOS DE PREVENCION.....	12
3.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES. ....	12
3.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	12
3.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES. ....	13
3.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.....	13
3.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN. ....	13
3.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.....	13
3.5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.....	15
3.5.1. INTRODUCCION.....	15
3.5.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO. ....	15
3.5.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.....	15
3.5.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN. ....	17
3.5.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES.....	17
3.5.2.4. ILUMINACIÓN. ....	18
3.5.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO. ....	18
3.5.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS. ....	19

3.6. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	19
3.6.1. INTRODUCCION.....	19
3.6.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	20
3.7. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO... ..	21
3.7.1. INTRODUCCION.....	21
3.7.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	21
3.7.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO. ....	22
3.7.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES. ....	23
3.7.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.....	23
3.7.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL. ....	24
3.7.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.....	25
3.8. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION. ....	26
3.8.1. INTRODUCCION.....	26
3.8.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	27
3.8.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION. ....	27
3.8.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL. ....	28
3.8.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO ....	30
3.8.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.....	38
3.9. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL. ....	39
3.9.1. INTRODUCCION.....	39
3.9.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO. ....	39
3.9.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA. ....	39
3.9.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.....	40
3.9.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS. ....	40
3.9.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.....	40
4. ANEXO IMPACTO AMBIENTAL.....	41
4.1. INTRODUCCIÓN.....	42
4.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL TERRENO ....	42

4.3. MARCO LEGAL .....	42
4.3.1. RESPONSABILIDAD DEL PROMOTOR .....	43
4.3.2. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LAS DISTINTAS DEPENDENCIAS EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	44
4.4. METODOLOGÍA.....	45
4.5. ACCIONES DEL PROYECTO. ....	45
4.5.1. ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO. ....	45
4.5.2. MODIFICACIÓN DEL RELIEVE POR EXCAVACIÓN.....	46
4.5.3. AUMENTO DE LA EMISIÓN DE POLVO Y GASES.....	47
4.5.4. AUMENTO EN LA EMISIÓN DE RUIDOS.....	47
4.5.5. MANIPULACIÓN DE LUBRICANTES Y COMBUSTIBLES.....	47
4.5.6. ALTERACIÓN DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO. ....	47
4.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SUFRIR IMPACTOS.....	48
4.6.1. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL MICROCLIMA.....	48
4.6.2. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA ATMÓSFERA (AIRE).....	48
4.6.3. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL SUELO.....	49
4.6.4. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA VEGETACIÓN.....	49
4.6.5. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA FAUNA.....	49
4.6.6. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL PAISAJE .....	50
4.6.7. IMPACTO SOBRE RUIDOS. ....	50
4.6.8. POBLACIÓN .....	50
4.7. ESTIMACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA TRANSFORMACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS PROPUESTAS. ....	51
4.7.1 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	51
4.7.1.1 IMPACTO VISUAL.....	51
4.7.1.2. IMPACTOS SOBRE LA FAUNA.....	51
4.7.1.3. PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA .....	52
4.7.1.4. MEDIO SOCIOCULTURAL Y SOCIOECONÓMICO.....	52
4.7.2. MEDIDAS CORRECTORAS.....	53
4.7.3. PROGRAMA DE VIGILANCIA.....	54
4.7.3.1 CONTROL DE AFECCIONES SOBRE LA AVIFAUNA .....	54
4.7.3.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	54
4.8. CONCLUSIONES.....	55

### **3. ANEXO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

### **3.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **3.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.**

#### **3.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.**

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

#### **3.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.**

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.

- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

### 3.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:

- Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
  - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
  - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
  - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
  - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
  - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

### **3.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.**

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.



El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

### **3.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.**

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **3.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.**

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

### **3.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.**

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

### **3.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.**

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.

- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

### **3.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.**

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

### **3.2.10. DOCUMENTACIÓN.**

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

### **3.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.**

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

### **3.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.**

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan

reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

### **3.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.**

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

### **3.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.**

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

### **3.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.**

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

### **3.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.**

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

### **3.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.**

#### **3.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.**

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

#### **3.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.**

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

### **3.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.**

#### **3.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.**

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

#### **3.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.**

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

#### **3.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.

- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## **3.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.**

### **3.5.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el **Real Decreto 486/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo**, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

### **3.5.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.**

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

#### **3.5.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.**

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbes o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles

## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del



trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

### **3.5.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN.**

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

### **3.5.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES.**

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

#### 3.5.2.4. ILUMINACIÓN.

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

#### 3.5.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO.

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

### **3.5.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS.**

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

## **3.6. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.**

### **3.6.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de

trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el **Real Decreto 485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

### **3.6.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.**

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxica, corrosiva o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

### **3.7. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

#### **3.7.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el **Real Decreto 1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

#### **3.7.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o

desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

### **3.7.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse. Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o

dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

### **3.7.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

### **3.7.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.**

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los



carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### **3.7.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.**

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.



Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisonos mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

### **3.7.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.**

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

## **3.8. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.**

### **3.8.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el **Real Decreto 1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

### **3.8.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

#### **3.8.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.**

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.

- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### **3.8.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.**

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombbrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el

trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### **3.8.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO**

#### Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

### Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

### Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

#### Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

#### Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.



## **PFC Subestación 220/132/20 kV**

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablonos, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

### Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

### Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

### Albañilería.

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

### Cubiertas.

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

### Alicatados.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

### Enfoscados y enlucidos.

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

### Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

### Carpintería de madera, metálica y cerrajería.

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

### Montaje de vidrio.

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

#### Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

#### Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

#### Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

#### Instalación de antenas y pararrayos.

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

### **3.8.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

### **3.9. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.**

#### **3.9.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las **normas de desarrollo reglamentario** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

#### **3.9.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.**

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

##### **3.9.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.

- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

### **3.9.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### **3.9.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.**

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

### **3.9.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.**

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Banqueta aislante.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.



## **4. ANEXO IMPACTO AMBIENTAL**

## **4.1. INTRODUCCIÓN**

En este anexo se pretende realizar la estimación del impacto ambiental que provoca la transformación objeto del proyecto en el entorno en la que va a ser realizada.

Se profundizará en el impacto ambiental durante la fase de realización de obras debido, por un lado, a la importancia de esta fase con respecto a la de funcionamiento del proyecto (en lo que a impacto ambiental se refiere), y por otro lado, debido a las características de la zona en cuestión, que hacen que en dicha fase de funcionamiento los impactos sean casi inexistentes debido al escaso valor ecológico de la zona, ya que se encuentra fuera de un área de sensibilidad ecológica.

## **4.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL TERRENO**

El emplazamiento de la subestación se encuentra situado en el término municipal de San Gregorio, barrio rural de la provincia de Zaragoza.

La zona elegida se encuentra alejada del núcleo urbano, situándose a 10 km del mismo, en la carretera que une San Gregorio con el pueblo San Juan de Mozarrifar.

## **4.3. MARCO LEGAL**

Las evaluaciones de impacto ambiental constituyen una técnica generalizada en todos los países industrializados, recomendada de forma especial por los Organismos Internacionales y singularmente por el PNUMA, la OCDE y la UE que, reiteradamente, a través de los programas de acción, las han reconocido como el instrumento más adecuado para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente, hasta el extremo de dotarlas en el último de los citados, de una regulación específica, como es la Directiva 85/377/CEE de 27 de junio de 1985.

Esta técnica singular, que introduce la variable ambiental en la toma de decisiones sobre los proyectos con incidencia importante en el medio ambiente, se ha venido manifestando como la forma más eficaz para evitar los atentados a la naturaleza, proporcionando una mayor fiabilidad y confianza en las decisiones que deban adoptarse, al poder elegir entre las diferentes alternativas posibles, aquella que mejor salvaguarde los intereses generales desde la perspectiva global e integrada y teniendo en cuenta todos los efectos derivados de la actividad proyectada.

Las evaluaciones de impacto ambiental, que han tenido ese reconocimiento general en muchos de los países de nuestra área, han estado regulados en España de forma fragmentaria, con una valoración marginal dentro de las normas sectoriales de diferente rango. Así, el Reglamento de Actividades Clasificadas de 30 de noviembre de 1961, en su artículo 20, regulaba sus repercusiones para la sanidad ambiental y proponía sistemas de corrección. La Orden del Ministerio de Industria de 18 de octubre de 1976, para

proyectos de nuevas industrias potencialmente contaminadoras de la atmósfera y ampliación de las existentes, incluía un estudio de los mismos al objeto de enjuiciar las medidas correctoras previstas y evaluar el impacto ambiental, conectadas a los planes de restauración de los espacios naturales afectados por las actividades extractivas a cielo abierto, a su vez obligadas a restauración según R.D. 2994/1982.

El Real Decreto Legislativo de 28 de junio de 1986 nº 1302/86 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo “Medio Ambiente – C.E.E. Evaluación de Impacto Ambiental”, completa y normaliza este importante procedimiento administrativo partiendo de la Directiva comunitaria anteriormente citada, sin otros trámites que los estrictamente exigidos por la economía procesal y los necesarios para la protección de los intereses generales. Aprobándose por Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre el Reglamento para la ejecución del Impacto Ambiental. Asimismo, señalamos la publicación en D.O.G.V. nº 1021, la Ley 2/1989 de 3 de marzo de la Generalidad Valenciana, de impacto Ambiental, ampliando el R.D. nº 1302/86 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental y Reglamento publicado según R.D. 1131/88 de 30 de septiembre.

El Decreto 162/90 de 15 de octubre de la DGA aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/89 de 3 de marzo, de Impacto Ambiental. Para lo no previsto en este Reglamento, regirá como supletorio el R.D. 1131/88 de 30 de septiembre, por el que se aprobó el Reglamento para la ejecución del R.D.L. 1302/86 de 28 de junio, de Evaluación Ambiental.

El Gobierno de Aragón, partiendo de las pautas marcadas por la legislación estatal y del Consejo Directivo Europeo, ha incorporado en la legislación autonómica la Ley 2/89 de 3 de marzo de Impacto Ambiental. En el Anejo de esta Ley se detallan los proyectos que han de someterse a Estudio de Impacto Ambiental.

### **4.3.1. RESPONSABILIDAD DEL PROMOTOR**

- Incluir, en el presupuesto de toda actividad, obra o proyectos públicos o privados que, por su naturaleza, características, efectos, ubicación o recursos, pueden generar riesgo ambiental y requieren un estudio de impacto ambiental previo al inicio de su ejecución de acuerdo con la Ley y sus reglamentos, los recursos para cumplir con la obligación de elaborarlo y asumir el costo que demande el cumplimiento del Plan de Impacto Ambiental

- Ser responsables de los contenidos y antecedentes que fundamenten los Estudios de Impacto Ambiental, y presentar todos los documentos, informes, correspondencia y estudios necesarios.

- Realizar el monitoreo ambiental y a enviar los informes y resultados a la Administración Regional de la Autoridad del Ambiente que corresponda, con la periodicidad y formato establecida en dicho plan.

- Cumplir con cualquier otro aspecto contemplado en la Resolución Ambiental.

- Garantizar permanentemente la participación de la ciudadanía en el Proceso de Evaluación del Estudio de Impacto Ambiental de su proyecto, en los términos que se indican en el mismo reglamento y en el que reglamente la participación ciudadana.
- Involucrar a la ciudadanía en la etapa más temprana posible de su proyecto, de manera que se puedan cumplir los requerimientos formales establecidos en el Reglamento para la revisión del Estudio de Impacto Ambiental e incorporar a la comunidad en el proceso de toma de decisiones ambientales.
- Consignar en el Estudio de Impacto Ambiental, todas las actividades realizadas para involucrar y/o consultar a la comunidad durante su elaboración, según lo establecido en el Reglamento, y proponer los instrumentos de comunicación y consulta que deberán desarrollarse durante la etapa de revisión del Estudio de Impacto Ambiental y Resolución Ambiental.
- Facilitar el acceso a la información del proyecto y Estudios de Impacto Ambiental de conformidad con lo establecido en el Reglamento, así como dar las facilidades para las labores de fiscalización e inspección y control por parte de la autoridad competente.

#### **4.3.2. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LAS DISTINTAS DEPENDENCIAS EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

- Administrar el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Definir y dictar regulaciones, guías y el manual de procedimientos que resulten necesarios para la aplicación del reglamento.
- Mantener una expedita y permanente coordinación con las Administraciones Regionales del Ambiente y las instituciones sectoriales con competencia ambiental.
- Realizar el seguimiento continuo de la aplicación del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en todos sus ámbitos.
- Velar por el cumplimiento de los procedimientos administrativos de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Supervisar la ejecución de los Planes de Manejo Ambiental (PMA).
- Revisar y evaluar ambientalmente los Estudios de Impacto Ambiental y preparar el Proyecto de Resolución Ambiental favorable o de rechazo.
- Solicitar a los Promotores las complementaciones, ajustes o modificaciones de los estudios cuando fuese necesario.

## **4.4. METODOLOGÍA**

Este Anexo dedicado a Impacto Ambiental tiene por objeto identificar, interpretar, reducir, eliminar o compensar los posibles efectos ambientales negativos que la instalación de esta actividad pueda ocasionar.

La metodología aplicada para la realización de la estimación se adapta en su desarrollo a lo especificado en la Ley 2/89 de Impacto Ambiental.

El contenido de las labores realizadas se puede sintetizar en los siguientes aspectos:

- Estudio y análisis de las características del proyecto, con especial atención sobre los aspectos que puedan tener una mayor incidencia sobre el medio ambiente.
- Valoración de las condiciones ambientales del área donde debe desarrollarse el proyecto. Estudiando sobre el terreno y cartografiando los factores ambientales, se identifican los factores ambientales del proyecto susceptibles de generar impacto ambiental y los componentes medio ambientales susceptibles de ver modificado su valor por las acciones del proyecto.
- Estimación del impacto y de los criterios de valoración y ponderación.
- Definición de las medidas correctoras. Evaluación de los impactos ambientales con medidas correctoras. Establecimiento de un programa de vigilancia.

## **4.5. ACCIONES DEL PROYECTO.**

Partiendo de la premisa de que cualquier acción derivada de un proyecto puede generar alteraciones sobre el medio físico en donde debe realizarse la transformación, es momento de pasar a identificar y describir las acciones que conlleva este proyecto evaluando el impacto previsible que éstos pueden causar.

### **4.5.1. ACCIONES SUSCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTO.**

La incidencia de las actividades humanas sobre el medio está dando lugar a una serie de consecuencias y transformaciones que de un modo genérico se denominan impactos.

Son varias las ópticas desde las que pueden contemplarse estos efectos, y que podrían sintetizarse en la categorización de:

- Impactos ecológicos ambientales, a veces denominados indirectos, modificaciones de los sistemas naturales, cuya identificación y análisis

presuponen una evaluación al nivel de los cambios operados, cuya incidencia sea importante en el funcionamiento de los sistemas.

- Impactos directos o sociales en sentido amplio; afectan directamente al individuo o a los grupos sociales, y aunque se alejan de las formulaciones ecológicas en su acepción restringida, son claro objeto de estudio por parte de las escuelas de ecología humana.

Es claro que son aquellos impactos los que fundamentalmente forman parte del esquema de la planificación física, y más concretamente, atendiendo a su carácter negativo, es decir, los derivados de actividades que producen un deterioro del medio ambiente.

Con todo ello, desglosaremos las acciones inherentes a este tipo de transformación como posibles causantes de impactos ambientales de la siguiente manera:

- Excavación de material en el área sujeta a transformación.
- Utilización de maquinaria en la excavación.
- Finalización de la transformación.

Los efectos que estas acciones van a producir sobre los factores ambientales son:

- Modificación del relieve por la excavación.
- Disminuir la emisión de polvo, gases y ruidos.
- Creación de acopios de escasa importancia y de carácter provisional.
- Manejo de lubricantes y combustibles.
- Alteración del componente paisajístico.

#### **4.5.2. MODIFICACIÓN DEL RELIEVE POR EXCAVACIÓN.**

El terreno que ocupa la explotación se encuentra en un paisaje en el que predomina la planicie, cerca de él se concentraría el núcleo de población de Andorra.

El relieve a penas posee variaciones bruscas en cuanto a su altitud, por lo que se puede describir como un paisaje llano semidesértico donde solo se pueden encontrar especies vegetales típicas de este tipo de zonas.

La situación de la subestación eléctrica queda cerca de la carretera A-1407.

Podrá ser visible desde la carretera así como desde gran parte de la zona objeto de transformación, con lo cual habrá de disponer de las medidas oportunas para su enclavamiento en el lugar con el menor impacto paisajístico posible.

No existirá modificación del relieve dada la pequeña entidad de las actividades de excavación, Además, esta excavación será restaurada casi de inmediato.

### **4.5.3. AUMENTO DE LA EMISIÓN DE POLVO Y GASES.**

Las labores de excavación conllevan, inexorablemente, un aumento en la producción de gases procedentes de los motores de combustión de la maquinaria, así como del polvo levantado fruto de las excavaciones propiamente dichas.

La repercusión de estos factores se encuentra localizada en los puntos en los que se esté realizando la excavación y se verá limitada a la duración de la jornada laboral.

### **4.5.4. AUMENTO EN LA EMISIÓN DE RUIDOS.**

La actividad a desarrollar necesita de la utilización de maquinaria que lleva aparejada un aumento de la emisión de ruidos. Estos, sin embargo, son esporádicos dentro de la jornada laboral y similar a cualquier otro trabajo en labores agrícolas realizadas en la zona, como son labrados de campo con tractor, etc. Cabe destacar que la zona afectada por las obras tendrá que soportar una mayor intensidad en el tráfico de vehículos difuminando la localización del ruido en una zona más amplia que sólo el lugar puntual de la excavación.

### **4.5.5. MANIPULACIÓN DE LUBRICANTES Y COMBUSTIBLES.**

La presencia de maquinaria obliga a contemplar la existencia de una reserva de lubricante y combustibles en el ámbito de la explotación, que permita cubrir las necesidades de la maquinaria utilizada. El repostado se hace partiendo de bidones homologados, en lugar apropiado y cuidando todas las operaciones, de acuerdo con lo previsto en los I.T.C. 07.1.03, en las operaciones de mantenimiento de maquinaria.

### **4.5.6. ALTERACIÓN DEL COMPONENTE PAISAJÍSTICO.**

Con las labores de transformación, el paisaje se verá afectado parcial y puntualmente en el lugar de trabajo. No obstante, esta alteración es, en su mayor parte, temporal. La parte permanente será adaptada al entorno y su impacto visual será escaso al quedar la zona que nos ocupa fuera de la población y caracterizándose por ser un enclave geográficamente apartado de toda actividad humana y desprovisto de vegetación de importancia.

De las acciones derivadas de la transformación se deduce que las causas de Impacto Ambiental son producidas por los siguientes factores:

- a) Excavación.
- b) Tráfico rodado y movimiento de maquinaria.
- c) Aumento en la emisión de polvo, gases y ruido.

d) Manejo de lubricantes y combustibles necesarios para el mantenimiento de la maquinaria.

Estas acciones de Impacto Ambiental van a incidir, en grado muy diverso, sobre los siguientes componentes ambientales:

- a) Microclima.
- b) Atmósfera, aire.
- c) Suelo.
- d) Vegetación.
- e) Fauna.
- f) Paisaje.

#### **4.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE SUFRIR IMPACTOS.**

Dependientes de las acciones derivadas de la explotación, susceptibles de generar impacto, y partiendo del potencial ambiental, podemos considerar una afección sobre el medio en los términos y elementos que se analizan a continuación.

##### **4.6.1. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL MICROCLIMA.**

El aumento de la emisión de polvo y gases en grado mínimo a la atmósfera puede influir sobre los factores climáticos del entorno produciendo alteraciones, en general inapreciables, sobre el microclima.

Por tanto, la transformación provocará un impacto moderadamente positivo sobre el medio socioeconómico, al favorecer los cultivos cercanos, así como un impacto negativo de escasa o inapreciable incidencia sobre otros factores ambientales.

##### **4.6.2. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA ATMÓSFERA (AIRE).**

Las labores de transformación conllevarán un aumento moderado en la emisión de polvo que aunque en grado mínimo afectarán al área próxima a la zona de trabajo.

La deposición de las partículas de polvo sobre los elementos estructurales botánicos, tanto de los cultivos próximos como de la vegetación inexistente del entorno de la transformación, provocará, lógicamente, un impacto moderadamente negativo, pero en el caso que nos ocupa no ha lugar a dichas consideraciones, por la característica localizada, temporal y en cantidad de las operaciones de excavación, bastará que se produzca una precipitación de moderada intensidad para efectuar el lavado y limpieza de las deposiciones, no obstante, para evitar este problema en los lugares donde, por su



cantidad sea necesario, se llevarán a cabo las necesarias medidas correctoras (impregnación,...). No se producirá emisión alguna de humos, vapores ni producto tóxico alguno.

#### **4.6.3. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL SUELO.**

Es, posiblemente, el factor más afectado del entorno; viéndose más castigado en la fase de realización de obras en lo referente a la destrucción directa del suelo existente. Por último, la compactación del suelo es un aspecto que tiene similar importancia, debido al tránsito de maquinaria, vehículos, personal, etc. También tiene mucha importancia aquí el simple establecimiento de la estructura proyectada debido al elevado peso de la estructura.

Las excavaciones a realizar generan una alteración puntual y muy localizada del suelo, con la consiguiente pérdida de los horizontes edáficos y calidad del suelo.

El carácter temporal de esta actuación devolverá las características originales del suelo. Por tanto, se puede considerar como un impacto negativo puntual que no precisa de medidas correctoras.

#### **4.6.4. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA VEGETACIÓN.**

Las actividades a realizar podrían afectar de forma negativa a la vegetación natural si la hubiere. Directamente, por las labores de la transformación (desmontes, excavación, etc.) e indirectas, por la emisión de polvo, que depositándose sobre las estructuras vegetales (estomas, hojas,...) podrían llevar a problemas de crecimiento y muerte de algunos ejemplares.

La vegetación también es escasa en la zona, solo presentándose matorrales y malas hierbas, además de poco importante desde el punto de vista del interés ecológico, a pesar de esto se prevé restaurar la flora autóctona en los lugares donde se requiera.

#### **4.6.5. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA FAUNA.**

Este es un aspecto no muy importante de acuerdo con la poca fauna existente en la zona.

No obstante se tiene en cuenta el posible impacto sobre los animales que existan (aves, reptiles y fauna edáfica básicamente). Los daños más importantes son realizados durante la fase de obras, en especial por las emisiones, ruidos y destrucción del hábitat existente en la zona de explotación. Dentro de la fauna, la más afectada de forma directa será la fauna terrestre, si bien afectará de forma indirecta al resto de especies.

Las labores propias de la transformación, producción de polvo, ruidos, aumento de la presencia humana y actividad relacionada con la maquinaria, van a producir un impacto negativo sobre la fauna terrestre, ocasionando su desplazamiento o emigración a otros puntos cercanos a la transformación, pero ello no es irreversible, puesto que se acomodarán en lugares próximos, con posibilidad de retorno.

No existen corredores de paso de especies migratorias, ni puntos de control para estas migraciones.

#### **4.6.6. IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL PAISAJE**

La presencia de elementos extraños al paisaje actual como son la maquinaria, aumento de la circulación rodada y de la presencia humana, va a producir una degradación puntual y parcial del ambiente y de los elementos integrantes del paisaje de la zona, modificando en parte su aspecto original y provocando una acción temporalmente negativa en el entorno visual de la zona afectada.

Dada la entidad de la obra a realizar y la situación de la transformación el impacto visual será visible las zonas aledañas a la ubicación del proyecto.

#### **4.6.7. IMPACTO SOBRE RUIDOS.**

Tienen importancia, casi exclusivamente, en la fase de realización de obras debido al ruido de la maquinaria y de otros procesos (martillazos, arrastre de material, etc.), influyendo mayoritariamente sobre la fauna terrestre y aves, de tal forma que las ahuyenta. Durante la fase de funcionamiento el efecto es mucho menor y el ruido solamente será ocasionado por los vehículos, maquinaria y personal que requiera la explotación.

Estos ruidos no serán continuos, sino parciales durante la jornada de trabajo diurna, pudiendo considerarse como cualquier actividad agrícola mecanizada.

#### **4.6.8. POBLACIÓN**

Simplemente se podría señalar cierta molestia hacia el tráfico que circula por la carretera próxima a la parcela, debido a ruidos, emisión de partículas, etc., durante la fase de realización de obras

## **4.7. ESTIMACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA TRANSFORMACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS PROPUESTAS.**

En vista de lo expuesto hasta ahora y de conformidad con la Ley 2/1989 de 3 de marzo se redacta el presente apartado. Esta Ley, en su Anexo 2, detalla las actividades sujetas a estimación de impacto ambiental

### **4.7.1 MEDIDAS PREVENTIVAS**

Se recogen en este punto diversas consideraciones que frecuentemente se aplican al planteamiento original del proyecto técnico de una subestación eléctrica.

#### **4.7.1.1 IMPACTO VISUAL**

Aunque la apreciación de este impacto es en buena medida subjetiva, las subestaciones eléctricas son elementos extraños en un ambiente natural y que, por tanto, pueden perturbar su contemplación y disfrute. Conviene, pues, hacer un cuidadoso estudio de los efectos visuales de instalaciones ubicadas en lugares remotos, poco alterados por la acción antrópica y en espacios naturales de especial interés, tanto si tienen protección legal como si carecen de ella. Se debe desarrollar un modelo definitivo de lo que debe ser el conjunto de espacios naturales protegidos que conformarán el patrimonio natural sobre el cual edificar las políticas de preservación de hábitats y especies amenazadas o la educación ambiental y la investigación.

#### **4.7.1.2. IMPACTOS SOBRE LA FAUNA**

Los impactos sobre la fauna se manifiestan con mayor intensidad durante el periodo de construcción. Durante la explotación, esos efectos se concentran en las propias máquinas.

Los impactos generados por las subestaciones eléctricas sobre la fauna se concentran casi en exclusividad sobre las aves puesto que, salvo en la etapa de construcción, la incidencia por ocupación o generación de molestias es muy restringida para el resto de las especies.

Dentro de las afecciones ejercidas sobre las aves hay que destacar la posibilidad de que sufran diversos tipos de daños al intentar anidar o sustentarse en cualquiera de los elementos de la instalación que están sometidos a tensión.

#### **4.7.1.3. PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

El estudio ha de reflejar la presencia y el paso de aves, así como un inventario de especies. En los informes de vigilancia ambiental se han de indicar las colisiones, el efecto de los molinos en la población de las aves (desaparición, cambios de hábitos, etc.)

La mortalidad de dichas especies se suele producir principalmente al entrar en contacto con elementos de la subestación sometidos a tensión.

El impacto es muy pequeño en comparación con las causas naturales. Se da el caso incluso de nidos de aves en las torres de los aerogeneradores. Para evitar este riesgo los molinos, evitarán tener superficies de apoyo para las aves.

#### **4.7.1.4. MEDIO SOCIOCULTURAL Y SOCIOECONÓMICO**

Las alteraciones en el medio socioeconómico son muy importantes y positivas:

- Se generan puestos de trabajo.
- Se realizan infraestructuras estables .

Con el fin de conocer, contrastar, e informar a los residentes de la zona, se realizarán encuestas dirigidas a los habitantes de las poblaciones afectadas, que se realizarán mediante una aproximación al área y la selección de algunas de las viviendas presentes, en un número que puede variar entre 5 a 10 viviendas, dependiendo de la importancia del centro poblado.

En cada vivienda, se realiza la encuesta a personas adultas, preferiblemente que tengan más de cinco años continuos viviendo en el área. A estas personas se le formulan las preguntas previamente seleccionadas y en un lenguaje de fácil comprensión, abarcando los siguientes aspectos: condiciones actuales de los servicios públicos, apoyo estatal al desarrollo del centro poblado, grado de conocimiento del proyecto a ejecutarse y su opinión al respecto, tipo de viviendas existentes, las necesidades personales y del área relacionadas con el servicio eléctrico y que pudieran generar expectativas hacia el proyecto a desarrollar, ocupación de la población, entre otros.

Las entrevistas a organismos públicos están dirigidas principalmente a la recopilación de aspectos globales para el área de influencia del proyecto, actualizando la información oficial recopilada (densidad poblacional, grado de satisfacción a la demanda de servicios públicos), así como evaluar la inserción del proyecto en la planificación regional o local y su relación con proyectos en desarrollo o en planificación (ej: reubicación o modificación del sistema de transmisión eléctrica, utilización de los espacios o desarrollo de nuevas actividades humanas en el área a afectar, etc).

## 4.7.2. MEDIDAS CORRECTORAS

- Antes de iniciar los trabajos, se señalizará adecuadamente todo el espacio de maniobra de maquinaria, donde no se permitirá el paso a personas ajenas.

- Se regará el camino con la frecuencia necesaria para disminuir la emisión de los niveles de polvo. Además los dumpers, una vez cargados se separarán del punto de carga y antes de iniciar el recorrido hasta el punto de vertido extenderán sobre la carga una lona protectora para evitar arrastres del mineral.

- Se instalarán servicios higiénicos-sanitarios para el personal obrero, así como cabinas para guardar la ropa, comedor, etc, (Ley de Prevención de Riesgos Laborales y disposiciones concordantes).

- Se proveerá de cubos de basura para recoger la materia orgánica sobrante, los restos de comida del personal, que serán retirados por los servicios municipales de limpieza.

Al contratista se le exigirá un contrato con un gestor autorizado para la retirada de aceites, grasas, filtros, baterías y otros elementos usados contaminantes. Además los cambios de aceites y operaciones de mantenimiento de la maquinaria se realizará en lugar designado al efecto y tomando todas las precauciones para evitar derrames.

- Los operadores de la maquinaria y choferes deberán poseer el documento acreditativo de capacitación para el uso de la maquinaria que le sea encomendada.

- Todo el personal irá provisto de los correspondientes elementos de protección (EPI).

- Los vehículos y la maquinaria deberán tener un D.I.S. (disposiciones internas de seguridad) donde se recoja un programa de revisiones periódicas, mantenimiento y control de emisiones; los dumpers deberán tener actualizadas las revisiones pertinentes (ITV).

- El trabajo se realizará en horas diurnas para no molestar a la población cercana.

- Los aceites lubricantes han de ser poliglícolos (duran mas). Los vehículos industriales cambiarán los aceites en talleres autorizados.

- Se evitarán los vertidos accidentales: Según la legislación el transformador de la estación tendrá una piscina para recoger todo el aceite en caso de derrame. La caseta de mantenimiento tendrá especial cuidado con los líquidos con productos químicos tóxicos.

- La pintura no ha de contener plomo.

- Se aplicarán todas las medidas de Seguridad e Higiene y de Prevención de Riesgos Laborales.

### **4.7.3. PROGRAMA DE VIGILANCIA**

Las funciones básicas del programa de vigilancia se pueden condensar en dos aspectos principales:

- Comprobar la valoración de impactos previstos, así como la detección de aquellos no contemplados, proponiendo, si fuese necesario, las consiguientes medidas de corrección.
- Comprobar que las medidas correctoras propuestas se llevan a cabo y comprobar su efectividad para en caso contrario establecer las modificaciones necesarias.

#### **4.7.3.1 CONTROL DE AFECCIONES SOBRE LA AVIFAUNA**

Con el programa de vigilancia que se expone a continuación se pretende constatar los resultados de las medidas adoptables y establecer un mecanismo de corrección y mejora permanente de los factores de variabilidad e impredecibilidad que caracterizan a las poblaciones animales.

En aquellos emplazamientos problemáticos por ubicarse en áreas de interés para las aves, es recomendable realizar, antes de ejecutar la instalación, un estudio ornitológico de seguimiento específico, con el objeto de determinar variables como épocas y frecuencias de paso de las diferentes especies sensibles, condiciones meteorológicas que inducen el vuelo rasante sobre la zona, las áreas preferentes sobre las que se desarrollan estas situaciones, etc.

En cuanto a la fase de explotación, la instalación debe estar sometida a un programa de seguimiento con el objetivo de controlar la siniestralidad de las aves como consecuencia del contacto con los diferentes elementos de la subestación.

En todos los casos se conservarán los restos hasta su identificación, anotando en fichas confeccionadas a tal fin la fecha y hora, el punto del hallazgo, estado de conservación y daños físicos observables y las condiciones meteorológicas. Este permitirá conocer los puntos más conflictivos y adoptar las medidas convenientes.

#### **4.7.3.2. ANÁLISIS DE LABORATORIO.**

Algunas de las variables consideradas en el Estudio de Impacto Ambiental, requieren la realización de análisis de laboratorio para poder evaluar sus condiciones actuales y su grado de sensibilidad, así como proporcionar información de comparación para futuros monitoreos. Algunas de las variables consideradas en Estudios de Impacto Ambiental serán:

- Calidad del Agua: pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, sedimentables, disueltos y totales, turbiedad, DBO, aceites y grasa minerales y animales, bacterias coliformes totales y fecales, color, etc.
- Calidad del Aire: NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO y CO<sub>2</sub>, entre otros.
- Calidad del Sedimento: materia orgánica, granulometría, aceites y grasas minerales y animales, etc.
- Calidad del Suelo: textura, granulometría, plasticidad, horizontes, metales, etc.

#### **4.8. CONCLUSIONES**

No ha lugar la estimación de impacto ambiental desde los aspectos acústico y de contaminación dadas las características de la obra, obviando las molestias que se originan durante la ejecución de la obra en lo referente a ruidos, polvo y tránsito de maquinaria.

Consideramos el impacto ambiental que originaría este proyecto desde el aspecto visual como moderado puesto que el depósito podrá ser visible desde toda la zona.

Tampoco se produce impacto ambiental desde el aspecto de la flora y fauna, debido al reducido tamaño de los depósitos y al proyectarse éstos cubiertos y situados en un erial.

Se sugiere como medida correctora, la plantación de especies vegetales acordes con el entorno, asimismo el color de la valla será de color verde a fin de mimetizar en lo máximo posible el entorno con la instalación.

El Consultor o Empresa Consultora manifestará la conclusión obtenida del proyecto durante la evaluación del impacto ambiental y establecerá las recomendaciones necesarias.



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

**PLANOS**

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**  
**TRANSFORMADORA**  
**220 / 132 / 20 kV**

**Proyecto Fin de Carrera**  
**Especialidad: ELECTRICIDAD**

**AUTOR:**  
**PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO**

**TUTOR DE PROYECTO**  
**ANTONIO MONTAÑÉS**



## **ÍNDICE PLANOS**

**1.1. LOCALIZACIÓN**

**1.2. LOCALIZACIÓN**

**2. ESQUEMA UNIFILAR**

**3. PLANTA S.E.T.**

**4. PROTECCIONES LÍNEA ENTRADA 220 KV**

**5. PROTECCIONES LÍNEA SALIDA 132 KV**

**6. PROTECCIONES TRANSFORMADOR 220/132KV**

**7. PROTECCIONES TRANSFORMADOR 132/20 KV**

**8. PANEL FRONTAL LÍNEA 220 KV**

**9. PANEL FRONTAL TRANSFORMADOR 220/132**

**10. PANEL FRONTAL LÍNEA 132 KV**

**11. PANEL FRONTAL TRANSFORMADOR 132/20 KV**

**12. PANEL FRONTAL LÍNEA 20 KV, SS.AA. Y CONDENSADORES**

**13. PERFIL LÍNEA 220 KV**

**14. PERFIL LÍNEA TRANSFORMADOR 220/132 KV**

**15. PERFIL LÍNEA 132 KV**

**16. PERFIL LÍNEA TRANSFORMADOR 132/20 KV**

**17. ESQUEMA TIERRAS**

**18. ESQUEMA APOYO TIPO 1**

**19. ESQUEMA APOYO TIPO 2**

**20. ESQUEMA VIGA TIPO A**

**21. ESQUEMA VIGA TIPO B**

**22. CONEXIÓN BATERÍAS DE CORRIENTE CONTÍNUA**

**23. ESQUEMA ATARJEAS REVISABLES**

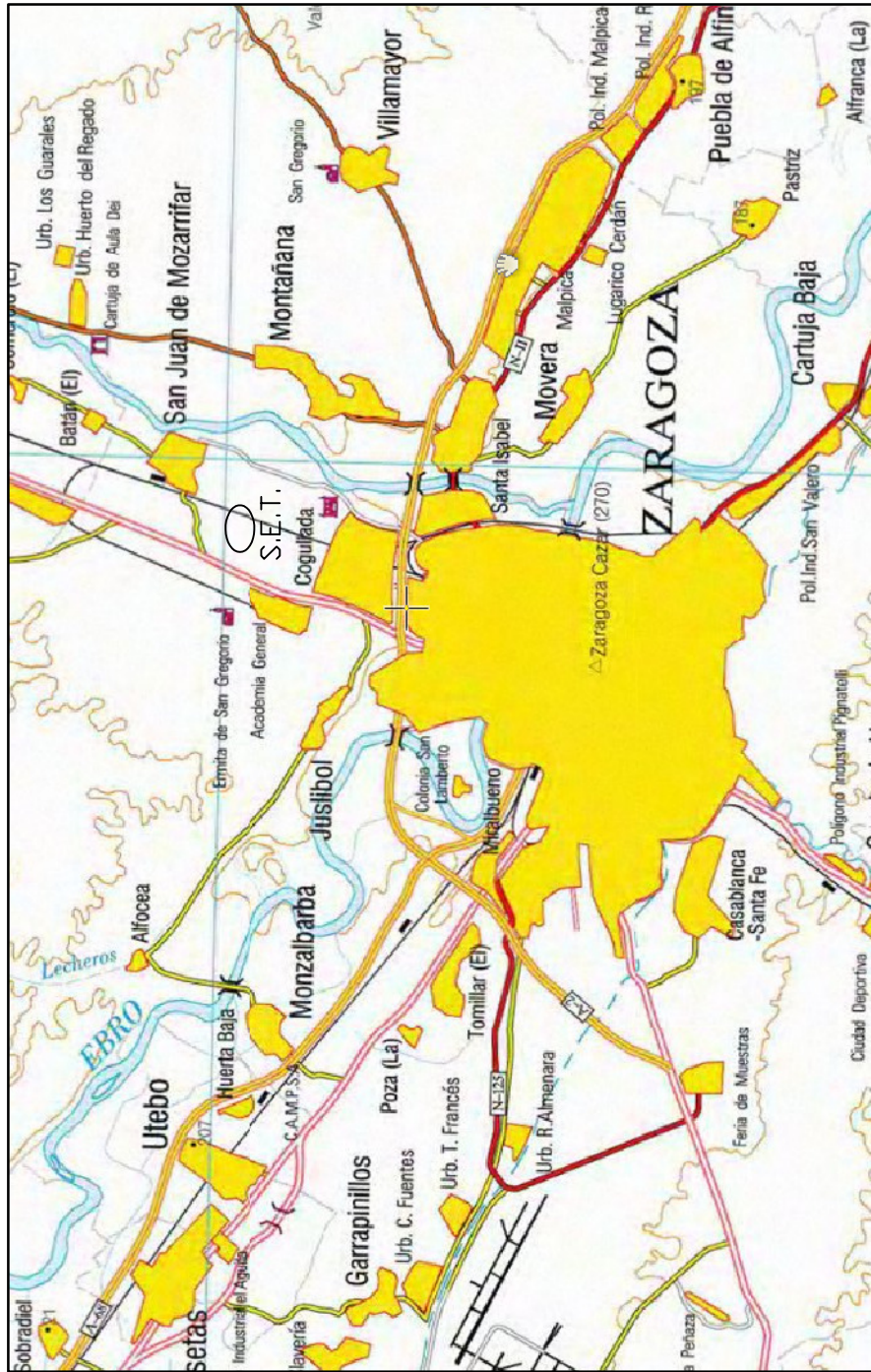
**24. ESQUEMA EDIFICIL OBRA CIVIL**

**25. CUADRO B.T.**

**26. ESQUEMA LUMINARIAS EDIFICIO**

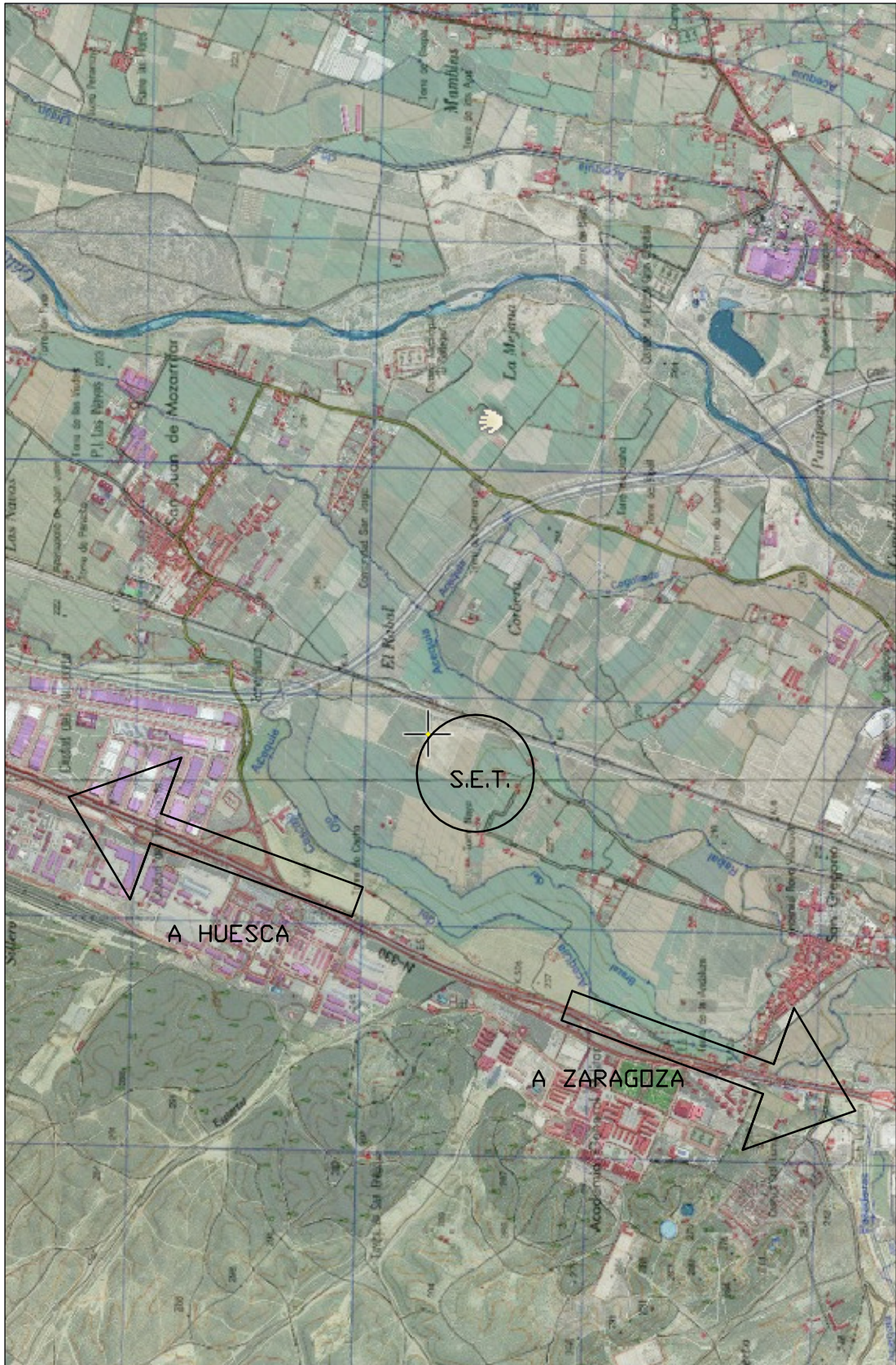
**27. ESQUEMA LUMINARIA EXTERIOR**

**28. ZANJAS**

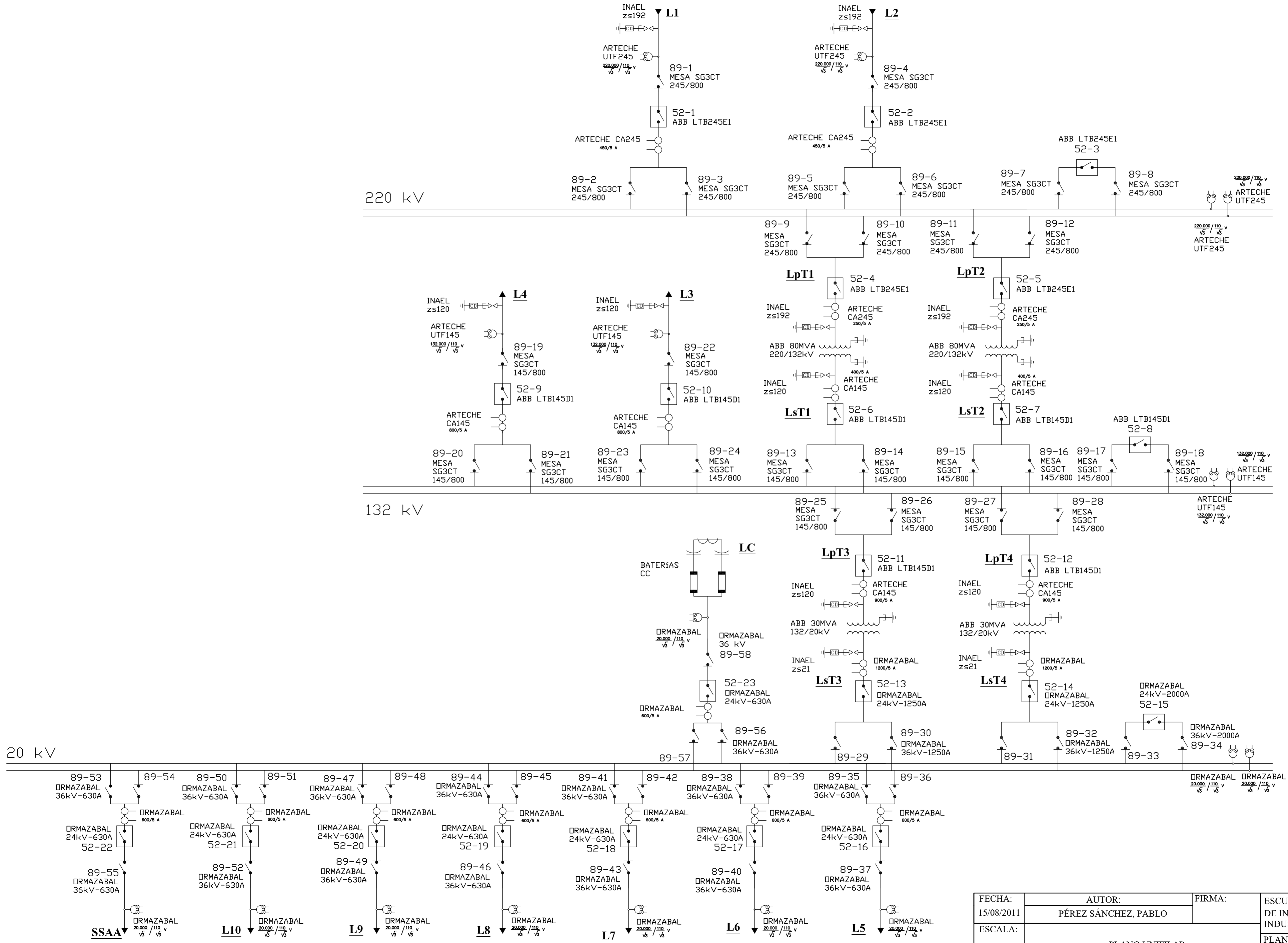


FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/5000	PLANO DE LOCALIZACIÓN		PLANO: 1
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

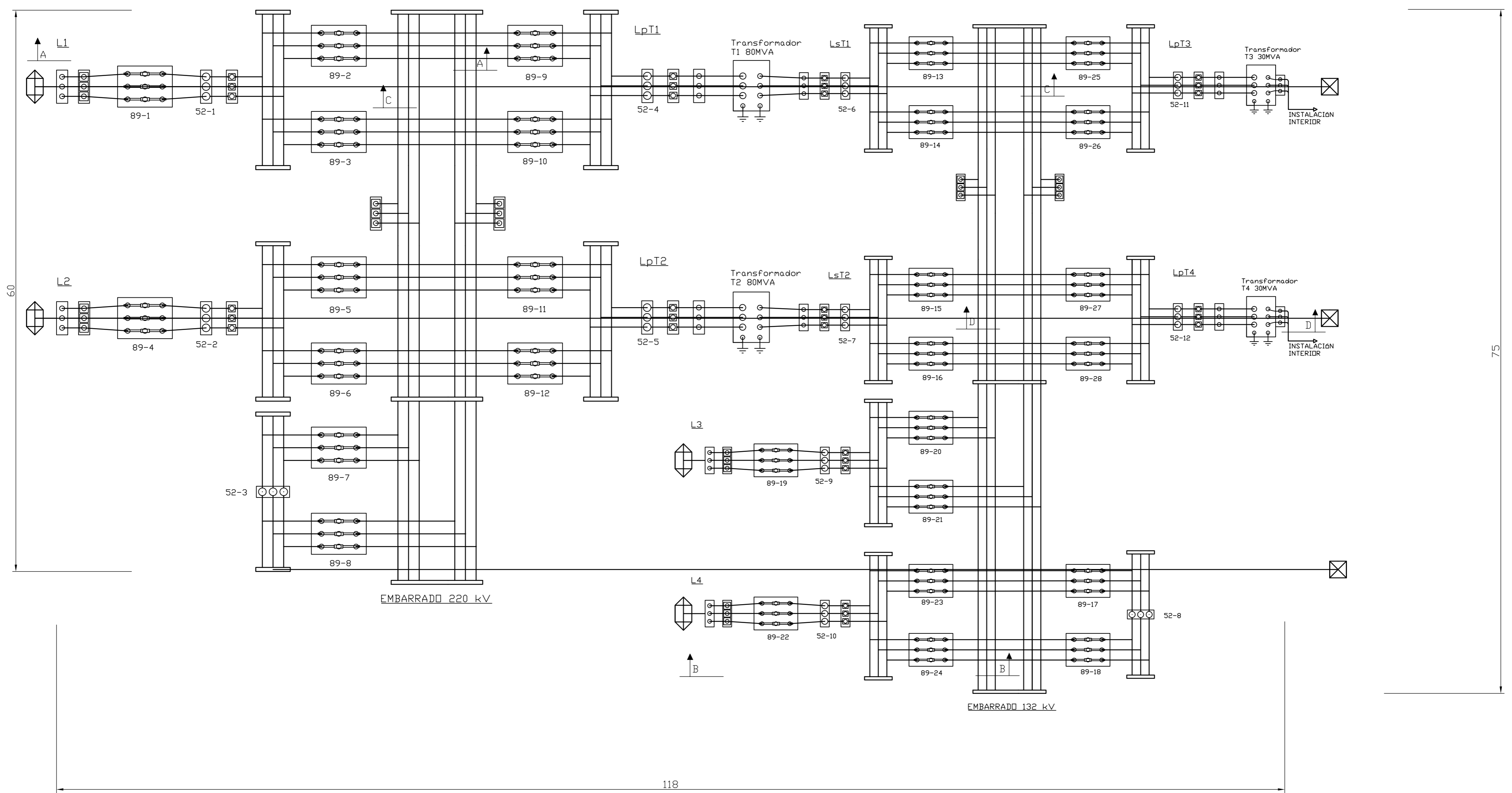




FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/500	PLANO DE LOCALIZACIÓN		PLANO: 1
			HOJA: 2
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: S/E	PLANO UNIFILAR S.E.T.		



60

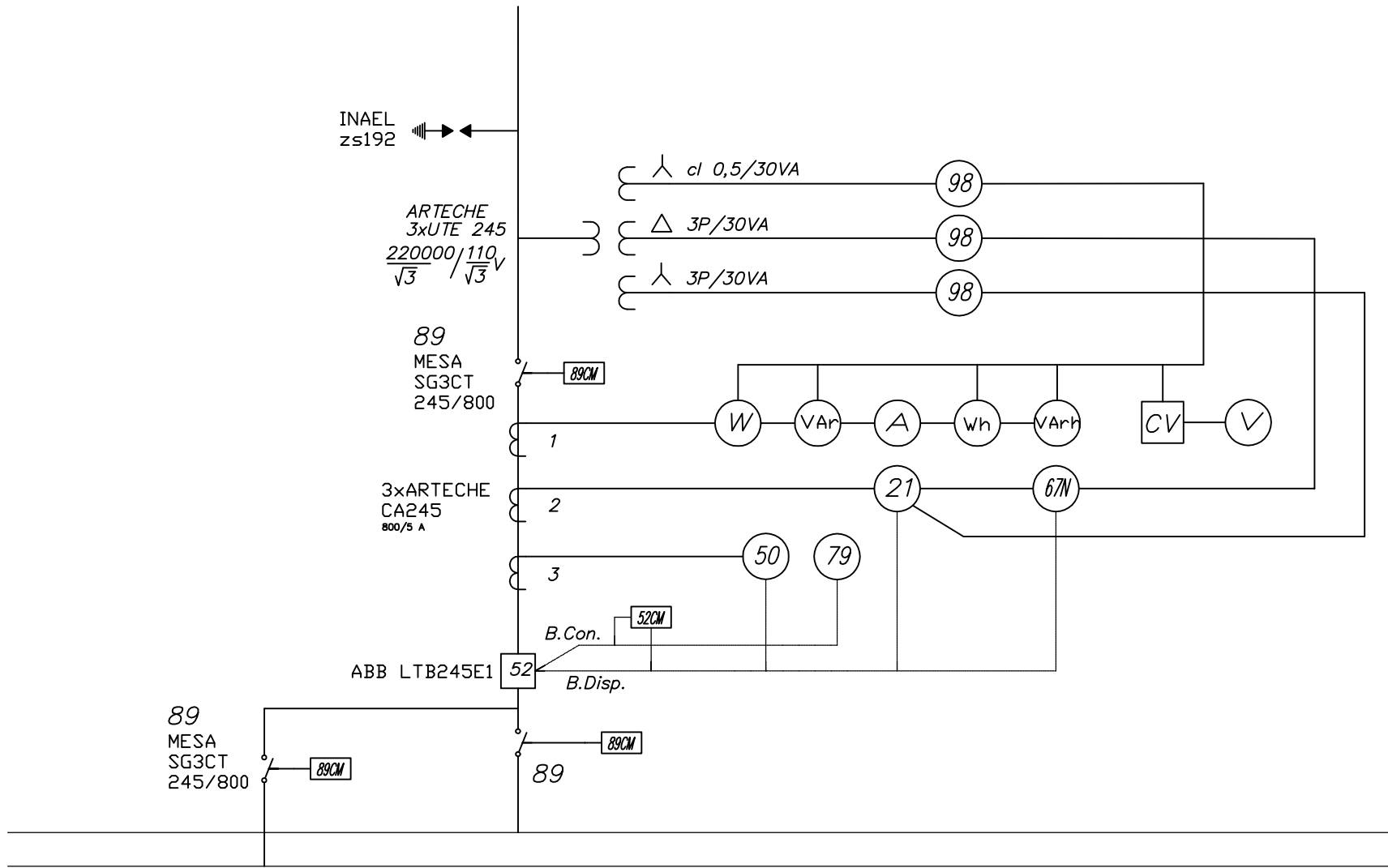
75

118

\* COTAS EN METROS

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUOLA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/500	PLANTA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA		PLANO: 3 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

LINEA 220KV



BARRAS 220KV

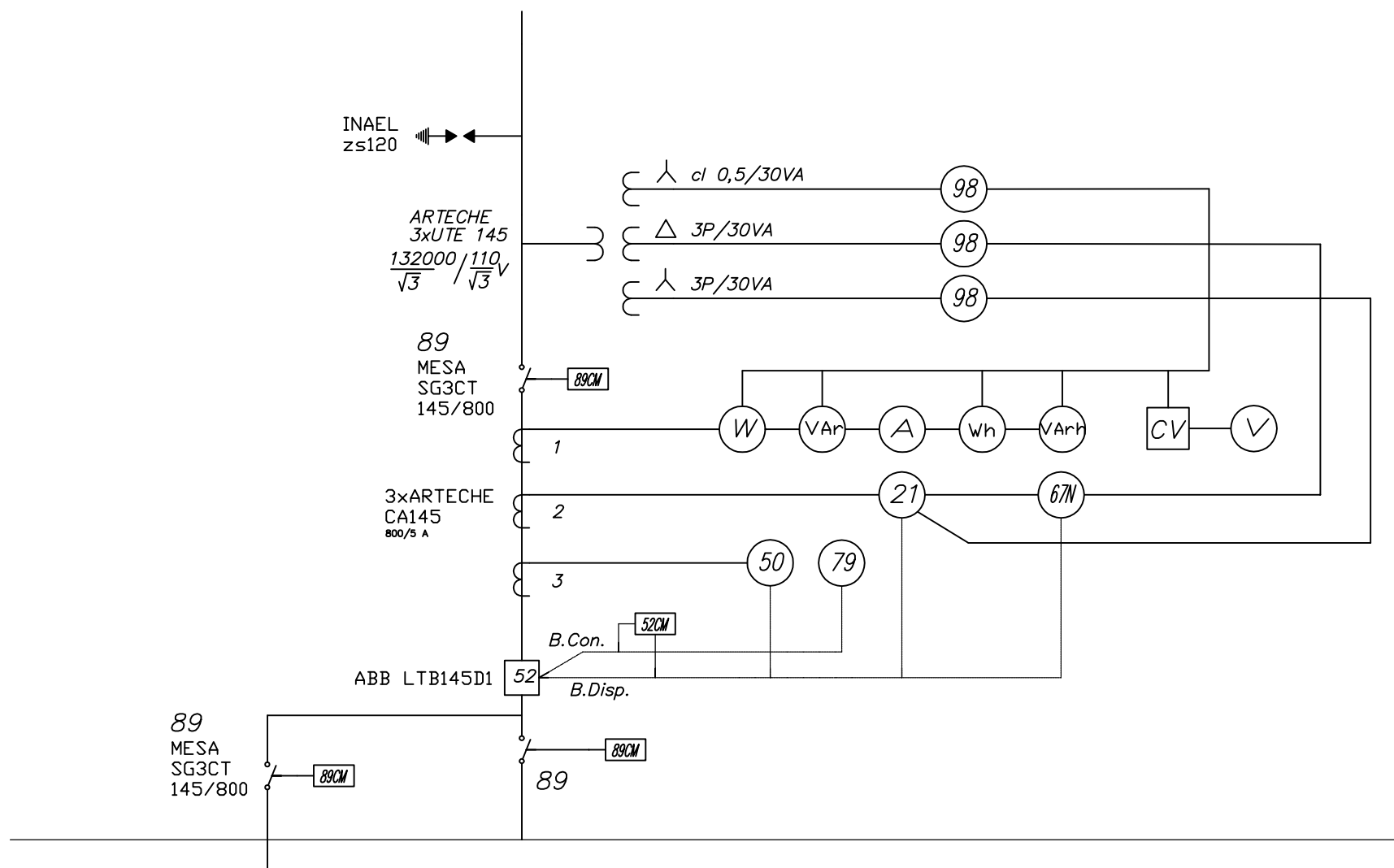
CONDUCTOR DE ALIMENTACION DE RELES Y APARATOS DE MEDIDA  
 CONDUCTOR DE CIRCUITOS AUXILIARES

LEYENDA

- (21) RELE DE DISTANCIA
- (50/N 51/N) RELE DE SOBREENSIDAD INSTANTANEO Y DE TIEMPO INVERSO
- (67N) RELE DIRECCIONAL DE SOBREENSIDAD PARA DETECCION DE FALTAS A TIERRA
- (79) RELE DE REENGANCHE DE C.A.
- (98) INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO PARA CIRCUITOS DE B.T.
  
- (W) VATIMETRO
- (Var) VARIMETRO
- (A) AMPERIMETRO
- (Wh) CONTADOR DE POTENCIA ACTIVA
- (Varh) CONTADOR DE POTENCIA REACTIVA
- (V) VOLTIMETRO
- (CV) CONMUTADOR DE TENSION
- (52CM) CONMUTADOR DE MANDO DEL SECCIONADOR
- (89CM) CONMUTADOR DE MANDO DEL INTERRUPTOR

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: S/E	ESQUEMA PROTECCIONES LÍNEA ENTRADA 220 KV		PLANO: 4 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

LINEA 132KV



BARRAS 132KV

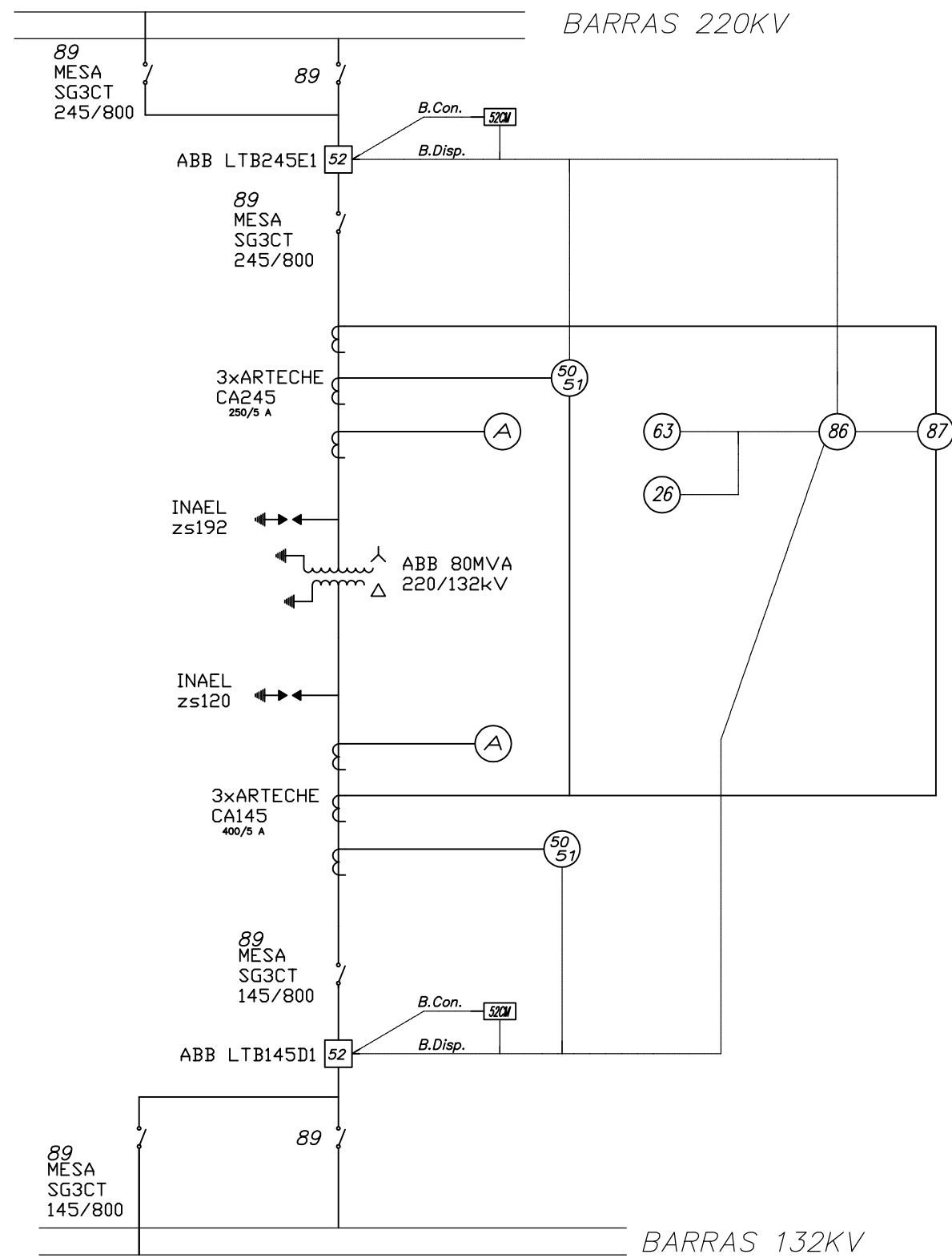
————— CONDUCTOR DE ALIMENTACION DE RELES Y APARATOS DE MEDIDA  
 - - - - - CONDUCTOR DE CIRCUITOS AUXILIARES

LEYENDA

- (21) RELE DE DISTANCIA
- (50/N 51/N) RELE DE SOBREINTENSIDAD INSTANTANEO Y DE TIEMPO INVERSO
- (67N) RELE DIRECCIONAL DE SOBREINTENSIDAD PARA DETECCION DE FALTAS A TIERRA
- (79) RELE DE REENGANCHE DE C.A.
- (98) INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO PARA CIRCUITOS DE B.T.
  
- (W) VATIMETRO
- (VAr) VARIMETRO
- (A) AMPERIMETRO
- (Wh) CONTADOR DE POTENCIA ACTIVA
- (VArh) CONTADOR DE POTENCIA REACTIVA
- (V) VOLTIMETRO
- (CV) CONMUTADOR DE TENSION
- (52CM) CONMUTADOR DE MANDO DEL SECCIONADOR
- (89CM) CONMUTADOR DE MANDO DEL INTERRUPTOR

FECHA:	AUTOR:	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
15/08/2011	PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO		PLANO: 5
ESCALA:	ESQUEMA PROTECCIONES LÍNEA ENTRADA 132 KV		HOJA: 1
S/E			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



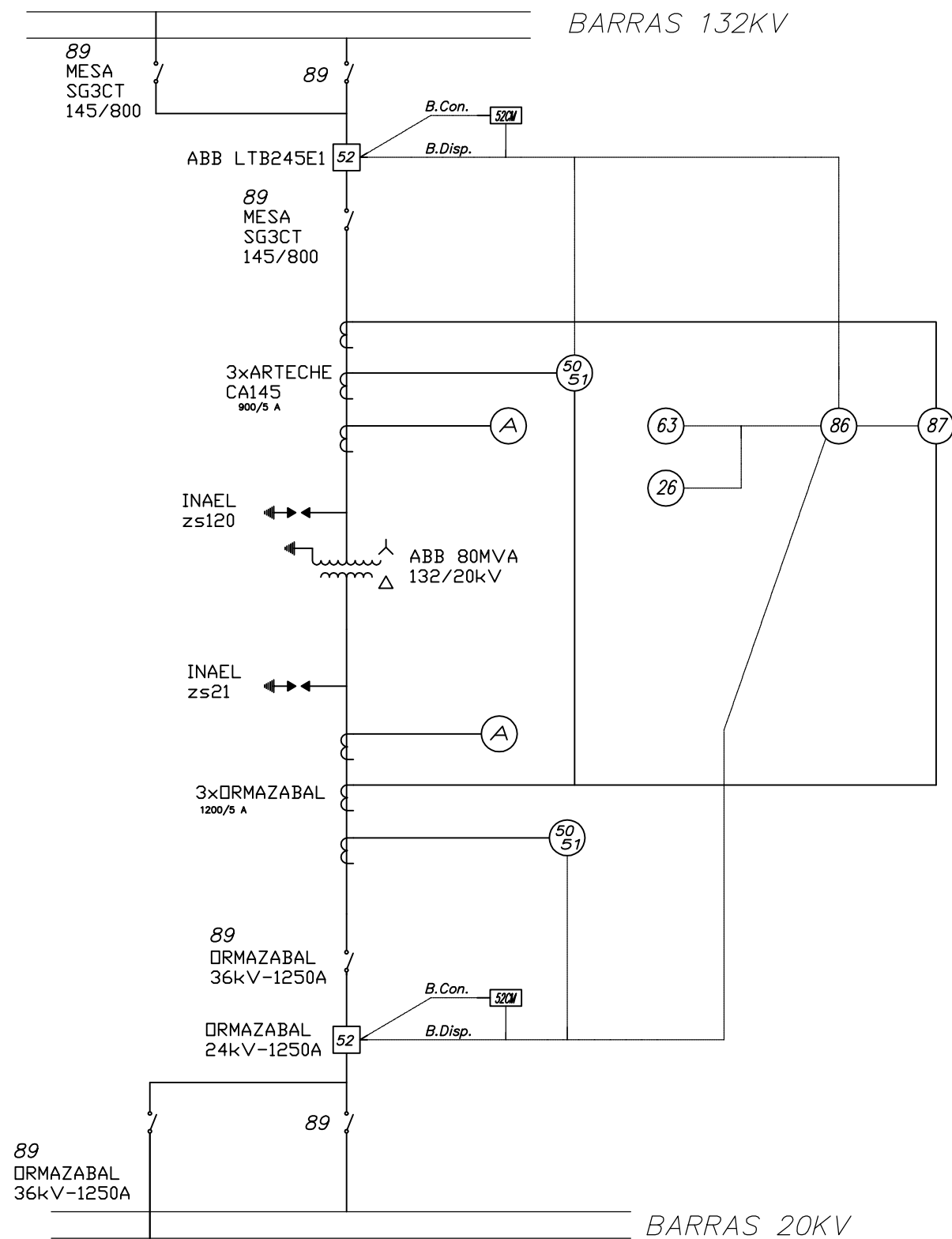


**LEYENDA**

(26)	DISPOSITIVO TERMICO
(50/51)	RELE DE SOBREENSIDAD INSTANTANEO Y DE TIEMPO INVERSO
(63)	RELE BUCHHOLZ
(86)	RELE DE BLOQUEO CON REPOSICION MANUAL
(87)	RELE DE PROTECCION DIFERENCIAL
(A)	AMPERIMETRO
[52V]	CONMUTADOR DE MANDO DEL INTERRUPTOR

\_\_\_\_\_ CONDUCTOR DE ALIMENTACION DE RELES Y APARATOS DE MEDIDA  
 \_\_\_\_\_ CONDUCTOR DE CIRCUITOS AUXILIARES

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: S/E	ESQUEMA PROTECCIONES TRANSFORMADOR 220/132 KV		PLANO: 6
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



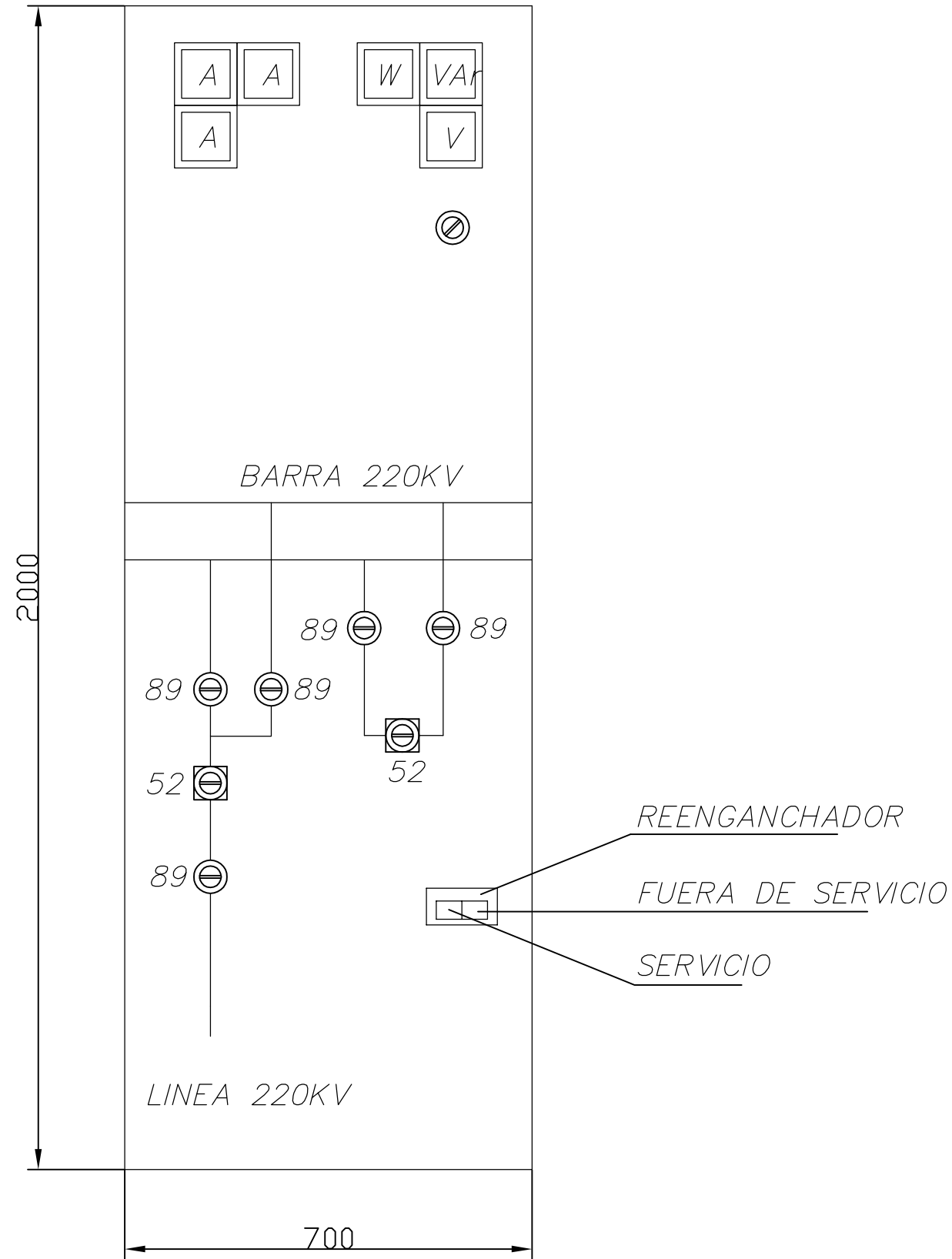
**LEYENDA**






(26)	DISPOSITIVO TERMICO
(50/51)	RELE DE SOBREENSIDAD INSTANTANEO Y DE TIEMPO INVERSO
(63)	RELE BUCHHOLZ
(86)	RELE DE BLOQUEO CON REPOSICION MANUAL
(87)	RELE DE PROTECCION DIFERENCIAL
(A)	AMPERIMETRO
[52]	CONMUTADOR DE MANDO DEL INTERRUPTOR

\_\_\_\_\_ CONDUCTOR DE ALIMENTACION DE RELES Y APARATOS DE MEDIDA  
 \_\_\_\_\_ CONDUCTOR DE CIRCUITOS AUXILIARES

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: S/E	ESQUEMA PROTECCIONES TRANSFORMADOR 132/20 KV		PLANO: 7
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

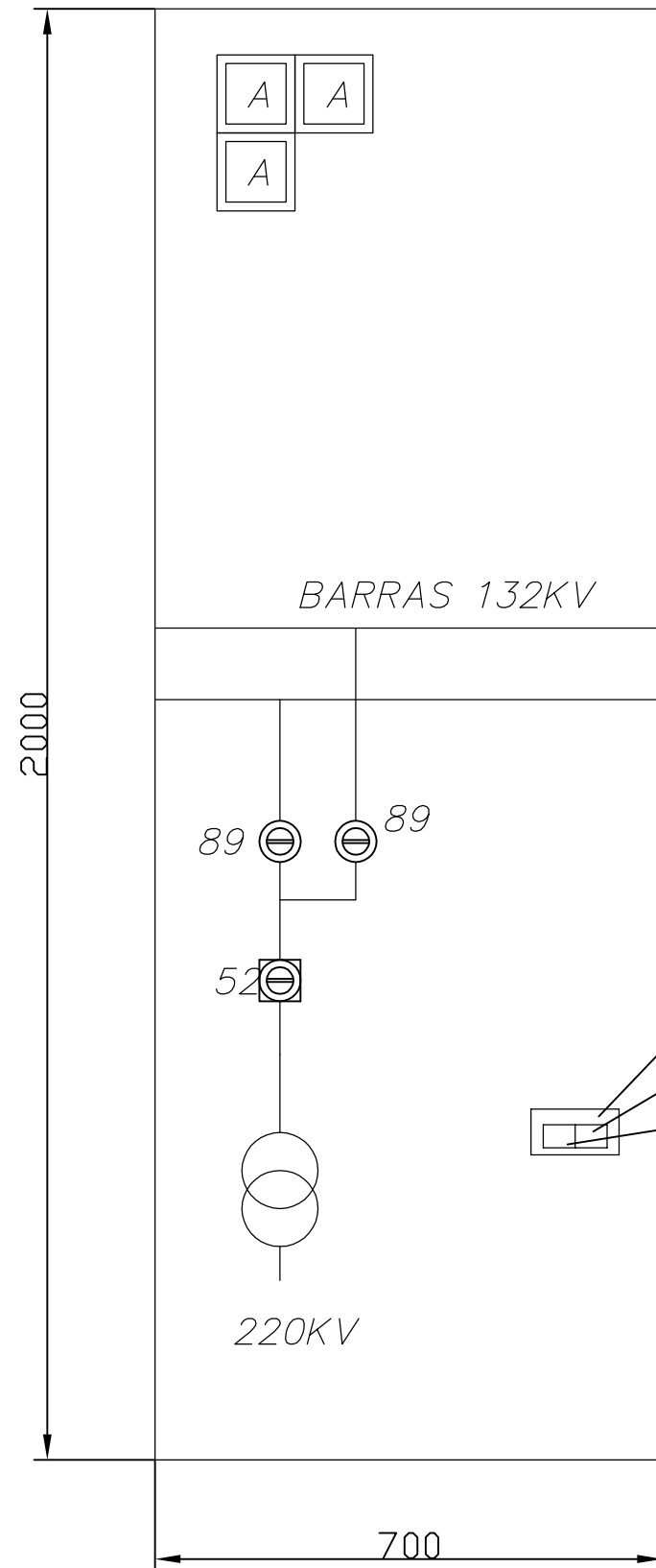
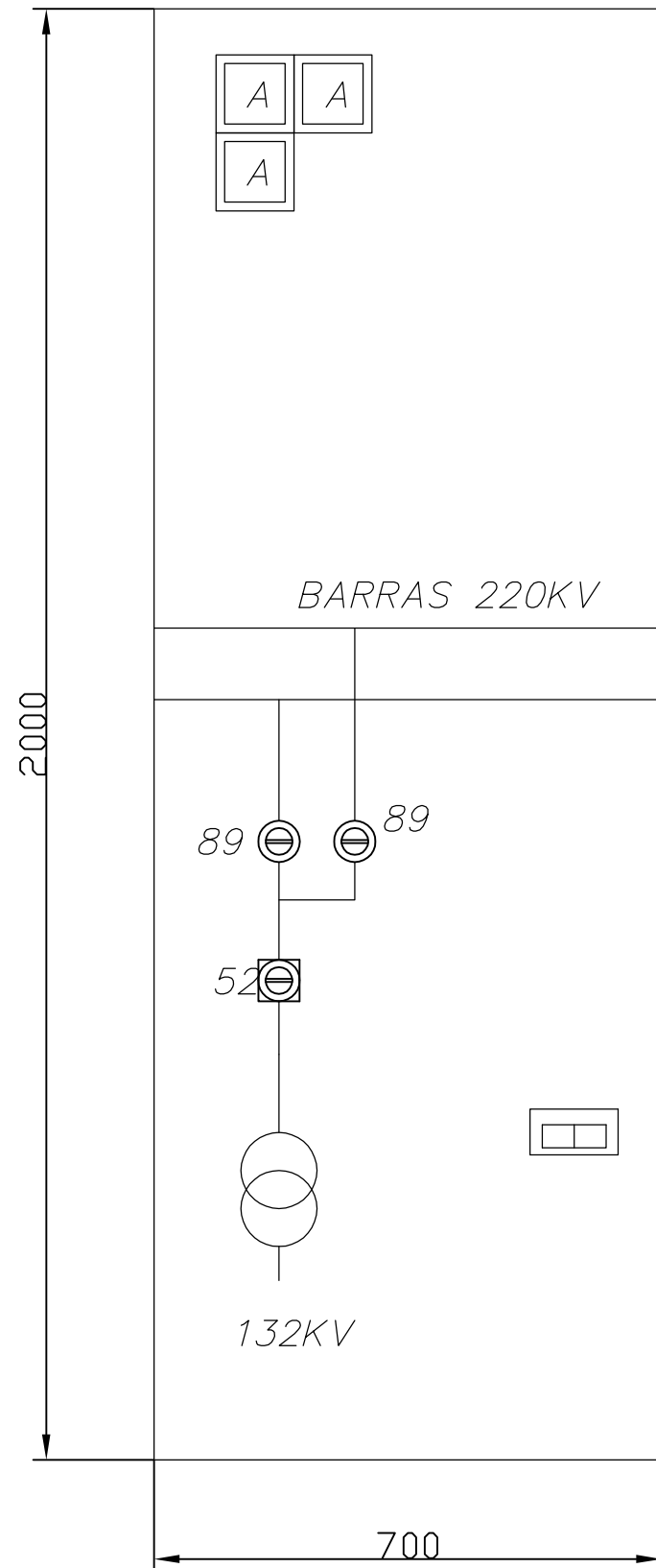
# PANEL POSICION LINEA 220KV



-  AMPERIMETRO ESCALA 0-450 A
-  VOLTIMETRO ESCALA 0-250 KV
-  VATIMETRO ESCALA 0+100 MW
-  VARIMETRO ESCALA 0+50 MVAR
-  CONMUTADOR DE TENSION

FECHA:	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1:10	PANEL POSICIÓN LÍNEA 220 kV		PLANO: 8 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

PANEL POSICION 220KV PANEL POSICIÓN 132KV



AMPERIMETRO

ESCALAS: 220KV: 0-250 A  
45KV: 0-400 A

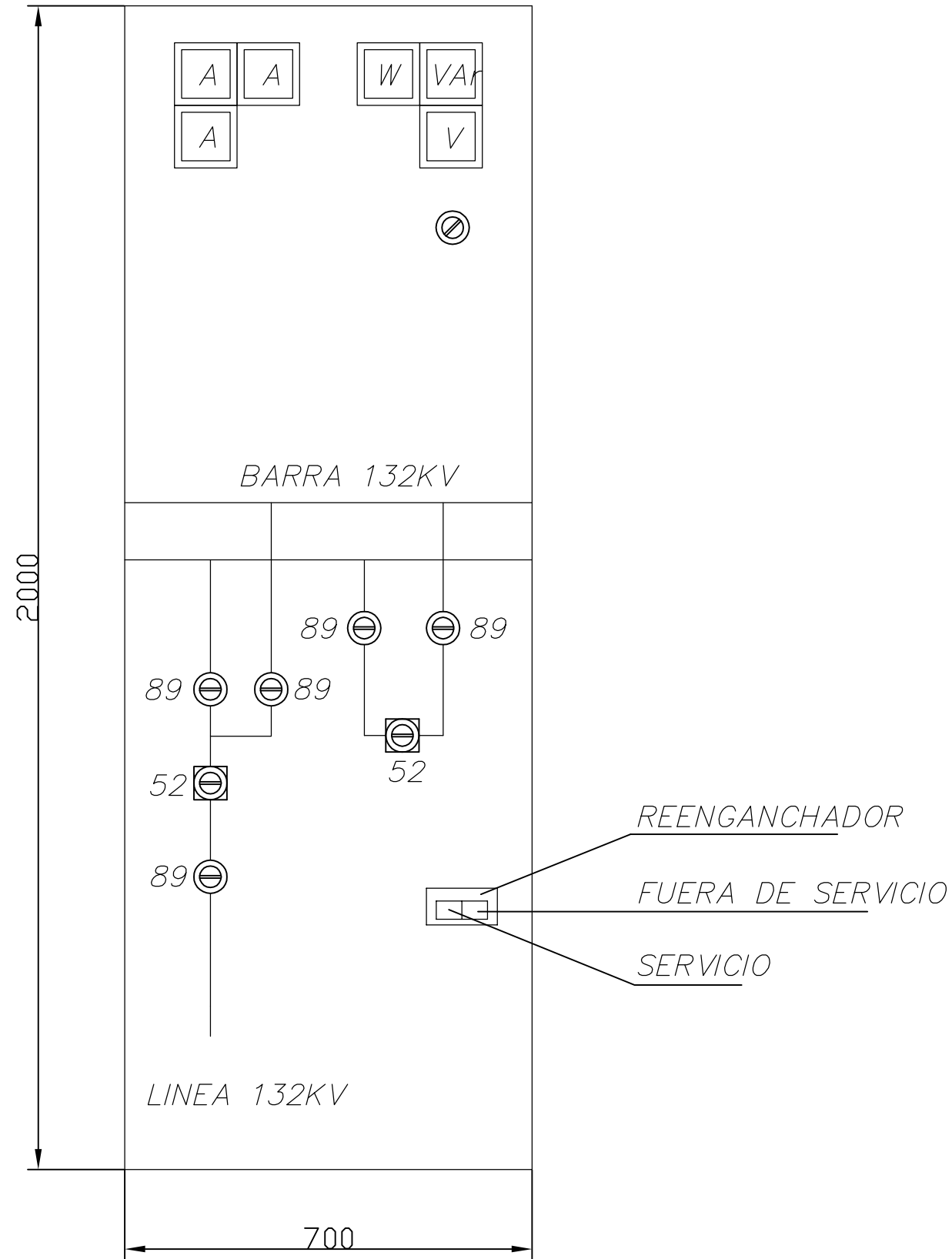
REENGANCHADOR






FUERA DE SERVICIO

SERVICIO

FECHA:	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1:10	PANEL POSICIÓN TRAFO 220/132 kV		PLANO: 9
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

# PANEL POSICION LINEA 132KV

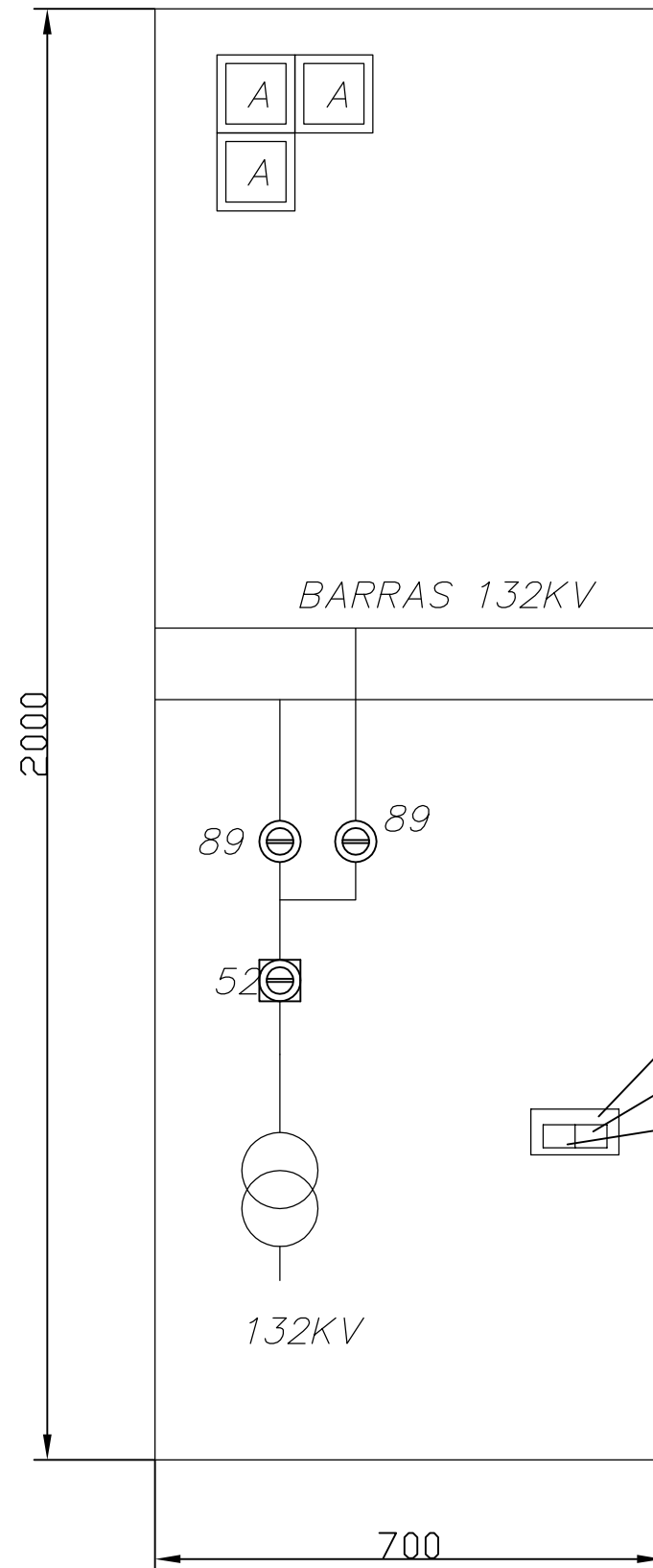
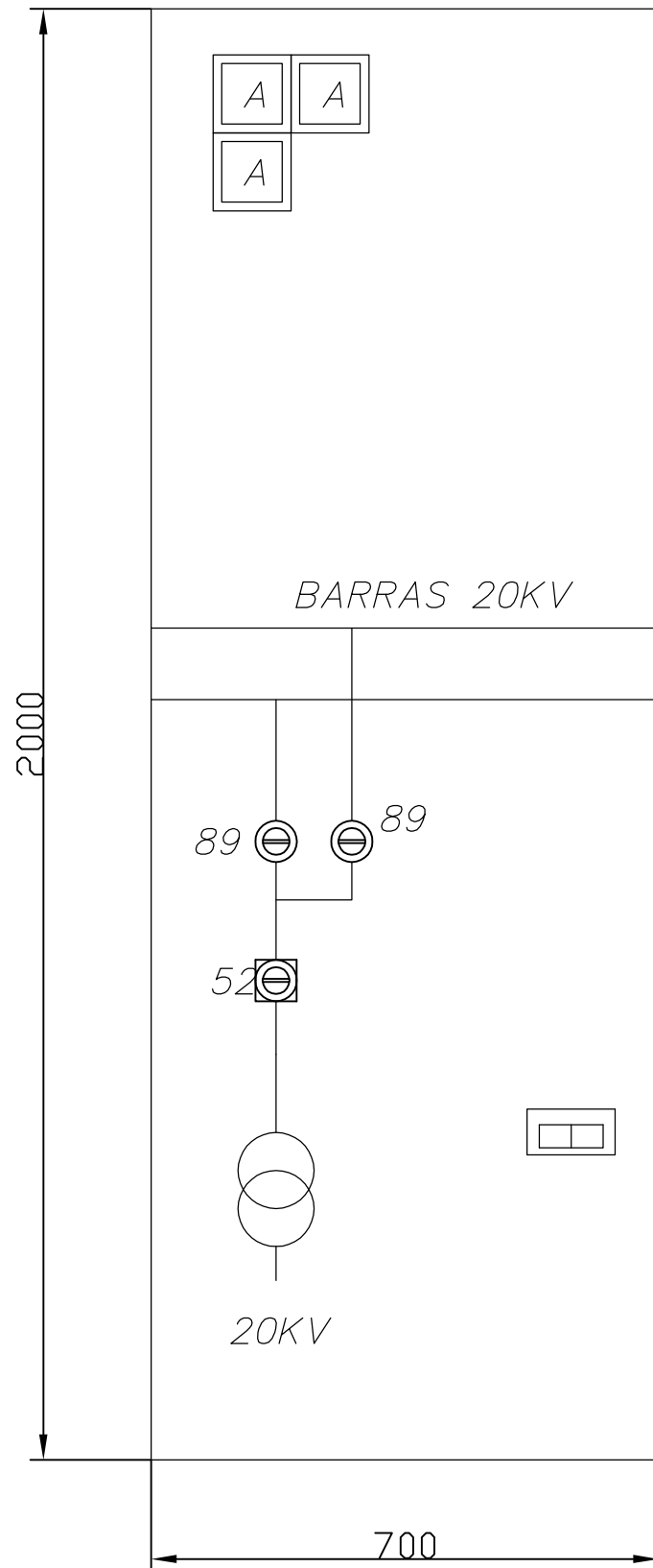


-  AMPERIMETRO ESCALA 0-750 A
-  VOLTIMETRO ESCALA 0-132 KV
-  VATIMETRO ESCALA 0+100 MW
-  VARIMETRO ESCALA 0+50 MVAR
-  CONMUTADOR DE TENSION

FECHA:	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1:10	PANEL POSICIÓN LÍNEA 132 kV		PLANO: 10 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

PANEL POSICION 20KV

PANEL POSICIONES 132KV

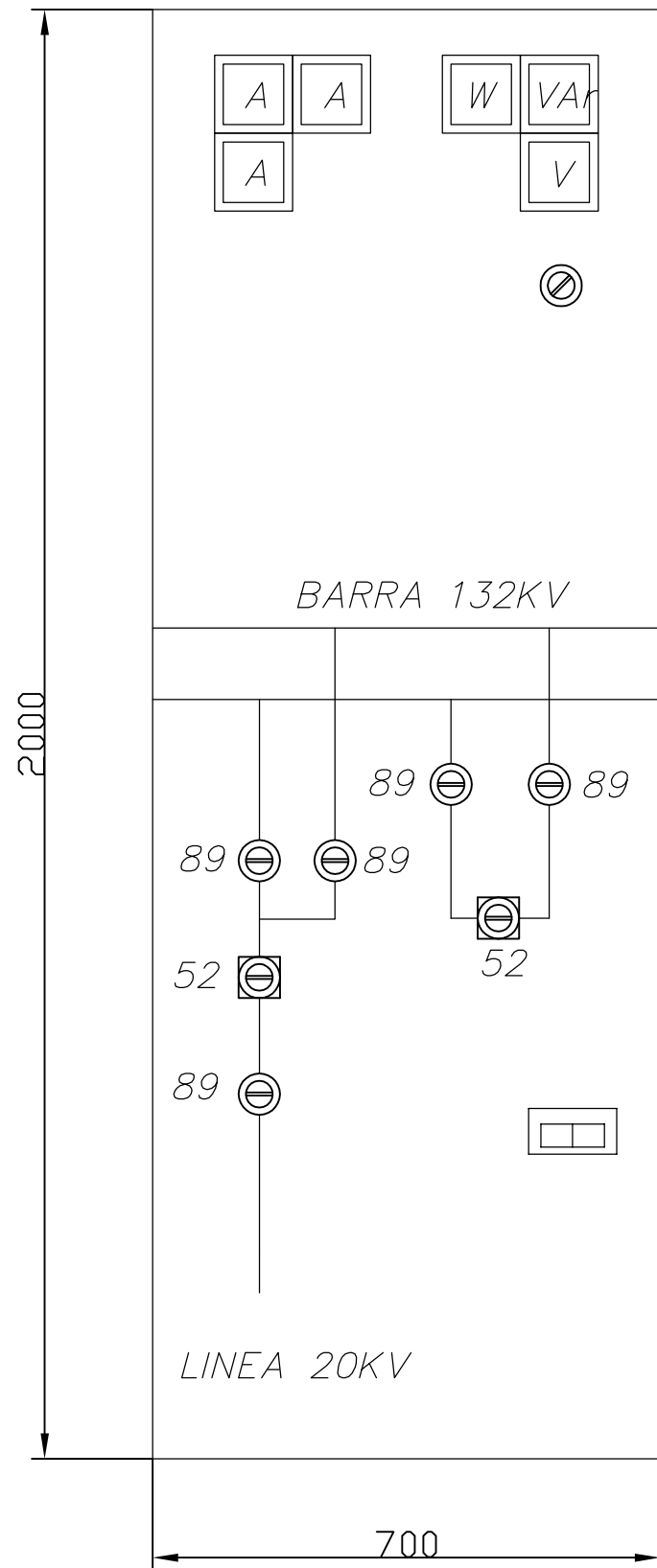


AMPERIMETRO

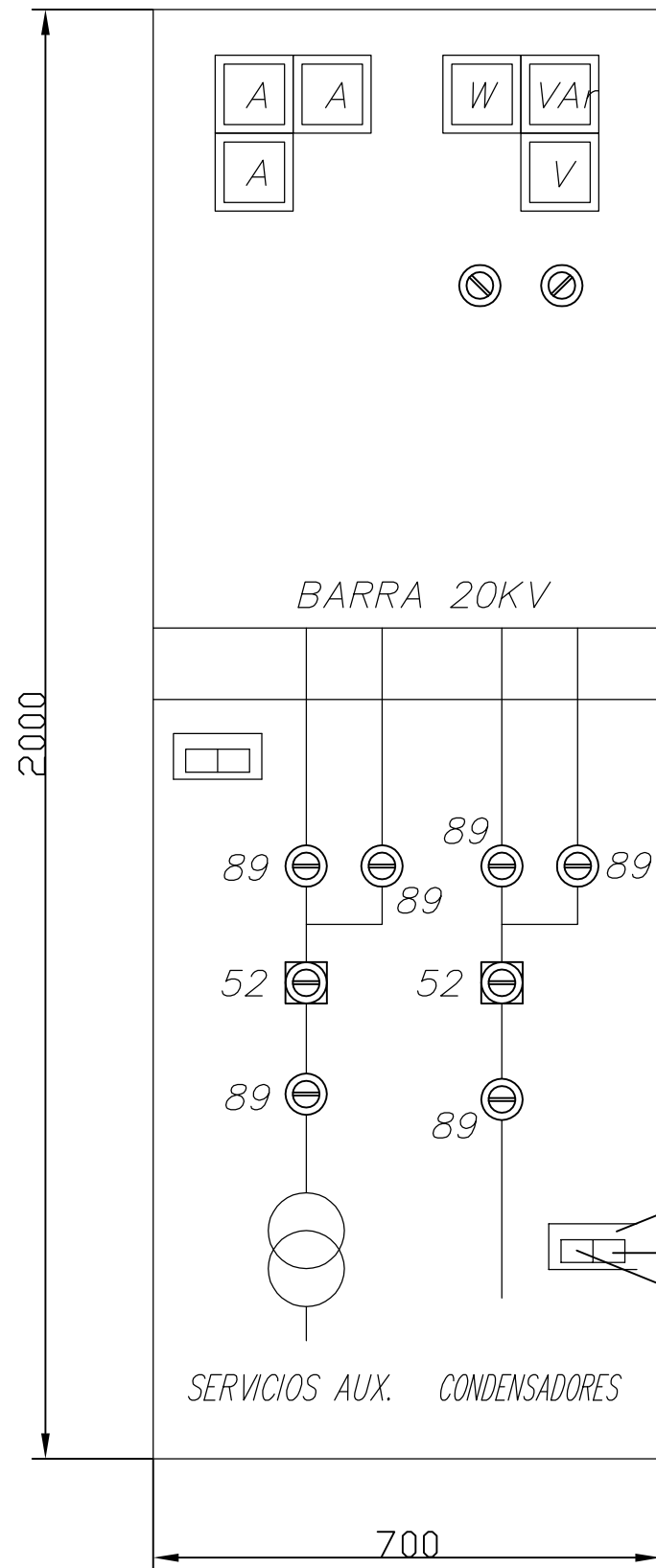
ESCALAS: 132KV: 0-150 A  
20KV: 0-900 A

FECHA:	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1:10	PANEL POSICIÓN TRAFO 132/20 kV		PLANO: 11 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

PANEL POSICION LINEAS 20KV



PANEL POSICION SERVICIOS AUX. Y BATERIA DE CONDENSADORES



AMPERIMETRO ESCALA 0-450 A



VOLTIMETRO ESCALA 0-30 KV



VARIMETRO ESCALA 0+5000 KVAR



CONMUTADOR DE TENSION



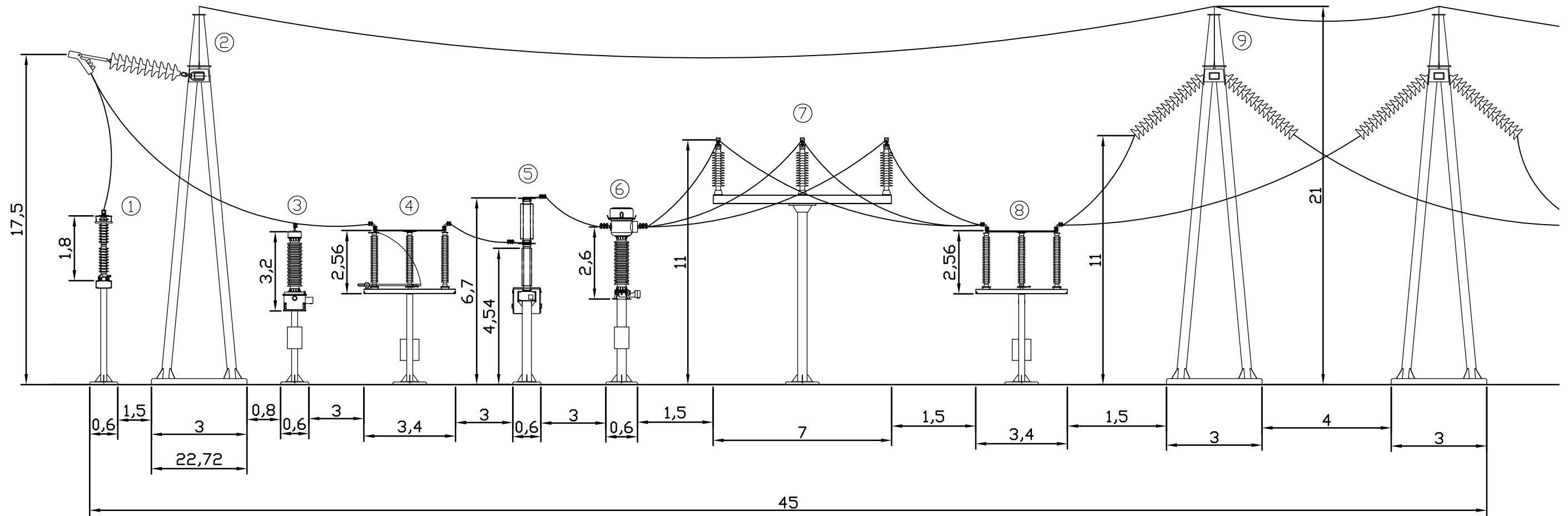
CONMUTADOR DE INTENSIDAD

REENGANCHADOR

FUERA DE SERVICIO

SERVICIO

FECHA:	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1:10	PANEL POSICIÓN LÍNEAS 20 kV		



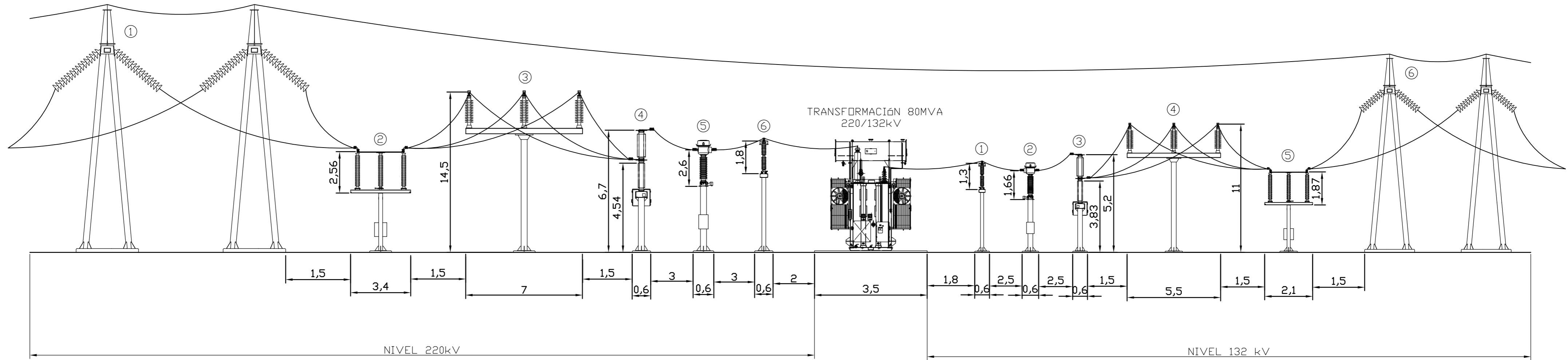
NIVEL 220 kV

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1 | Autoválvula                |
| 2 | Torre de entrada           |
| 3 | Transformador tensión      |
| 4 | Seccionador entrada con TT |
| 5 | Disyuntor                  |
| 6 | Transformador intensidad   |
| 7 | Barras de separación       |
| 8 | Seccionador de línea       |
| 9 | Embarrado doble 220 kV     |

\* COTAS EN METROS

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/150	PERFIL LÍNEA ENTRADA A 220 kV SECCIÓN A-A		PLANO: 13 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD





NIVEL 220 kV

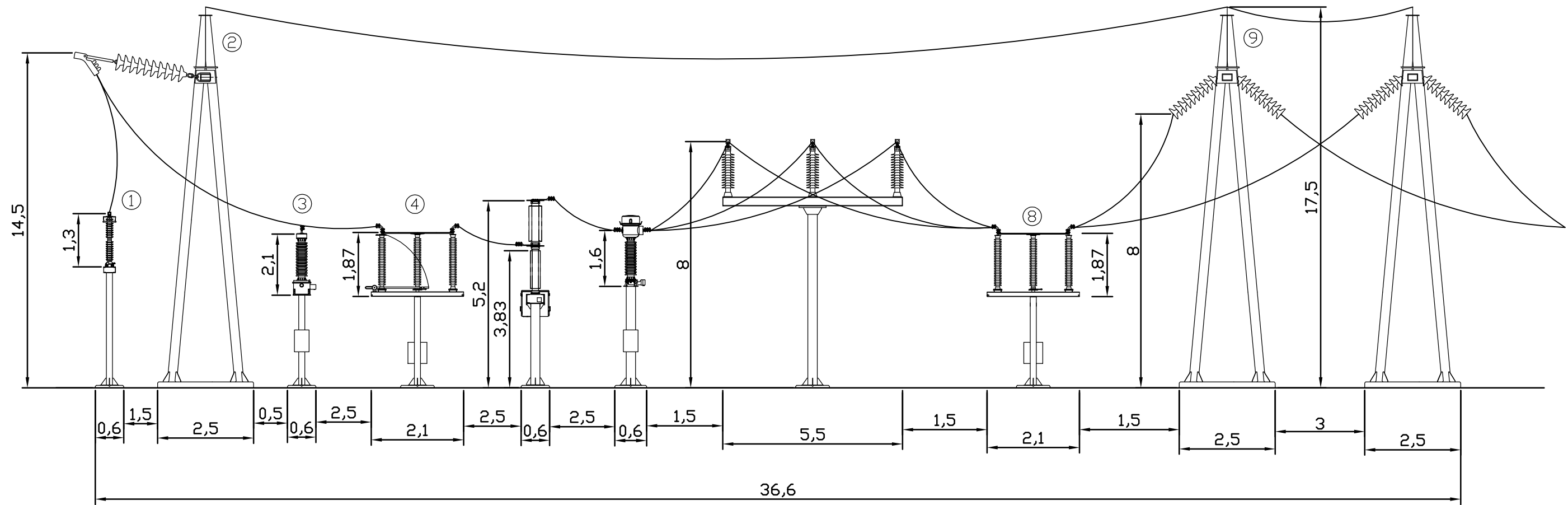
1	Embarrado doble
2	Seccionador de trafa
3	Barras de separación
4	Disyuntor
5	Transformador de intensidad
6	Autoválvula

\* COTAS EN METROS

NIVEL 132 kV

1	Autoválvula
2	Transformador de intensidad
3	Disyuntor
4	Barras de separación
5	Seccionador de trafa
6	Embarrado doble

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/150	PERFIL LÍNEA TRANSFORMADOR 220/132 kV SECCIÓN C-C		PLANO: 14 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

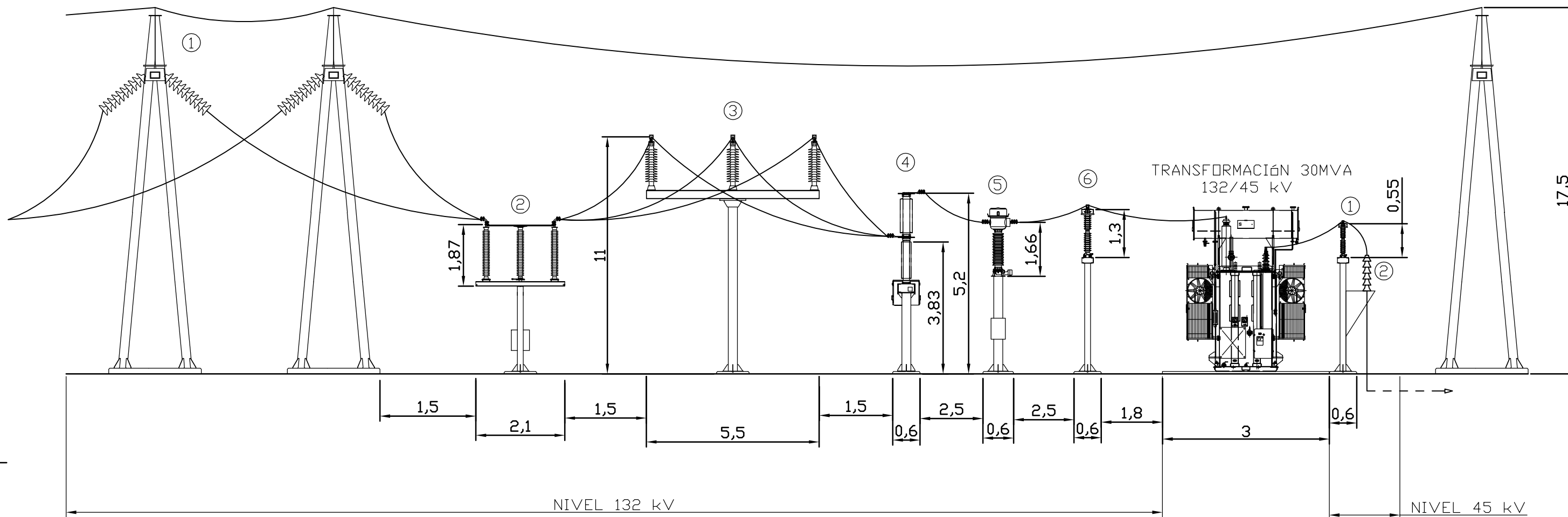


NIVEL 132 kV

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1 | Autoválvula               |
| 2 | Torre de salida           |
| 3 | Transformador tensión     |
| 4 | Seccionador salida con TT |
| 5 | Disyuntor                 |
| 6 | Transformador intensidad  |
| 7 | Barras de separación      |
| 8 | Seccionador de línea      |
| 9 | Embarrado doble 132 kV    |

\* COTAS EN METROS

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/150	PERFIL LÍNEA SALIDA 132 kV SECCIÓN B-B		PLANO:15 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



NIVEL 132 kV

1	Embarrado doble
2	Seccionador de trafo
3	Barras de separación
4	Disyuntor
5	Transformador de intensidad
6	Autoválvula

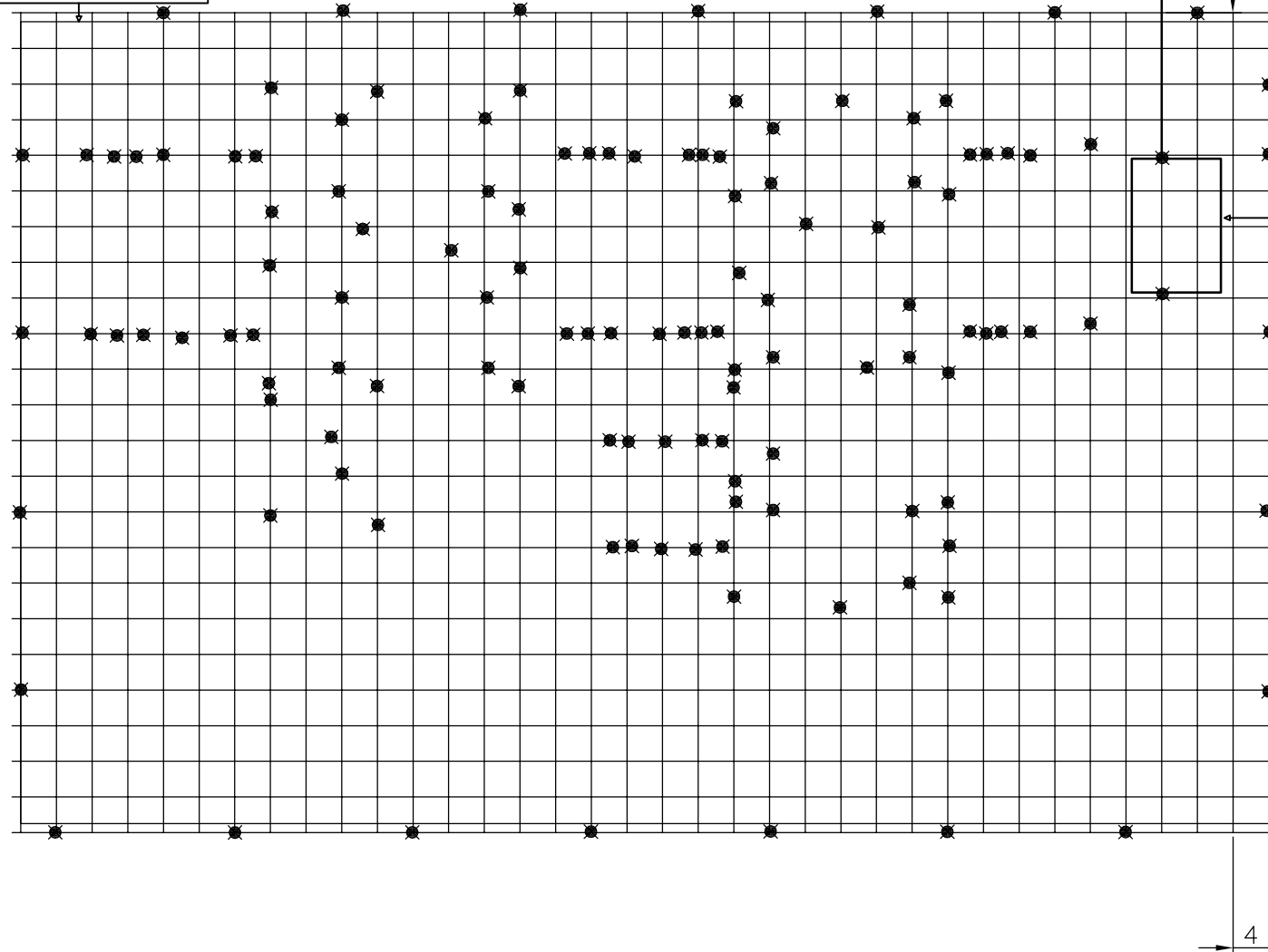
NIVEL 45 kV

1	Autoválvula
2	Terminal de empalme

\* COTAS EN METROS

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/150	PERFIL LÍNEA TRANSFORMADOR 132/45 kV SECCIÓN D-D		

Valla exterior



Edificio

### LEYENDA

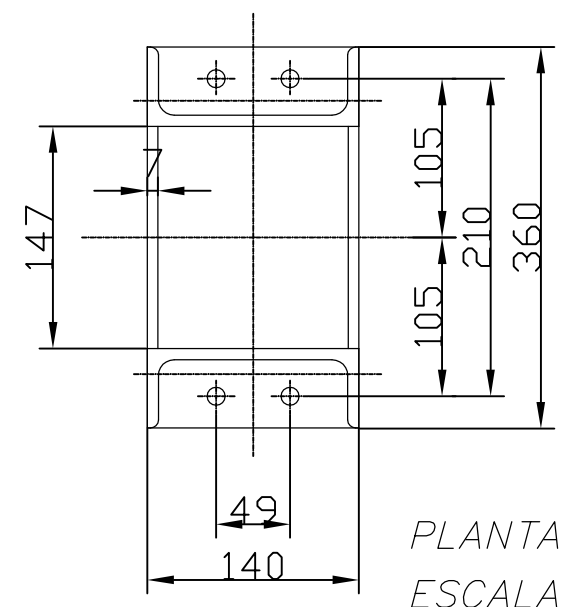
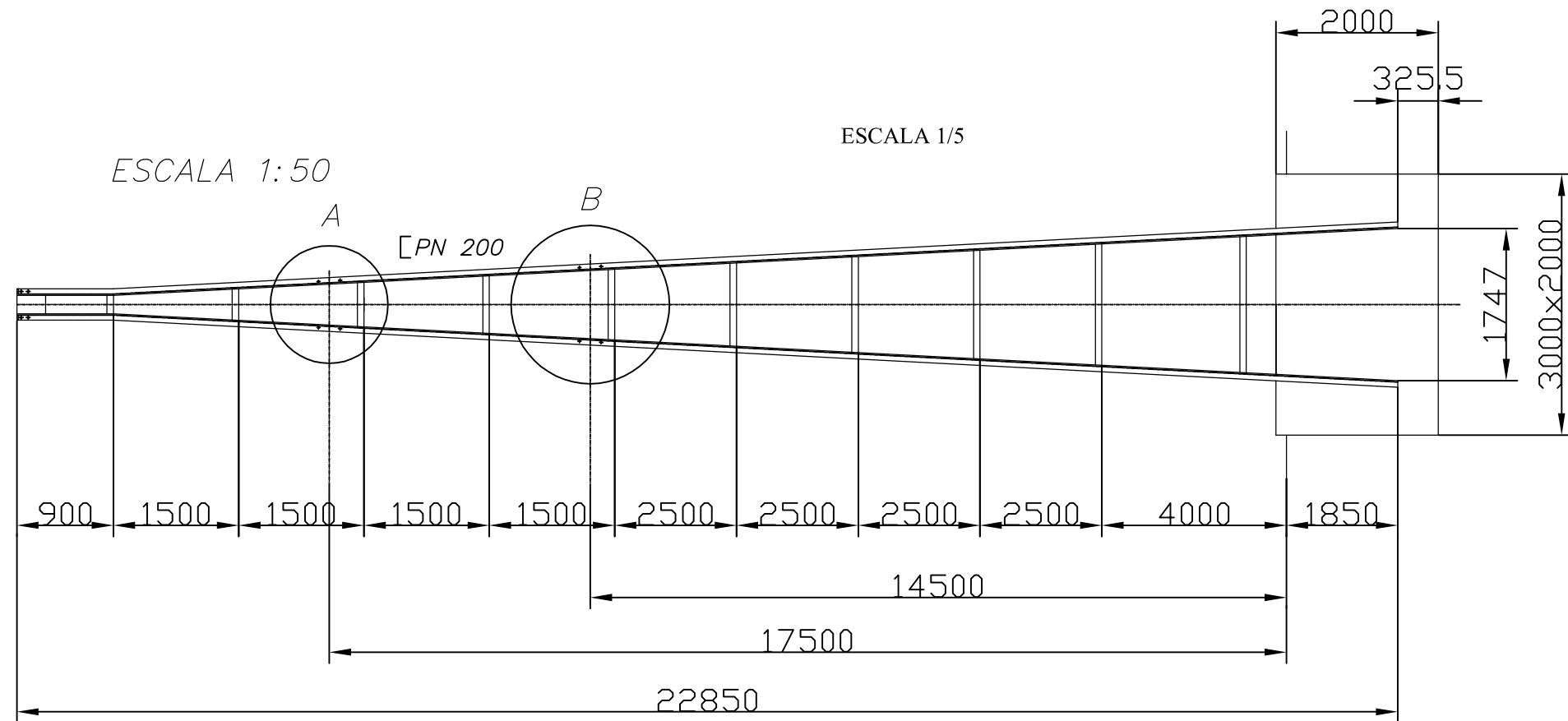
Unión tierra mediante soldadura 

Red mallada de tierra 

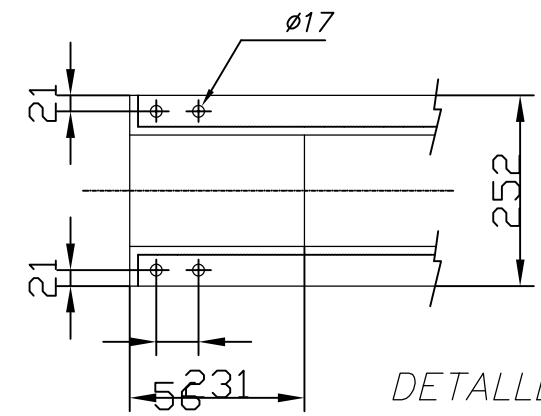
Neutro transformador SS.AA. 

\*COTAS EN METROS

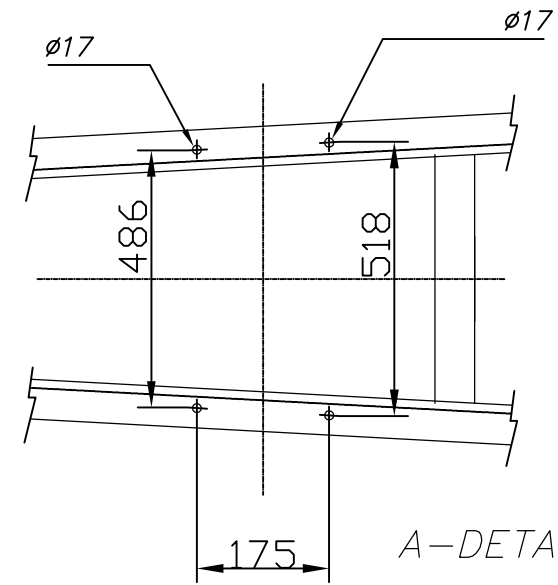
FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/500	ESQUEMA RED DE TIERRAS		PLANO: 17
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



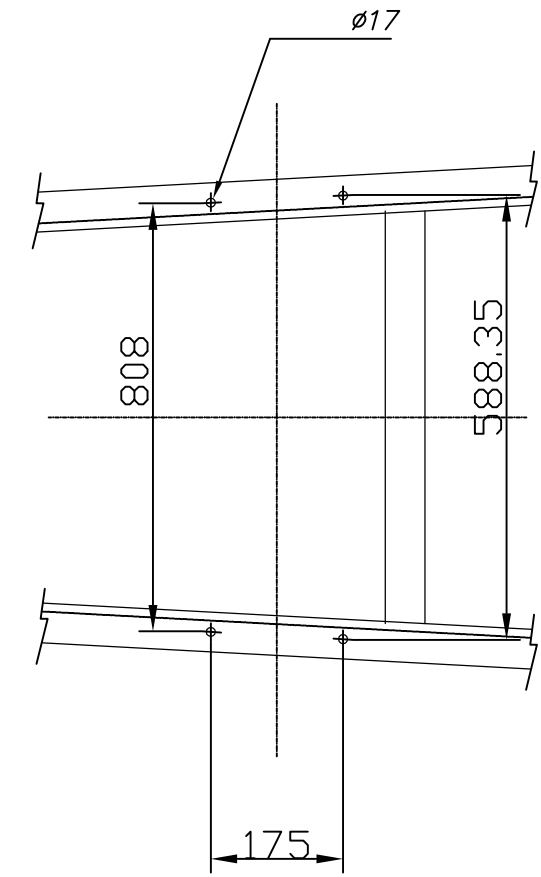
PLANTA CABEZA  
ESCALA 1:5



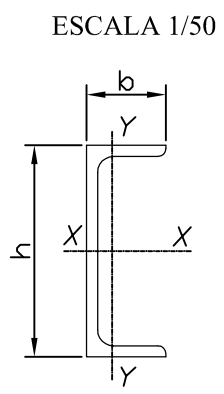
DETALLE CABEZA  
ESCALA 1:10



A-DETALLE AGUJEROS  
ESCALA 1:10



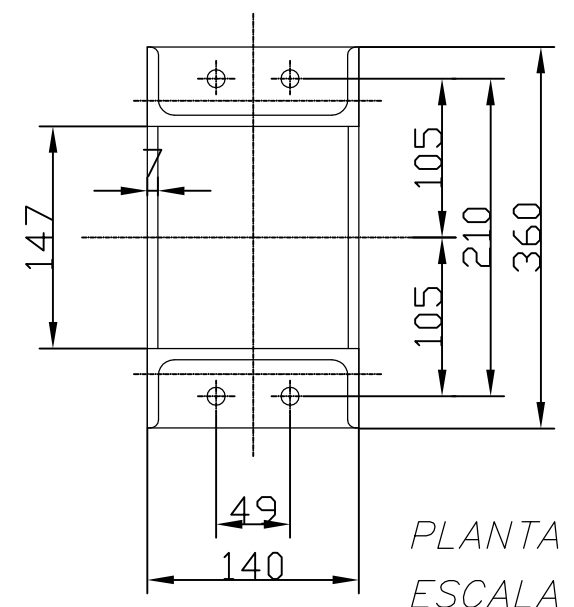
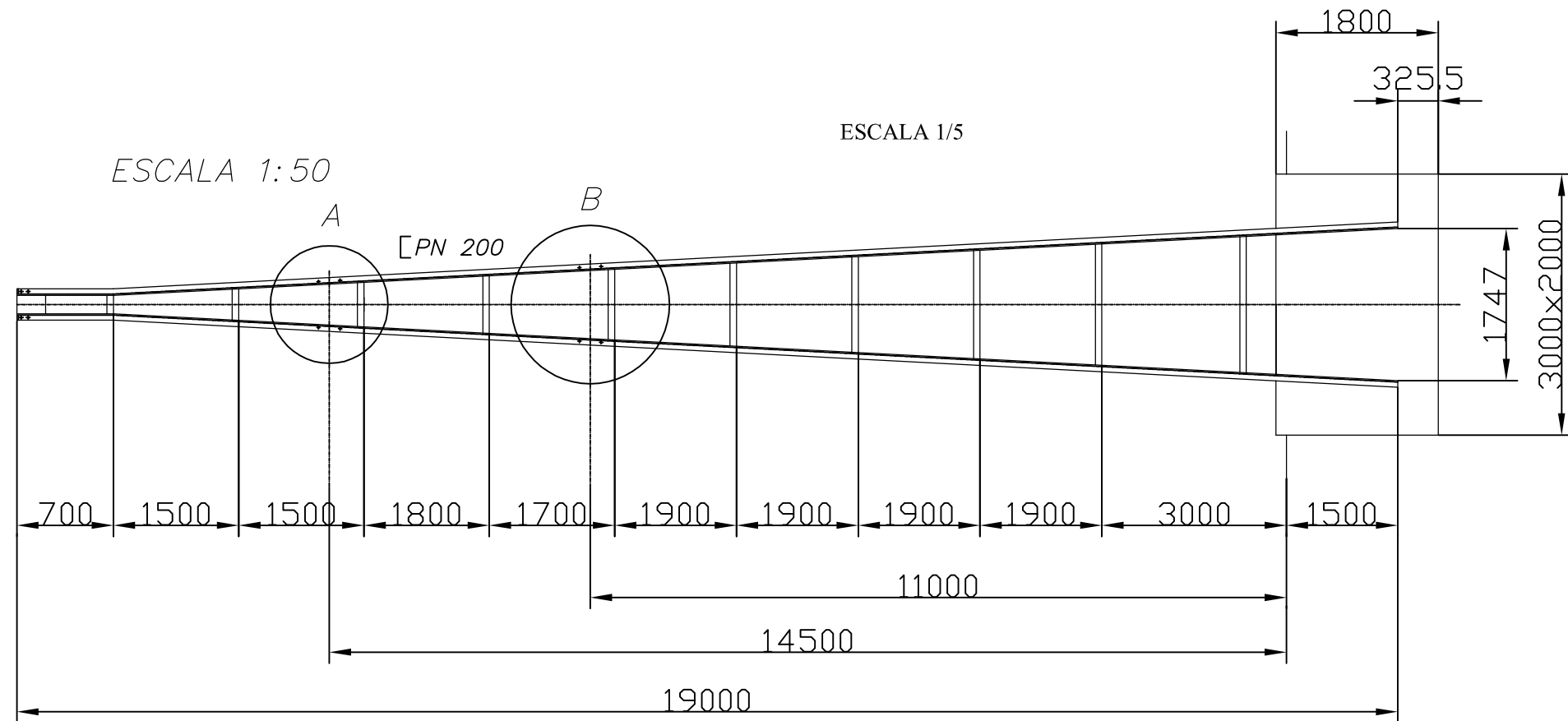
B-DETALLE AGUJEROS  
ESCALA 1:10



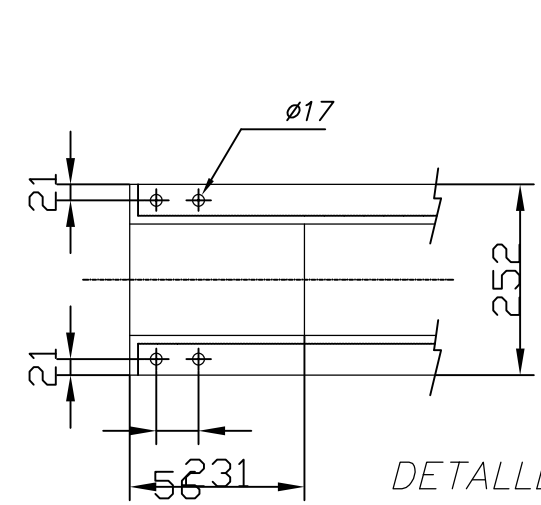
PERFIL	h x b	ESPEJOR <sup>2</sup>
PN 200	200x75	8.5

AREA (cm)  
32.2

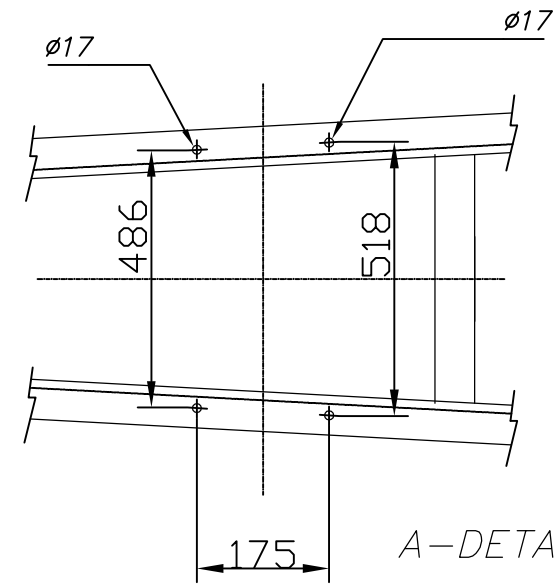
FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/50 1/10 1/5	ESQUEMA APOYO TIPO 1		PLANO: 18 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



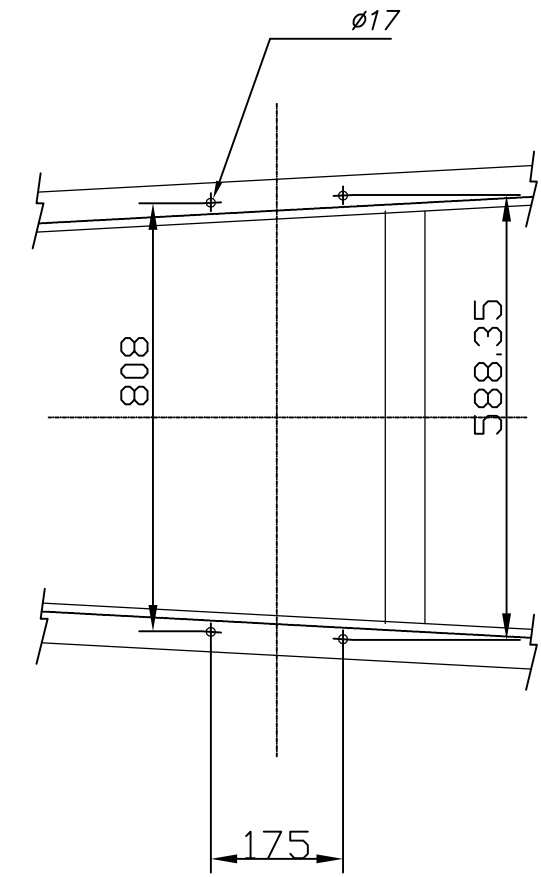
PLANTA CABEZA  
ESCALA 1:5



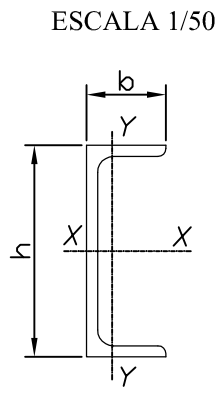
DETALLE CABEZA  
ESCALA 1:10



A-DETALLE AGUJEROS  
ESCALA 1:10



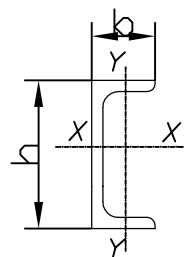
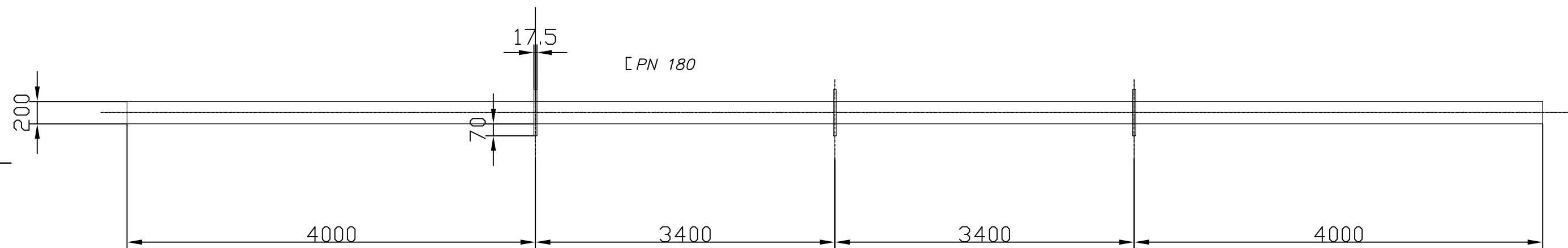
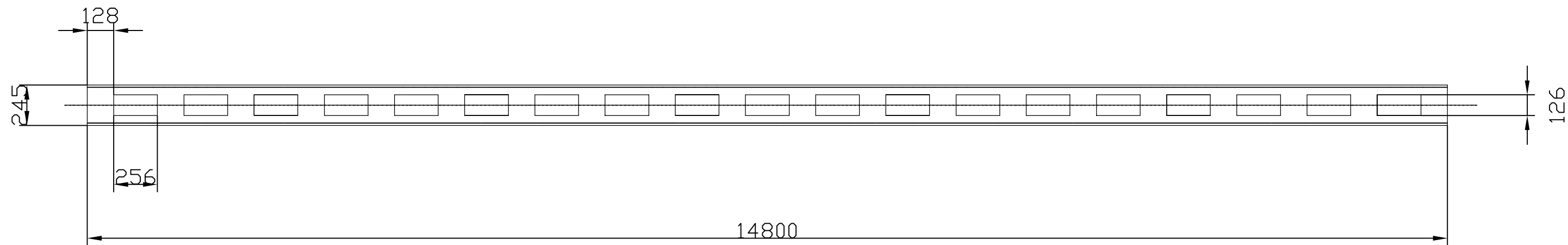
B-DETALLE AGUJEROS  
ESCALA 1:10



PERFIL	h x b	ESPESOR <sup>2</sup>
PN 200	200x75	8.5

AREA (cm)  
32.2

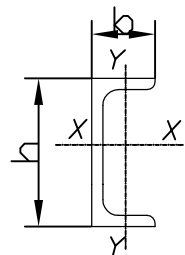
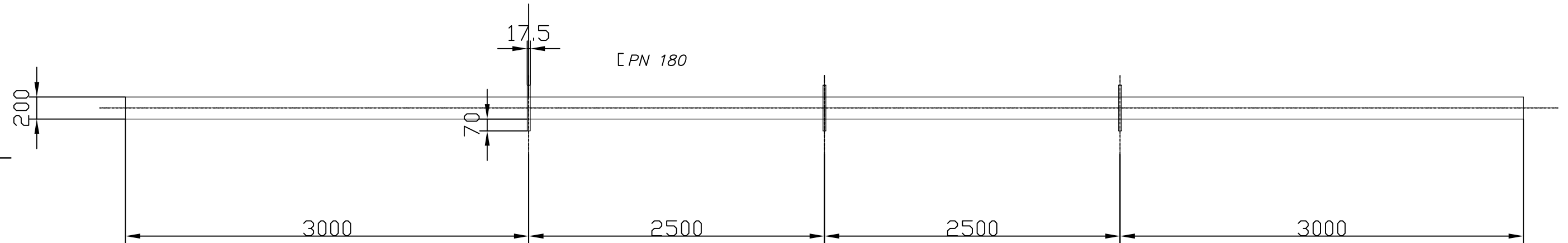
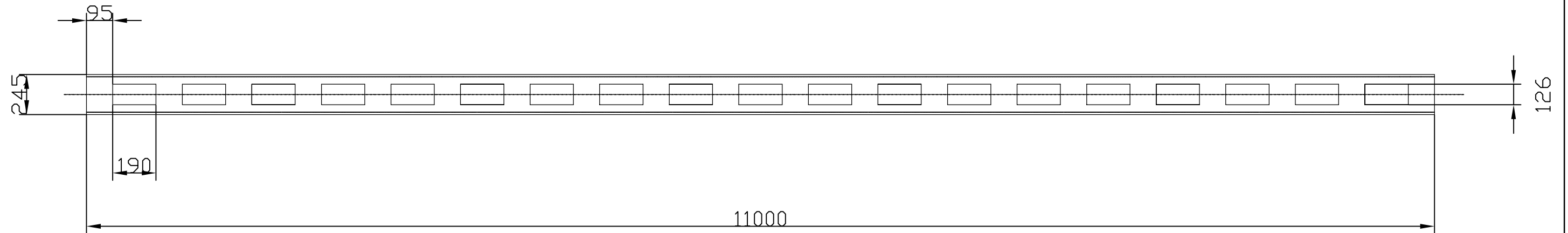
FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/50 1/10 1/5	ESQUEMA APOYO TIPO 2		PLANO: 19 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



PERFIL	$h \times b$	ESPESOR <sup>2</sup>
PN 180	180x70	8

AREA (cm)  
28

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/25	ESQUEMA VIGA TIPO A		PLANO: 20 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

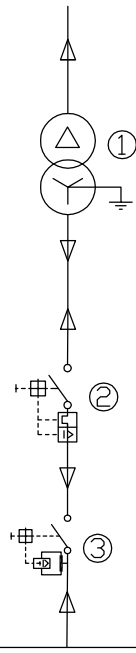


PERFIL	$h \times b$	ESPESOR <sup>2</sup>
PN 180	180x70	8

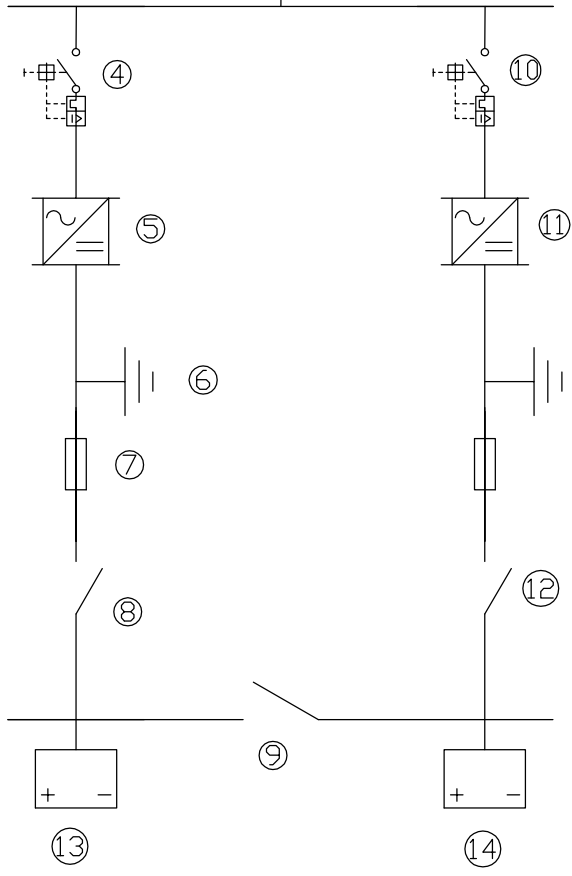
AREA (cm)  
28

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/25	ESQUEMA VIGA TIPO B		PLANO: 21
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

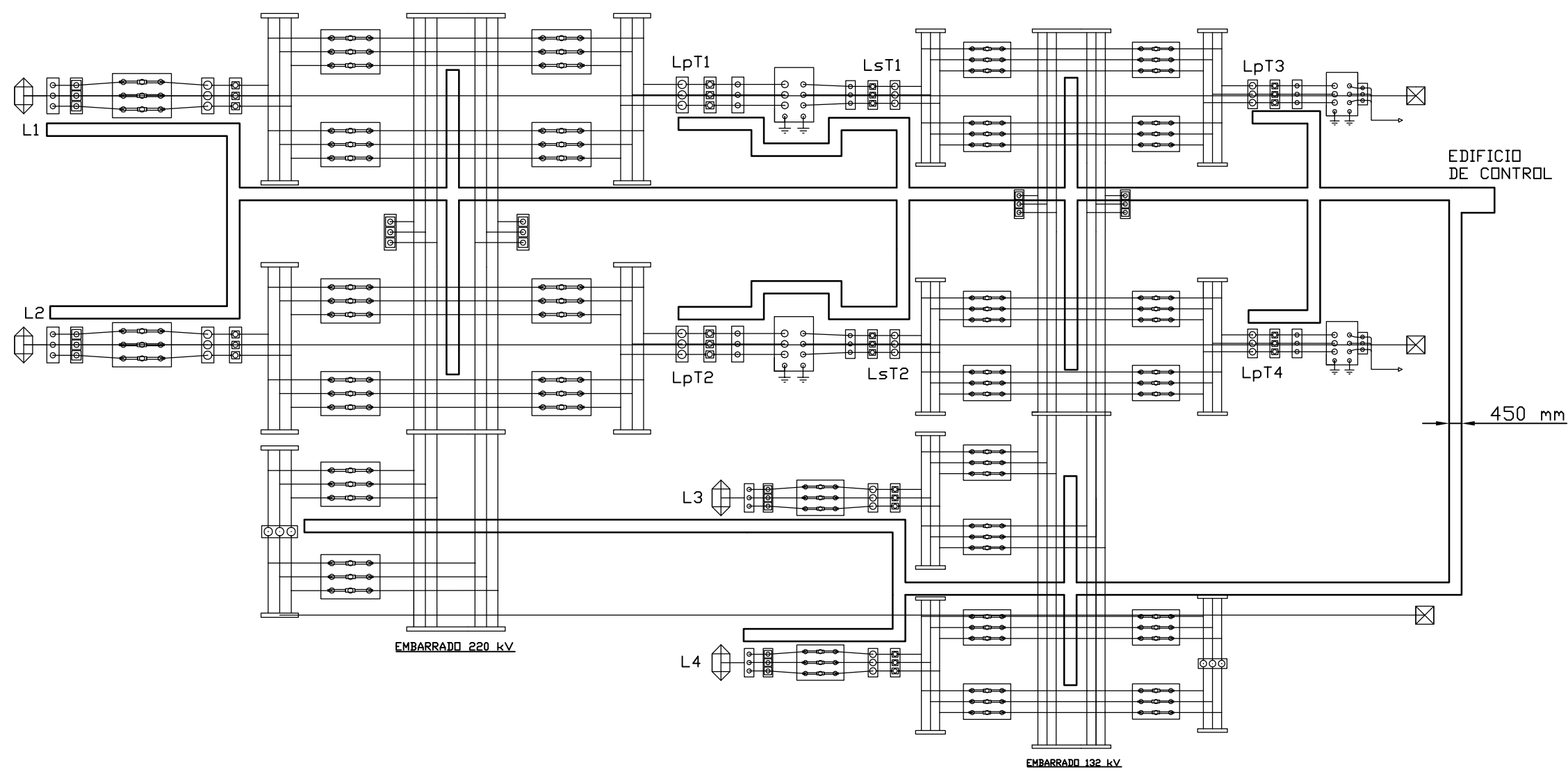




- 1: TRANSFORMADOR SS.AA.
- 2: INTERRUPTOR GENERAL
- 3: DIFERENCIAL
- 4: INTERRUPTOR BATERÍA 1
- 5: CONVERSOR BATERÍA 1
- 6: TOMA TIERRA
- 7: FUSIBLES BATERÍA 1
- 8: INTERRUPTOR BATERÍA 1
- 9: INTERRUPTOR CONMUTADOR
- 10: INTERRUPTOR BATERÍA 2
- 11: CONVERSOR BATERÍA 2
- 12: INTERRUPTOR BATERÍA 2
- 13: BATERÍA 1
- 14: BATERÍA 2

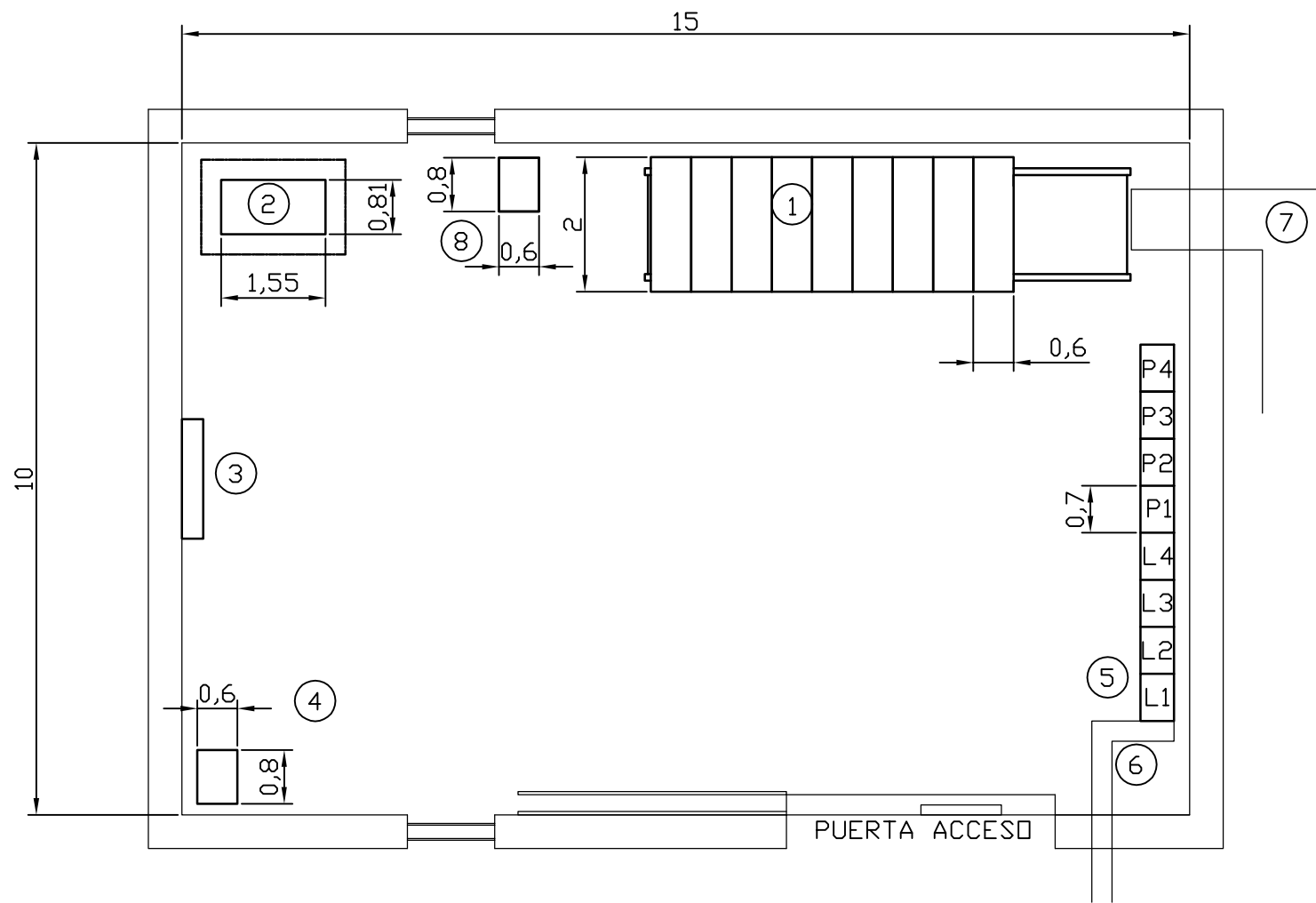


FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: S/E	ESQUEMA CONEXIÓN BATERÍAS DE CORRIENTE CONTINUA		PLANO: 22
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



— ELEMENTOS DE LA SUBESTACIÓN  
 — ATARJEAS REVISABLES

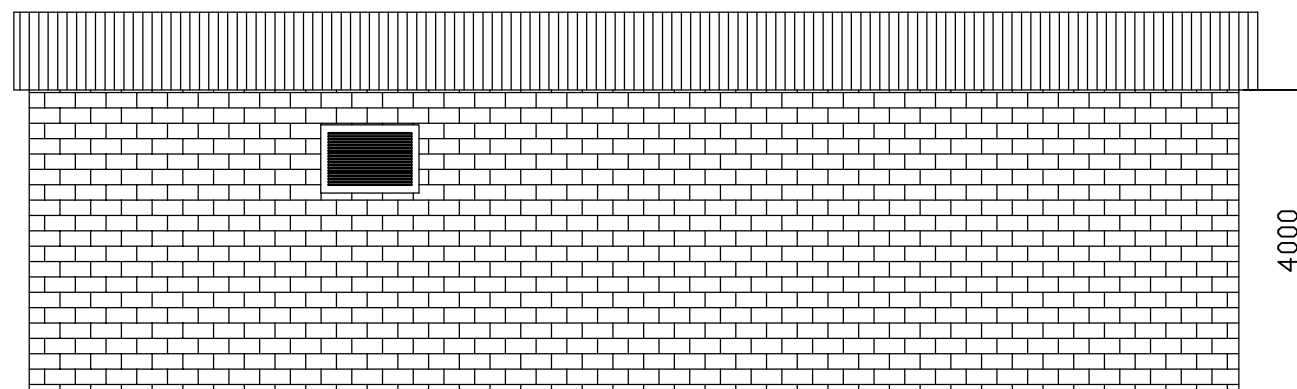
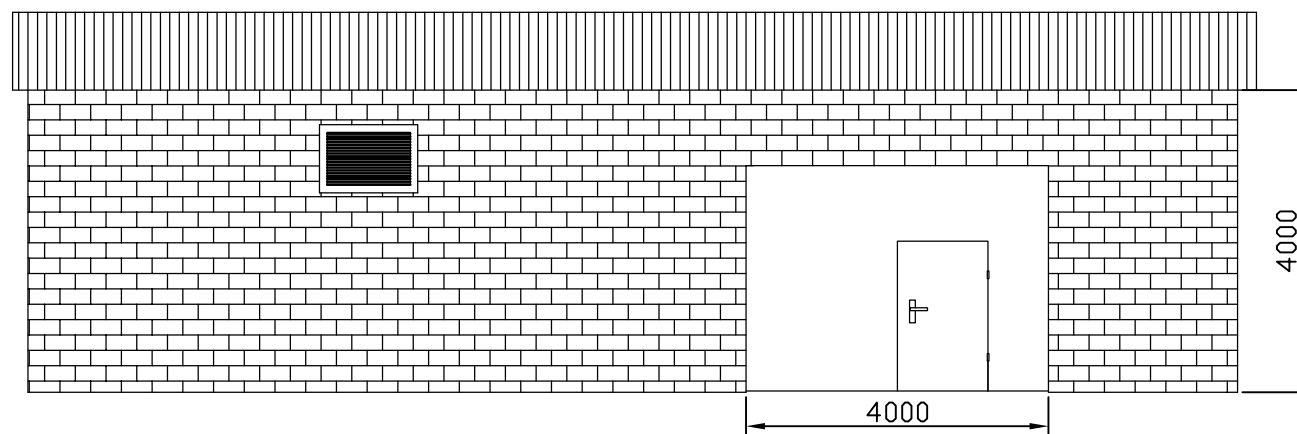
FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/500	ESQUEMA DE ATARJEAS REVISABLES		PLANO: 23
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



### LEYENDA

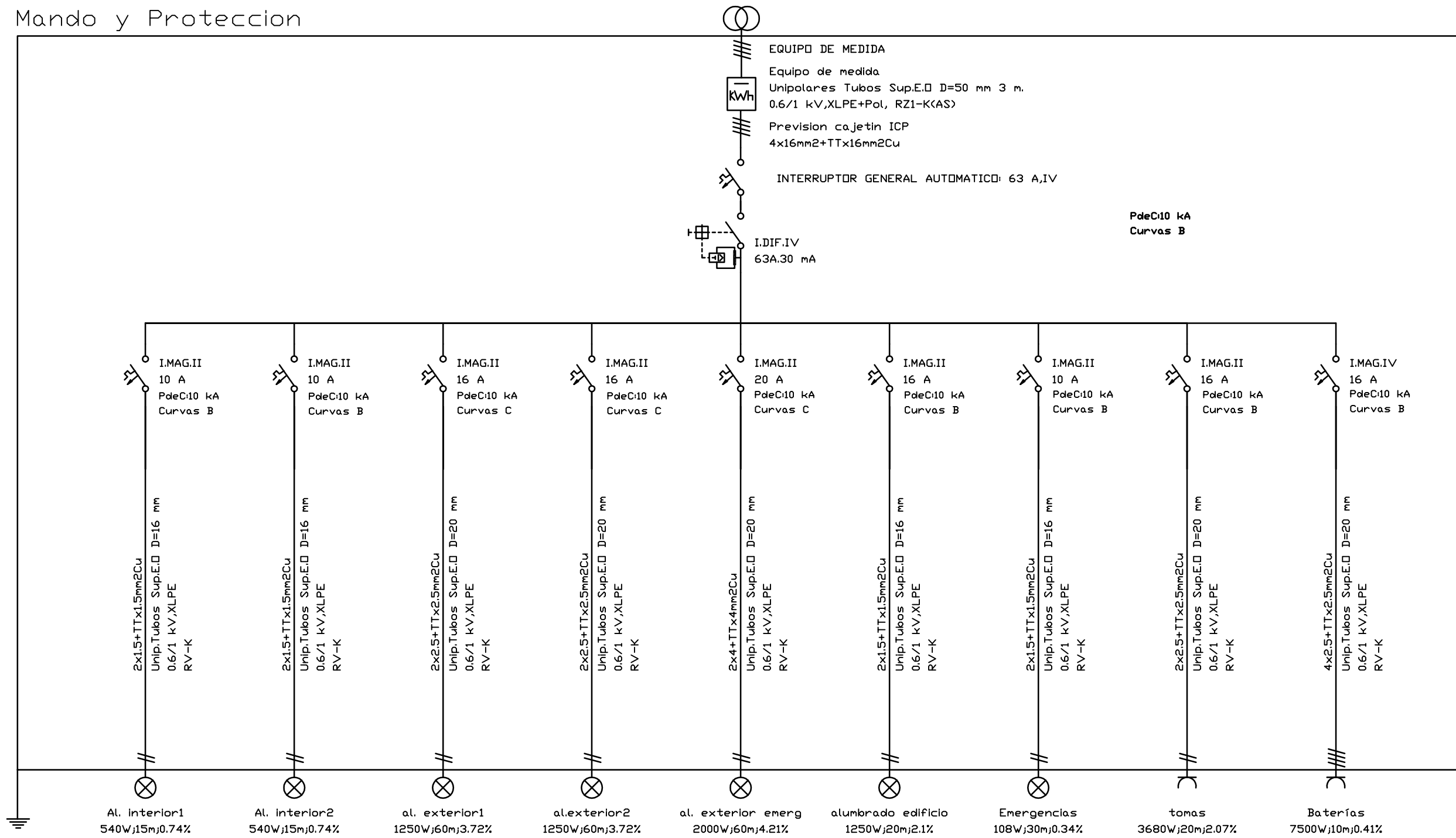
- 1 CELDAS MT
- 2 TRANSFORMADOR SS.AA.
- 3 CUADRO BT
- 4 BLOQUE BATERÍAS CC
- 5 RELÉS Y PANELES
- 6 ENTRADA CABLES DE MANDO (ATARJEA)
- 7 ENTRADA CABLES DE MT (SUBTERRÁNEA)
- 8 BLOQUE CONDENSADORES

\*COTAS EN metros



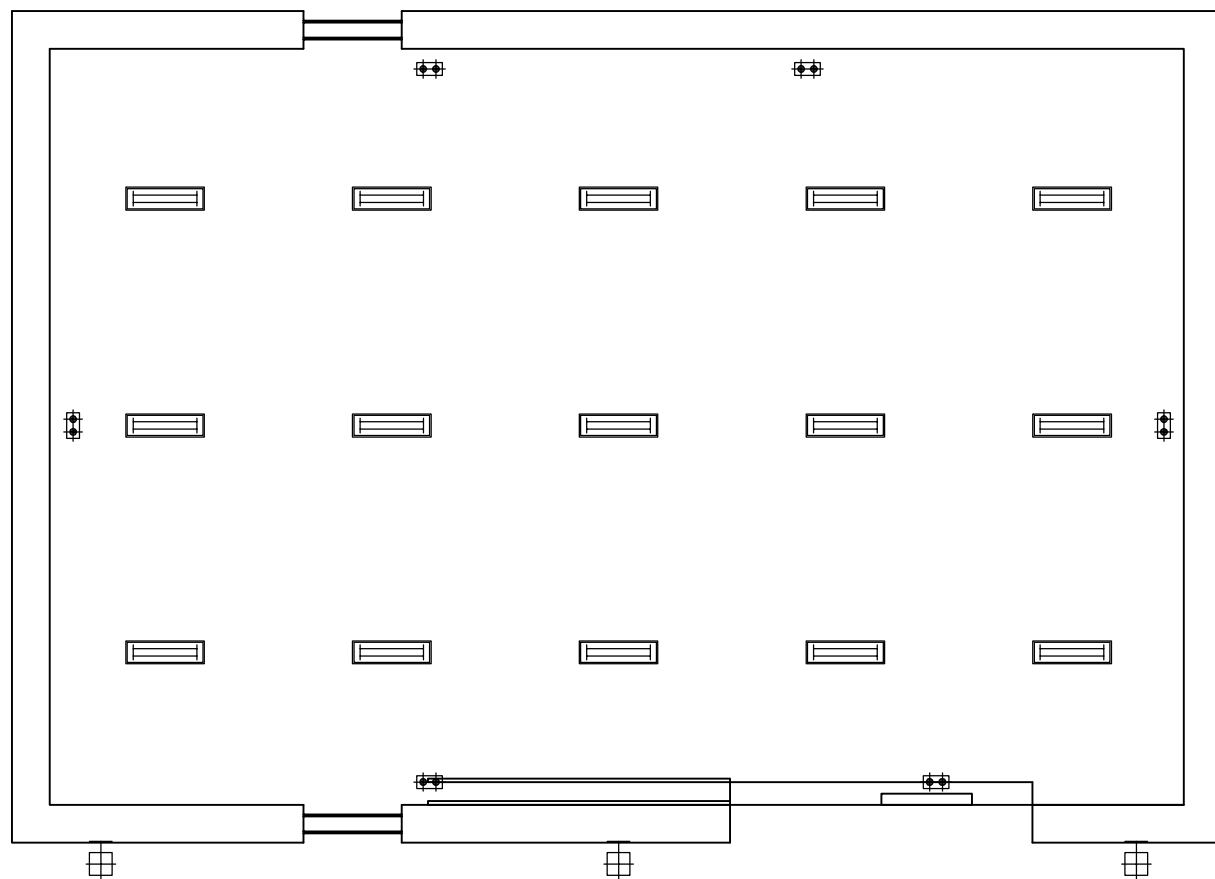
FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/100	PLANTA Y ALZADO EDIFICIO DE CONTROL		PLANO: 24 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

# Cuadro General de Mando y Protección



FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: S/E	CUADRO BAJA TENSIÓN DE SISTEMAS AUXILIARES		
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

EDIFICIO OBRA CIVIL



ESCALA 1/1000

LEYENDA

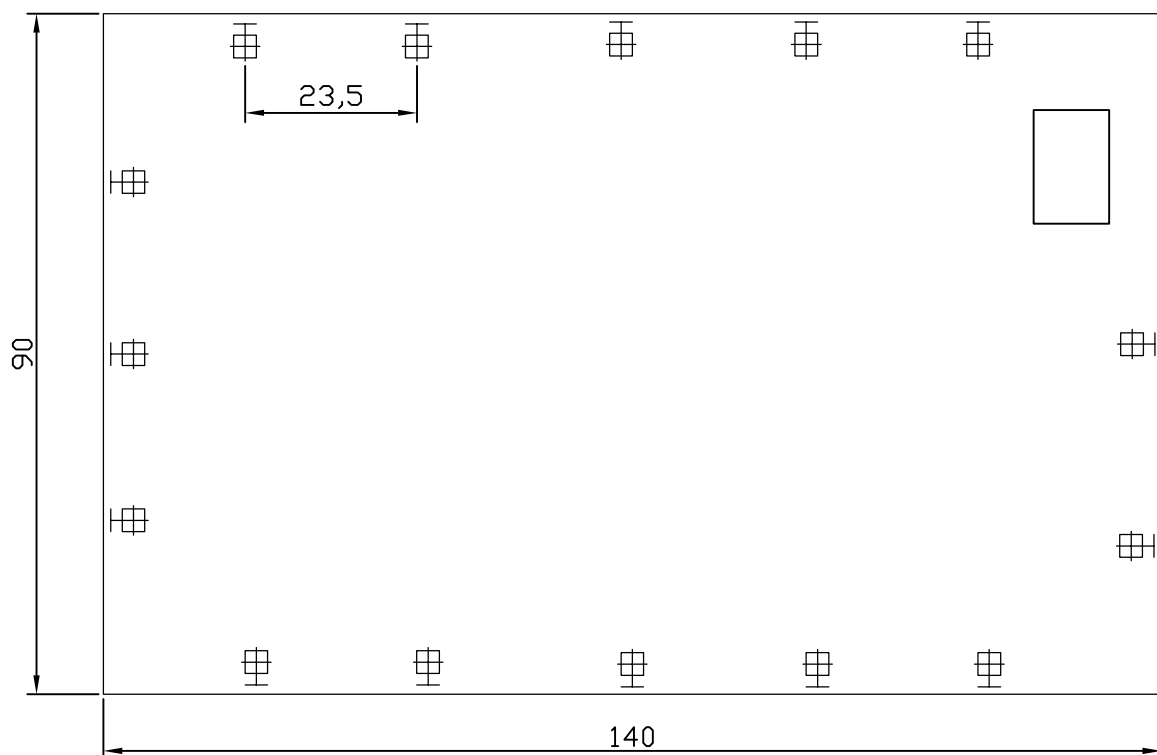
LUMINARIAS INTERIOR

LUMINARIAS DE EMERGENCIA

PROYECTORES EXTERIORES

\* COTAS EN METROS

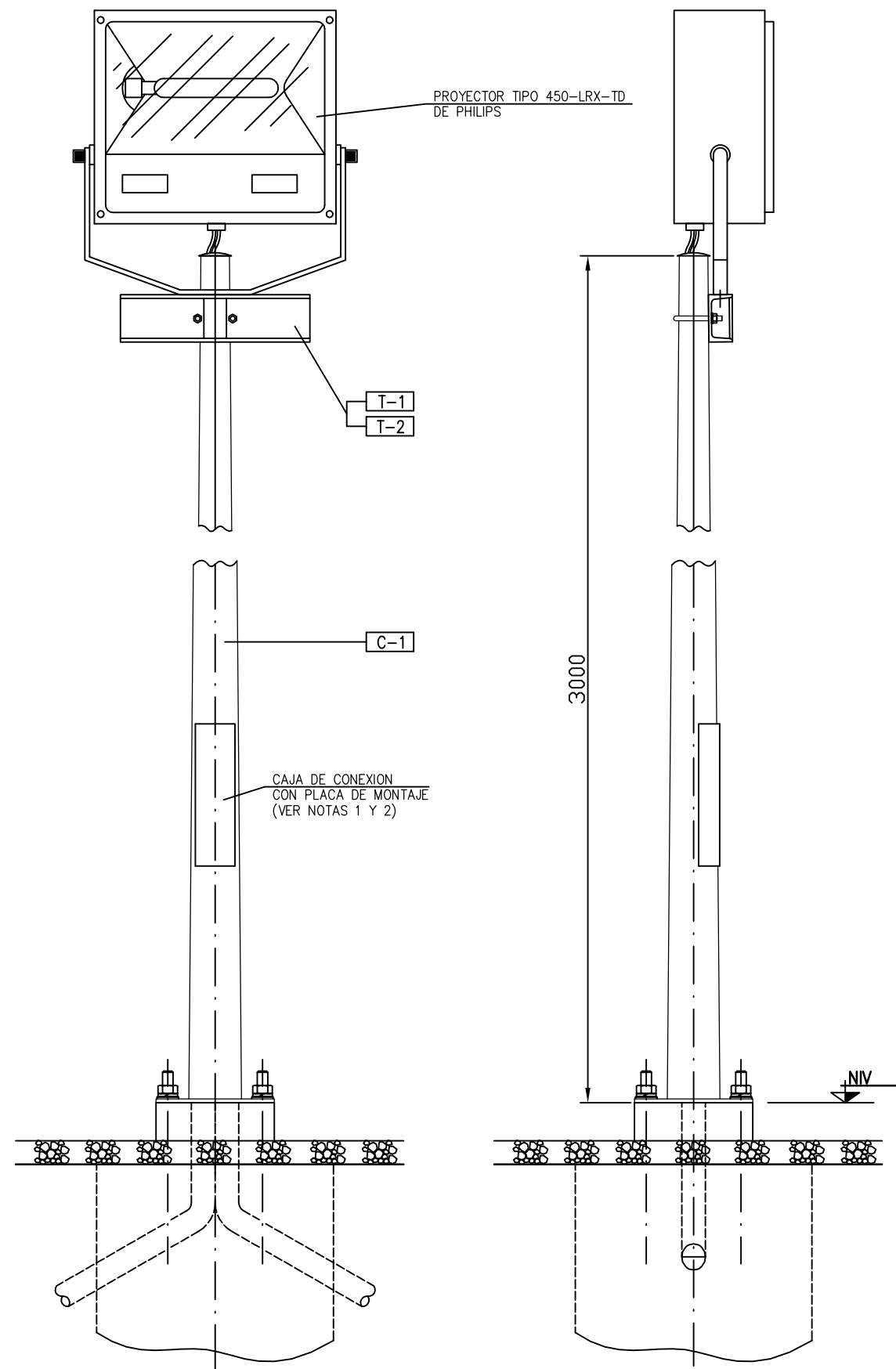
RECINTO S.E.T.



PUERTA DE ACCESO

ESCALA 1/100

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/100 1/1000	PLANTA Y ALZADO EDIFICIO DE CONTROL		PLANO: 26
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD



DETALLE TIPICO MONTAJE PROYECTORES  
ESCALA 1:10

SIMBOLOS

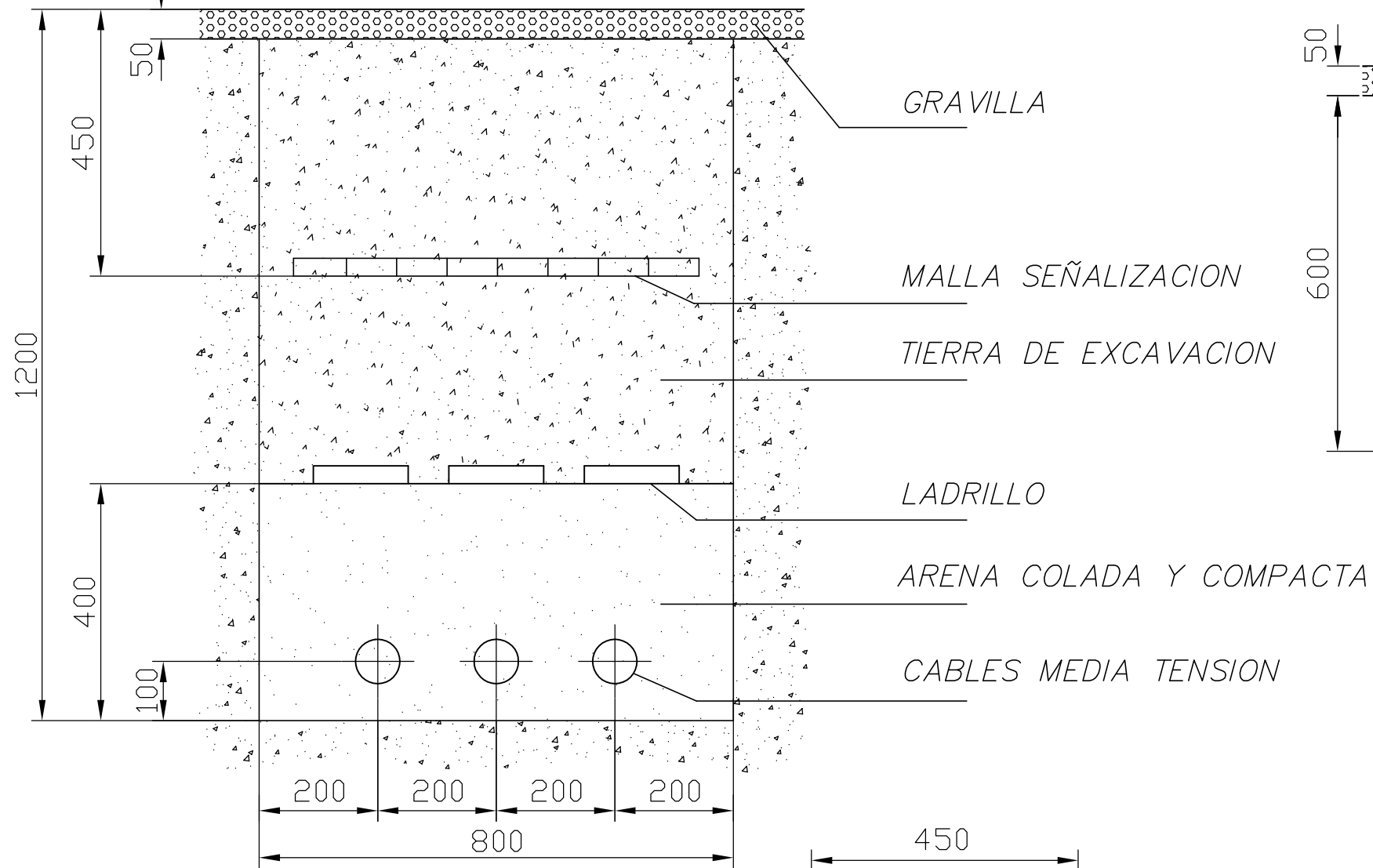
SIMBOLOS	DESCRIPCION	CANT.
	PROYECTOR MODELO 450-LRX-TD DE "INDALUX" PARA UNA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION DE 250 W.	16
	LUMINARIA CERRADA MODELO 250-ICJ-RX DE "INDALUX" CON ACCESORIOS Y LAMPARA DE S.A.P. DE 150 W.	6
	CIRCUITO ALUMBRADO INTENSIVO ( 4x4 mm2 )	300 mts.
	CIRCUITO ALUMBRADO FOTOCELULA ( 4x4 mm2 )	133 mts.
AI-	IDENTIFICACION PROYECTORES DEL CIRCUITO ALUMBRADO INTENSIVO	
AF-	IDENTIFICACION PROYECTORES Y LUMINARIAS DEL CIRCUITO ALUMBRADO FOTOCELULA	
C-1	COLUMNA DE FIJACION TIPO EUROPEO 3MM DE "PETITJEAN" DE 3 mts. DE ALTURA CON CAJA DE CONEXION Y PLACA DE MONTAJE	17
T-1	TRAVESAÑO DE FIJACION PARA 1 PROYECTOR TIPO 688 031 1743 DE "PETITJEAN"	6
T-2	TRAVESAÑO DE FIJACION PARA 2 PROYECTORES TIPO 688 031 1753 DE "PETITJEAN"	5

NOTAS

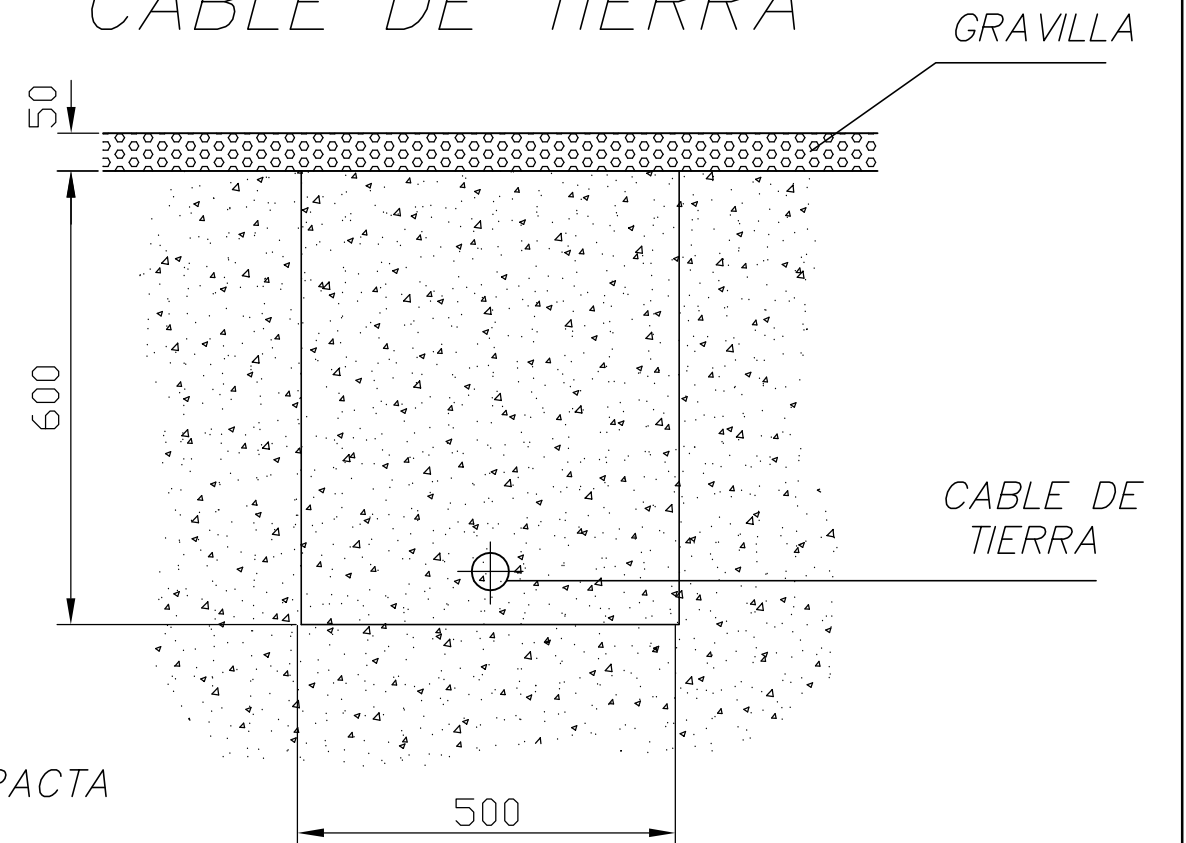
- 1.- LAS BASES PORTAFUSIBLES A INSTALAR EN LAS BASES DE LAS COLUMNAS SERAN DEL TIPO ZR-25 DE CRADY O SIMILAR, Y EQUIPARAN FUSIBLES DE 6A.
- 2.- LAS BORNAS A INSTALAR EN LAS BASES DE LAS COLUMNAS SERAN DE BAQUELITA DE 10-16 mm. DE SECCION, TIPO 1750 DE CLAVED O SIMILAR.

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/25	ESQUEMA DE CONEXIÓN LUMINARIAS EXTERIORES		PLANO: 27
			HOJA: 1
			ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD

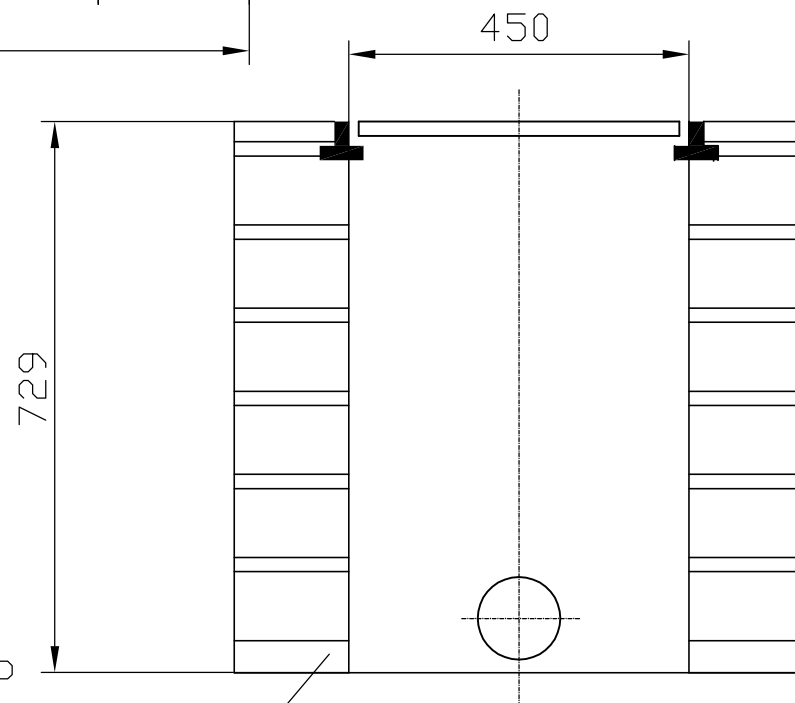
# DETALLE ZANJA CABLE SUBTERRANEO



# DETALLE ZANJA CABLE DE TIERRA



# DETALLE CANAL



Fabrica de ladrillo ceramico macizo (citara) enfoscada interiormente

FECHA: 15/08/2011	AUTOR: PÉREZ SÁNCHEZ, PABLO	FIRMA:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
ESCALA: 1/10	ESQUEMA DE ZANJAS Y ATARJEAS REVISABLES		PLANO: 28 HOJA: 1 ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD