



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Diseño de Subestación Eléctrica
Transformadora 220/132/15kV

Autor

Javier Sánchez Hernández

Director

Antonio Montañés

Escuela Universitaria de Ingeniería y Arquitectura

2022



Índice de anexos

1. MEMORIA DESCRIPTIVA	3
2.CALCULOS JUSTIFICATIVOS	51
3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	109
4. PLANOS	121
5. SEGURIDAD Y SALUD	141
6.PRESUPUESTO	148



1. MEMORIA DESCRIPTIVA



1. MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1.1. ANTECEDENTES.....	6
1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO	6
1.3. REGLAMENTACIÓN	6
1.4. LOCALIZACION	6
1.5. NECESIDAD	6
1.6. TITULAR DE LA INSTALACIÓN	7
1.7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y APARAMENTA	7
1.7.1. Descripción general.....	7
1.7.2. Descripción del sistema.....	8
1.7.2.1. Líneas de entrada de 220 kV (L1 y L2).....	8
1.7.2.2. Embarrado 220kV E1.....	13
1.7.2.3. Líneas de los transformadores T1 y T2.....	14
1.7.2.4. Embarrado 132kV E2.....	20
1.7.2.5. Líneas de salida 132kV (L3, L4, L5, L6).....	20
1.7.2.6. Línea del transformador T3.....	23
1.7.2.7. Embarrado 15kV E3.....	24
1.7.2.8. Líneas de salida 15kV (L7, L8, L9, L10, L11).....	27
1.7.3. Resumen líneas descritas	27
1.7.4. DESCRIPCIÓN DE LA APARAMENTA SELECCIONADA	28
1.7.4.1. Seccionadores	28
1.7.4.2. Interruptores automáticos	28
1.7.4.3. Autovalvulas.....	29
1.7.4.4. Transformadores de tensión	29
1.7.4.5. Transformadores de intensidad	29
1.7.4.6. Celdas de media tensión	29
1.8. DESCRIPCIÓN OBRA CIVIL	30
1.8.1. Recinto	30
1.8.2. Canalizaciones.....	30
1.8.3. Estructuras	31
1.8.4. Aisladores.....	32
1.8.5. Conductores	33
1.8.6. Cimentación	35
1.8.7. Edificio.....	35
1.9. TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	35
1.9.1. Transformadores T1 y T2	35
1.9.2. Transformador T3	36
1.9.3. Accesorios adicionales de los transformadores.....	36
1.10. RED DE TIERRAS	36
1.10.1. Conductores de red de tierras	36
1.10.2. Finalidades y funciones de la red de tierras	37
1.10.3. Malla de red de tierras.....	37
1.11. SERVICIOS AUXILIARES (SSAA)	37
1.11.1. Transformador de potencia de los SSAA	37
1.11.2. Circuitos del sistema	38
1.11.2.1. Alumbrado exterior	38
1.11.2.2. Alumbrado interior.....	38
1.11.2.3. Tomas schucko	38
1.11.2.4. Alumbrado de edificio	38
1.11.2.5. Alumbrado exterior de emergencia	38
1.11.2.6. Alumbrado interior de emergencia.....	38
1.11.2.7. Aire acondicionado.....	38
1.12. BATERIA DE CONDENSADORES	39
1.13. BATERIA DE CORRIENTE CONTINUA.....	39
1.14. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y MEDIDA DE LA S.E.T	39
1.14.1. Equipos de protección	40



1.14.1.1 Relés de protección	41
1.14.2. Protecciones para las líneas de 220kV y 132kV.....	43
1.14.3. Protecciones de Barras de 220kV y 132kV	44
1.14.4. Protección de los transformadores T1, T2 y T3	45
1.14.5. Protecciones para el nivel 15kV.....	45
1.14.6. Equipos de medida	46
1.14.7. Medida para 220kV.....	46
1.14.7.1. Medida para líneas	46
1.14.7.2. Medida para Transformadores.....	47
1.14.8. Medida para 132kV.....	47
1.14.8.1. Medida para líneas	47
1.14.8.2. Medida para Transformador	47
1.14.9. Medida para el nivel 15kV.....	48
1.14.10. Unidades de control de posición (UCP)	48
1.15. RESUMEN PRESUPUESTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.16. CONCLUSION	50



1.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto del diseño de una Subestación Eléctrica Transformadora se presenta a petición de la Universidad de Zaragoza, la consejería de trabajo e industria, delegación provincial de Zaragoza y el ayuntamiento de Calatayud.

La gran demanda de suministro eléctrico y debido a la aparición de grandes centrales tanto fotovoltaicas como eólicas en la zona, hace necesaria una subestación capaz de cubrir y soportar la sobre carga que sufrirá la red.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el de plantear y presentar el estudio de una Subestación Eléctrica Transformadora, con niveles de tensión 220/132/15 kV. Destinada a evacuar la energía producida por sistemas de generación renovables, reforzando a su vez el sistema eléctrico de la zona y ofreciendo suministro a las poblaciones cercanas. Siempre cumpliendo con todas las garantías mínimas exigidas por la normativa vigente.

1.3. REGLAMENTACIÓN

El proyecto en cuestión ha sido realizado siguiendo todas las especificaciones técnicas contenidas en:

- Reglamento de líneas de Alta Tensión. Real Decreto 223/2008, de 15 de Febrero y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento de Alta Tensión. Real Decreto 337/2014, de 9 de Mayo y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento de Baja Tensión. Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto.
- Normas UNE
- Real decreto 614/2001, de 8 de Julio, sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a riesgos eléctricos.
- 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.
- Normativa interna grupo ENEL
- Norma ENDESA: SRZ001_EP_Subestaciones AT-MT
- REE: criterios generales de protección de los sistemas eléctricos peninsular español.

1.4. LOCALIZACION

La S.E.T se encuentra situada en el término municipal de Calatayud, provincia de Zaragoza, concretamente en las Banquillas accesible desde el camino de la cuesta de las eras. A una distancia de 2,5 km del núcleo urbano.

1.5. NECESIDAD

Debido al prospero crecimiento de los sistemas de generación de energías renovables a causa de la buena situación geográfica, la deslocalización de las grandes industrias de las grandes ciudades para situarse en este tipo de zonas y el rápido crecimiento demográfico; se hace inherente la instalación de una S.E.T.



Con dicha instalación se pretende evacuar la energía generada por los sistemas de generación de energía renovable mencionados, reforzar las líneas de la zona y dar servicio tanto a pueblos y zonas residenciales de los alrededores como a las industrias colindantes.

1.6. TITULAR DE LA INSTALACIÓN

El presente proyecto es realizado a petición de la escuela de ingeniería y arquitectura de Zaragoza junto con el Excmo Ayuntamiento de Calatayud y la colaboración del grupo ENEL que será propietario de la instalación a partir del nivel de MT de 15kV y se encargará de su distribución.

1.7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN Y APARAMENTA

1.7.1. Descripción general

La subestación eléctrica transformadora tiene una superficie de 15.000 m^2 , con dos líneas de entrada de tensión nominal 220 kV denominadas L1 y L2. Mediante un sistema de doble embarrado se conecta con dos transformadores T1 y T2, de 150MVA cada uno, los cuales reducen la tensión nominal a 132 kV. En el nivel de 132 kV se encuentra otro embarrado doble en el cual tenemos cuatro líneas de salida L3, L4, L5 y L6; y una quinta que alimenta el transformador de 25 MVA con el que se reduce la tensión a 15 kV. Este nivel se encuentra en el interior de un edificio de obra civil junto con todos los armarios de protección y los servicios auxiliares. Estará conformado por seis celdas de línea, la de batería de condensadores, L7, L8, L9, L10, L11 y 2 celdas de trafo, la proveniente del transformador de 25 MVA y la celda dedicada a los servicios auxiliares que alimentará el trafo de SSAA. Todas estas celdas estarán unidas por una barra simple en el interior de estas. En el punto **1.7.3. Resumen líneas descritas**. Se muestra una tabla especificando todos estos elementos mencionados.

Podemos diferenciar entre dos partes, la primera será a intemperie en la que se encuentran los niveles de 220 kV y 132 kV, la segunda será interior en la que nos encontramos el nivel de 15 kV instalado en un edificio de obra civil.

-Intemperie

En ella encontramos las dos líneas de entrada a la S.E.T en el nivel de 220kV que se denominara L1 y L2. Los tres transformadores de potencia de la instalación, dos de 150 MVA cada uno entre los niveles de 220 kV y 132 kV y el tercero de 25 MVA entre los niveles de 132 kV y 15 kV. Además de 4 líneas de salida de 132 kV y toda la aparamenta necesaria.



-Interior

Se encuentre en el interior de un edificio de obra civil y comprende en su interior toda la aparamenta necesaria en el nivel de 15kV, así como los servicios auxiliares y las baterías de condensadores.

1.7.2. Descripción del sistema

.1.7.2.1. Líneas de entrada de 220 kV (L1 y L2)

Estas dos líneas provienen de las líneas de transporte de las instalaciones generadoras. Son dos líneas aéreas con 2 conductores por fase de Aluminio-Acero LA-380 tipo HALCÓN seleccionado de acuerdo con la normativa vigente cumpliendo en características eléctricas y mecánicas. Justificado todo esto en el apartado 2.8. CONDUCTORES.

L1 y L2 serán idénticas, es decir, están formada de la misma aparamenta:

-TRES SECCIONADORES DE COLUMNA GIRATORIA CENTRAL.

Conocidos también como seccionadores de doble apertura lateral, su función es la de aislar entre si partes de una instalación de forma que el corte sea visible, se hace bajo presencia de tensión, pero no en carga por lo que para ello antes se debe abrir el interruptor automático.

En nuestra instalación se encuentran en la línea L1 los seccionadores 89-1, 89-2, 89-3 y en la línea L2 los seccionadores 89-4, 89-5, 89-6. La finalidad de los seccionadores 89-1 y 89-4 es la de separar y conectar a tierra la S.E.T de las líneas de transporte. Los seccionadores 89-2 y 89-3 de la línea L1 y 89-5 y 89-6 de la línea L2 se encargan de unir las líneas a cada uno de las barras del embarrado de 220kV.

Características:

FABRICANTE: MESA

MODELO: SG3CT-245/1600

Tensión nominal: 245kV

Intensidad nominal: 1600 A

Tensiones de ensayo a tierra:

A frecuencia industrial bajo lluvia: 460kV

A impulsos: 1050kV

Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento:

A frecuencia industrial bajo lluvia: 530kV

A impulso: 1200kV

Intensidad de corta duración: 40 KA

Valor de cresta a la intensidad: 100 kA

Tipo de aislador: C4-1050

Dimensiones del equipo en milímetros:

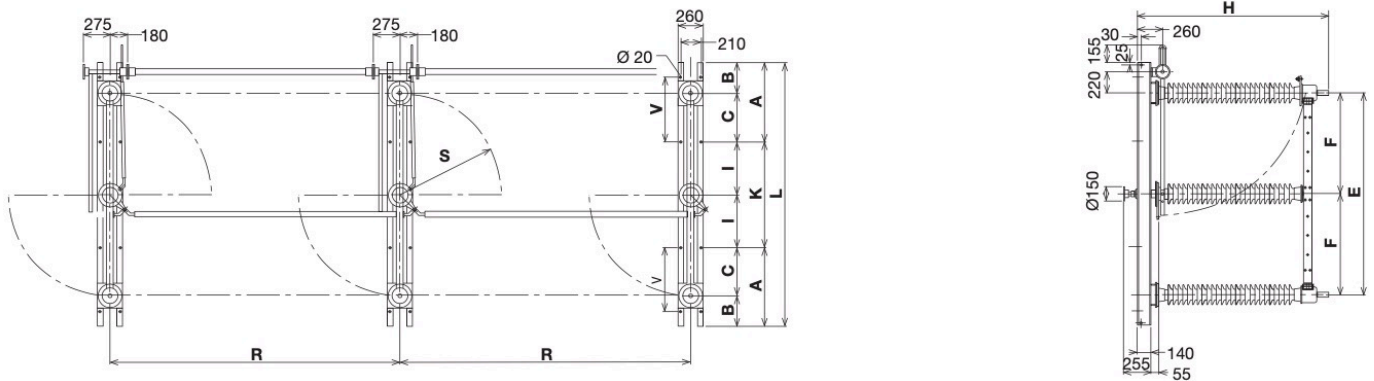


Ilustración 1 Dimensiones seccionador de columna giratoria 220 KV

Siendo:

- A: 715 mm
- B: 315 mm
- C: 400 mm
- E: 3000 mm
- F: 1500 mm
- H: 2755 mm
- I: 1100 mm
- K: 2200 mm
- L: 3630 mm
- R: 4500 mm
- S: 1450 mm
- V: 500 mm

- INTERRUPTOR AUTOMÁTICO POR LÍNEA

El interruptor automático Tienen como finalidad proteger la línea de sobre corrientes, a la vez que da la posibilidad de abrir o cerrar el circuito.

Se instala un interruptor por línea, 52-1 para L1 y 52-2 para L2.

Características:

- FABRICANTE: GEDigitalEnergy
- MODELO: LW25-252
- Tensión nominal: 252 kV
- Nº de interruptores por línea: 1
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 460kV
- Tensión tipo rayo: 1050kV
- Intensidad nominal: 4000 A
- Intensidad de corta duración: 50 kA
- Valor cresta de intensidad: 125 kA

Dimensiones del equipo:

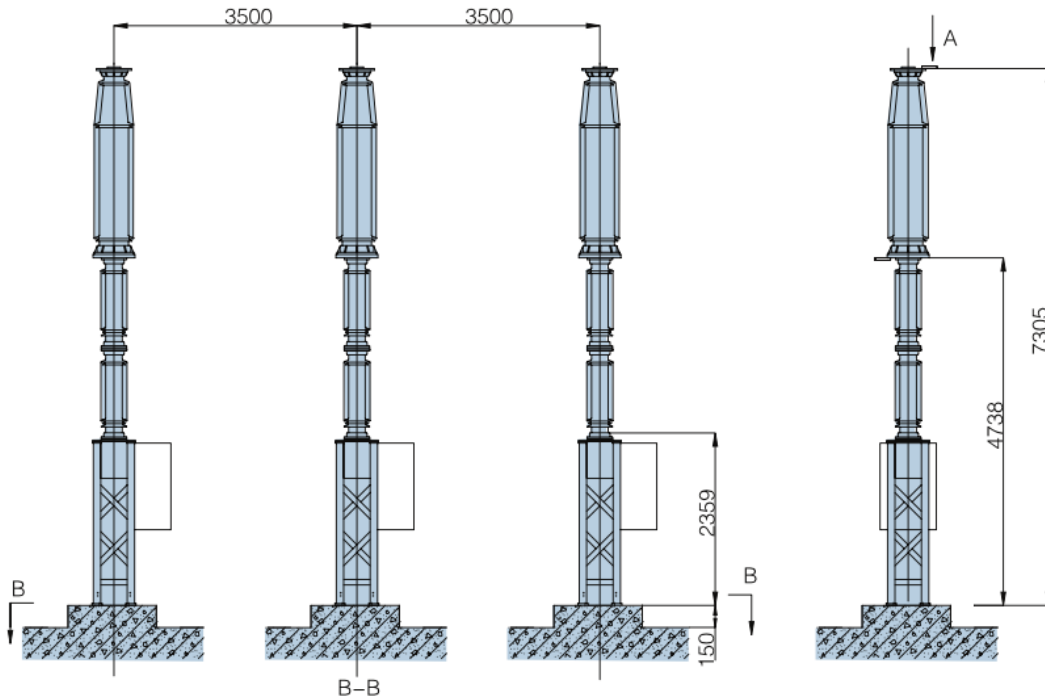


Ilustración 2 Dimensiones Interruptor automático 220kV

-TRES AUTOVALVULAS POR LÍNEA

Se instala una autoválvula por fase y su finalidad es la de proteger de sobre tensiones de tipo rayo o atmosférico, al igual que la de proteger de sobre tensiones producidas durante las maniobras.

Características:

FABRICANTE: SIEMENS
MODELO: 3EL2
Tensión nominal: 245 kV
Tensión asignada: 192 kV
Tensión de servicio continua: 154 kV
Corriente de larga duración 2 ms: 1100 A
Clase de descarga de larga duración: 3

Dimensiones:

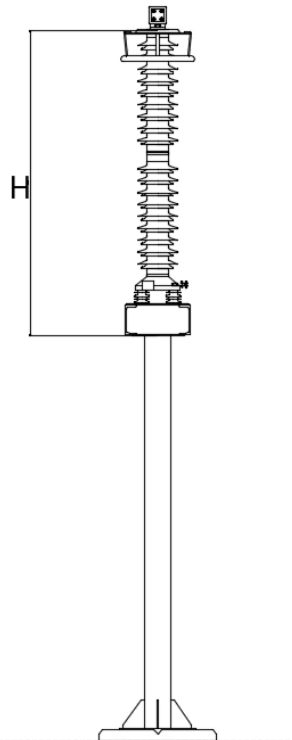


Ilustración 3 Autoválvula 220 kV

Siendo:

H:1767 mm

-TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Se instalarán tres trafos de corriente por fase y su finalidad principal es la de obtener una señal de corriente de las líneas que es utilizada para alimentar las bobinas de los aparatos de protección y medida.

Características:

FABRICANTE: ABB
MODELO: IMB 36-800 KV
Corriente nominal: 1600 A
Rt: 800/5 A
Intensidad max de cc a 1s y:3s 40 kA
Intensidad cresta: 108
Distancia de fuga protegida: 6740 mm
Distancia de contorneo: 1915 mm
Tensión más elevada: 245 kV
1min mojado/seco: 460/460 kV
Impulso tipo rayo: 1050 kV

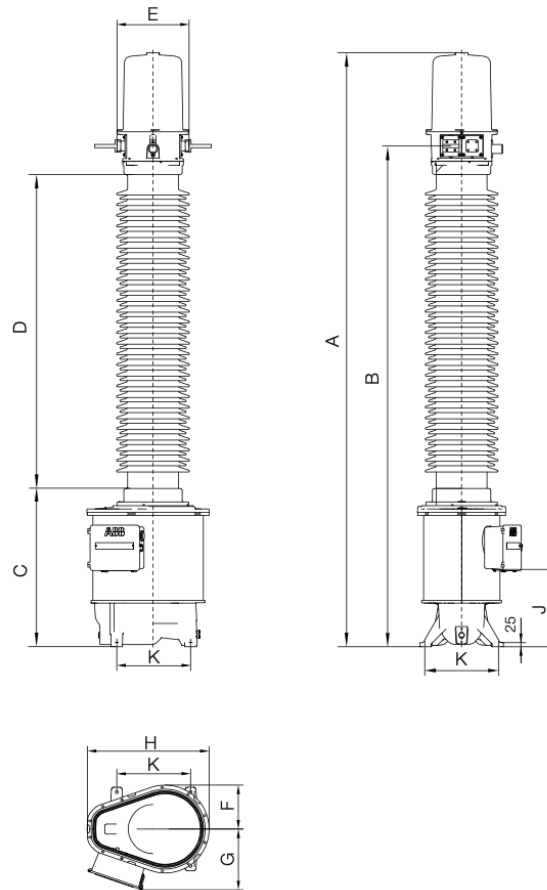


Ilustración 4 T.I 220kV

Siendo:

- A: 3320 mm
- B: 2950 mm
- C: 865 mm
- D: 1915 mm
- E: 440 mm
- F: 235 mm
- G: 335 mm
- H: 595 mm
- J: 110 mm
- K: 410 mm

-TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Se instalarán tres transformadores de tensión, uno por línea cuya finalidad es extraer una señal de tensión de entrada de las líneas, la cual será utilizada para alimentar los aparatos de protección y medida.

Características:

FABRICANTE: ABB
MODELO: CPB 72-800 kV

Tensión más elevada: 245 kV
1min mojado/seco: 460/460 kV
Tensión de prueba PD: 1,2xUm
Distancia de fuga: 6125mm
Distancia de fuga protegida: 2619mm

Dimensiones:

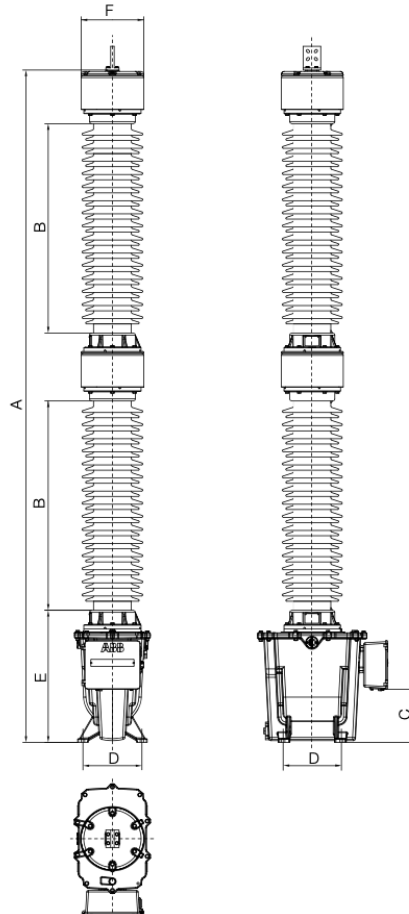


Ilustración 5 TT 220kV

Siendo:

A: 2905 mm
B: 1985 mm
C: 225 mm
D: 335 mm
E: 650 mm
F: 335 mm

.1.7.2.2. Embarrado 220kV E1

El embarrado en el nivel de 220kV se trata de un embarrado aéreo de doble barra de tubo de aluminio 60603 T6 de 100mm de diámetro exterior, cumpliendo con el reglamento, a la que llegan las dos líneas L1 y L2 y del que salen las dos líneas de



alimentación de los transformadores de potencia T1 y T2. También presenta una línea de acoplamiento compuesta por dos seccionadores 89-7 y 89-8 y un interruptor automático 52-3.

Características:

FABRICANTE: BROMETAL
REFERENCIA: 60603 T6
Intensidad nominal admisible: 1500 A
Características físicas:
Diam externo: 100mm
Espesor: 3mm
Sección: 914 mm²
Peso: 2,468 g/m

.1.7.2.3. Líneas de los transformadores T1 y T2

Estas se dividen en las líneas del primario de los transformadores (LpT1 y LpT2) y las líneas del secundario del transformador (LsT1 y LsT2). Presentan el mismo esquema con la diferencia que las magnitudes eléctricas y mecánicas son distintas por lo que la aparamenta seleccionada para cada línea será distinta

Las Líneas LpT1 y LpT2 son dos líneas aéreas de Aluminio-Acero LA-380 tipo HALCÓN. la aparamenta que constituye las líneas LpT1 y LpT2 será:

-DOS SECCIONADORES GIRATORIOS DE APETURA CENTRAL

En la línea LpT1 tenemos 89-9 y 89-10 y en la línea LpT2 tenemos 89-11 y 89-12. Su función es la de conectar y alimentar los transformadores por una de las dos barras del embarrado E1.

Características:

FABRICANTE: MESA
MODELO: SGCT-245/1600
Tensión nominal: 245kV
Intensidad nominal: 1600 A
Tensiones de ensayo a tierra:
A frecuencia industrial bajo lluvia: 460kV
A impulsos: 1050kV
Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento:
A frecuencia industrial bajo lluvia: 530kV
A impulso: 1200kV
Intensidad de corta duración: 40 KA
Valor de cresta a la intensidad: 100 kA
Tipo de aislador: C4-1050

Dimensiones:

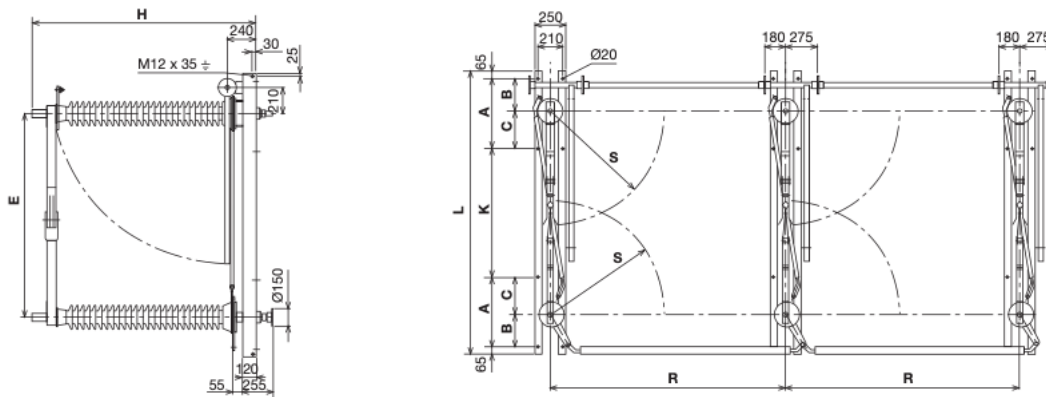


Ilustración 6 Dimensiones seccionador apertura central 220 kV

Siendo:

A: 500
B: 250
C: 250
E: 2700
H: 2685
K: 2200
L: 3330
R: 4500
S: 1410

- UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO POR LÍNEA

Los interruptores seleccionados en este caso serán los mismos que los propuestos para las líneas L1 y L2 del fabricante SIEMENS modelo 3AP1 FG.

En la línea LpT1 está el interruptor 52-4 y en la línea LpT2 el 52-5. Su finalidad es la de proteger la línea de cortocircuitos y dar o quitar servicio a los transformadores T1 y T2.

-TRES AUTOVALVULAS POR LÍNEA

Las autovalvulas seleccionadas en este caso serán las mismas que las propuestas para las líneas L1 y L2 del fabricante SIEMENS modelo 3EL2.

Se instala una autovalvula por fase y su finalidad es la de proteger de sobre tensiones de tipo rayo o atmosférico, al igual que la de proteger de sobre tensiones producidas durante las maniobras a los transformadores T1 y T2.

-TRAFOS DE INTENSIDAD

Los transformadores de intensidad seleccionados para estas líneas serán los mismos que los elegidos anteriormente para las líneas de entrada L1 y L2 con la distinción de que su relación de transformación (rt) en este caso será de 400/5 A

Las Líneas LsT1 y LsT2 son dos líneas aéreas de Aluminio-Acero LA-380 tipo HALCÓN. la aparamenta que constituye las líneas LsT1 y LsT2 será:

-DOS SECCIONADORES GIRATORIOS DE APETURA CENTRAL

En la línea LsT1 tenemos 89-13 y 89-14 y en la línea LsT2 tenemos 89-15 y 89-16. Su función es la de conectar por una de las dos barras del embarrado E2.

Características:

FABRICANTE: MESA

MODELO: SGCT-145/1600

Tensión nominal: 145kV

Intensidad nominal: 1600 A

Tensiones de ensayo a tierra:

A frecuencia industrial bajo lluvia: 275kV

A impulsos: 650kV

Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento:

A frecuencia industrial bajo lluvia: 315kV

A impulso: 750kV

Intensidad de corta duración: 40 KA

Valor de cresta a la intensidad: 100 kA

Tipo de aislador: C4-650

Dimensiones:

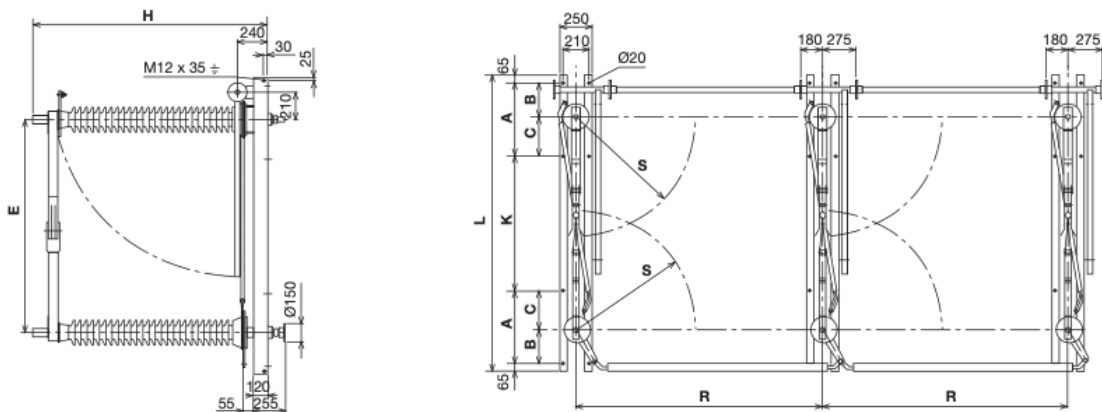


Ilustración 7 Dimensiones seccionador apertura giratoria 132 kV

Siendo:

- A: 600
- B: 250
- C: 250
- E: 1800
- H: 1885
- K: 1100
- L: 2430
- R: 3000
- S: 960

- UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO POR LÍNEA

En la línea LsT1 está el interruptor 52-6 y en la línea LsT2 el 52-7. Su finalidad es la de proteger la línea de cortocircuitos.

Características:

FABRICANTE: SIEMENS
FABRICANTE: GEDigitalEnergy
MODELO: LW25-145
Nº de interruptores por línea: 1
Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 275kV
Tensión tipo rayo: 650kV
Intensidad nominal: 3150 A
Intensidad de corta duración: 40 kA
Valor cresta de intensidad: 100 kA

Dimensiones del equipo:

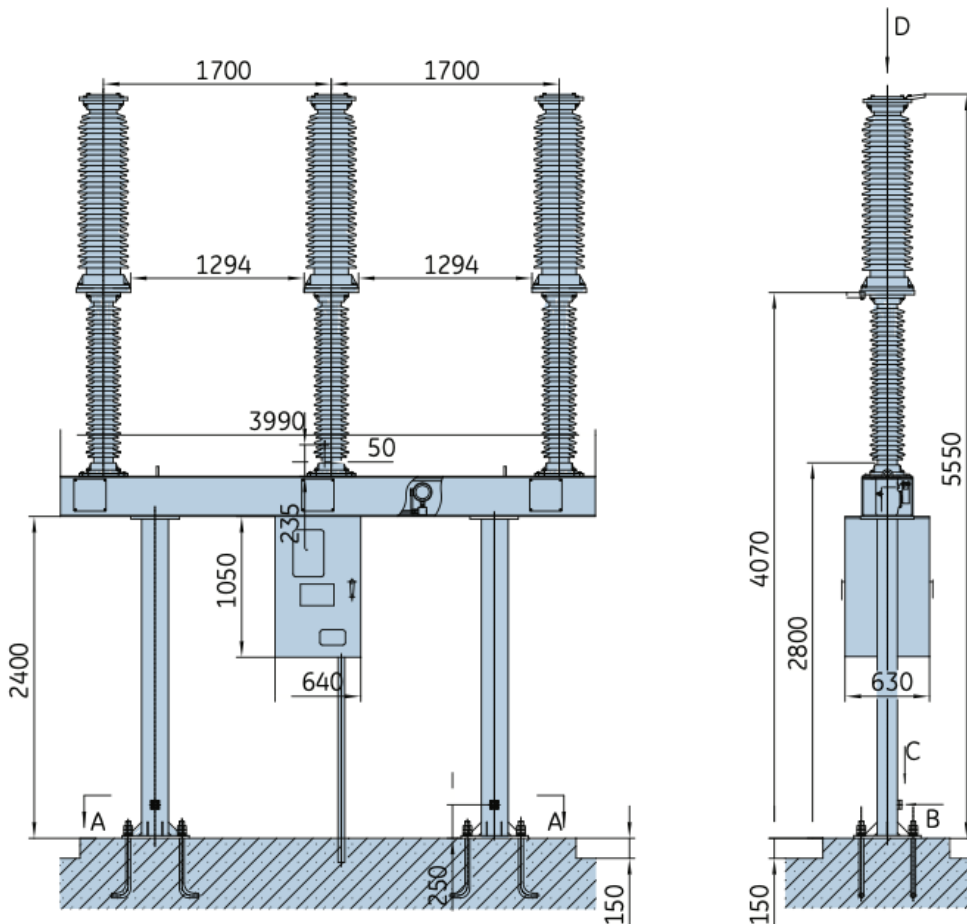


Ilustración 8 Dimensiones Interruptor automático 132 kV

-TRES AUTOVALVULAS POR LÍNEA

Se instala una autoválvula por fase y su finalidad es la de proteger de sobre tensiones de tipo rayo o atmosférico, al igual que la de proteger de sobre tensiones producidas durante las maniobras a los transformadores T1 y T2.

Características:

FABRICANTE: SIEMENS
MODELO: 3EL1
Tensión nominal: 145 kV
Tensión asignada: 120 kV
Tensión de servicio continua: 96 kV
Corriente de larga duración 2 ms: 750 A
Clase de descarga de larga duración: 2

Dimensiones:

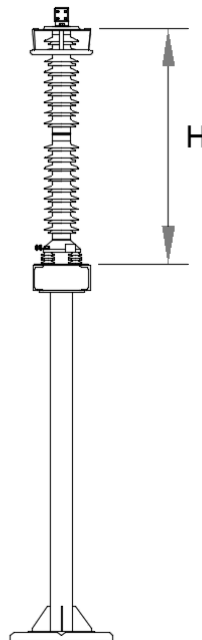


Ilustración 9 Autoválvula 132 kV

Siendo:

H:1245 mm

-TRAFOS DE INTENSIDAD

Se instalarán tres trafos de corriente por fase y su finalidad principal es la de obtener una señal de corriente de las líneas que es utilizada para alimentar las bobinas de los aparatos de protección y medida.

Características:

FABRICANTE: ABB
MODELO: IMB 36-800 KV
Corriente nominal: 2400 A
Rt: 800/5 A
Intensidad max de cc a 1s: 63 kA
Intensidad max de cc a 3s: 40 kA
Intensidad cresta: 170 kA
Distancia de fuga protegida: 3160 mm
Distancia de contorno: 1307 mm
Tensión más elevada: 145 kV
1min mojado/seco: 275/275 kV
Impulso tipo rayo: 650 kV

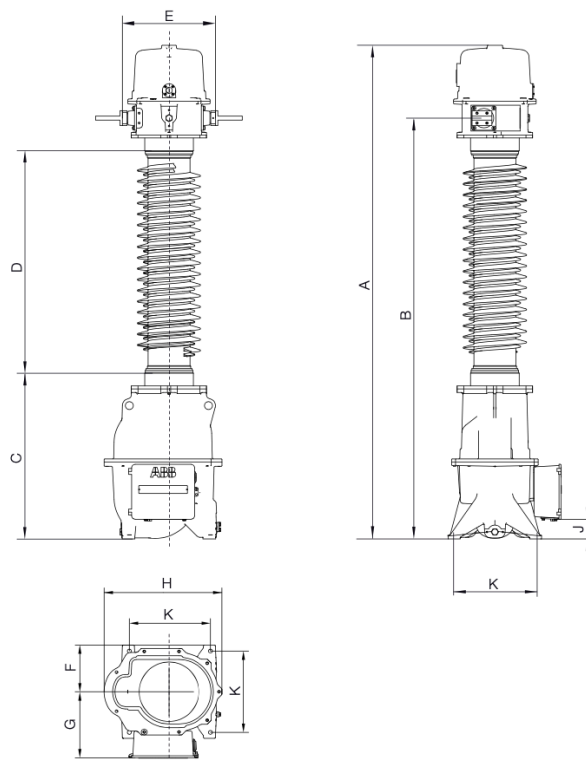


Ilustración 10 T.I 132 kV

Siendo:

A: 2063 mm
B: 1769 mm
C: 636 mm
D: 980 mm
E: 359 mm
F: 197,5 mm
G: 279 mm
H: 395 mm
J: 138 mm
K: 335 mm

1.7.2.4. Embarrado 132kV E2

El embarrado en el nivel de 220kV se trata de un embarrado aéreo de doble barra de tubo de aluminio 60603 T6 de 100mm de diámetro exterior, cumpliendo con el reglamento, a la que llegan las dos líneas L1 y L2 y del que salen las dos líneas de alimentación de los transformadores de potencia T1 y T2. También presenta una línea de acoplamiento compuesta por dos seccionadores 89-17 y 89-18 y un interruptor automático 52-7.

Características:

FABRICANTE: BROMETAL
REFERENCIA: 60603 T6
Intensidad nominal admisible: 1500 A
Características físicas:
Diam externo: 100mm
Espesor: 3mm
Sección: 914 mm²
Peso: 2,468 g/m

1.7.2.5. Líneas de salida 132kV (L3, L4, L5, L6)

L3, L4, L5, L6 son líneas aéreas de Aluminio-Acero LA-380 tipo HALCÓN. Estas líneas van desde el embarrado de 132kV E2 hasta las líneas de transporte reforzando así el anillo de la zona.

Las 4 líneas serán idénticas, es decir, estarán formadas por la misma aparamenta:

-TRES SECCIONADORES DE COLUMNA GIRATORIA CENTRAL.

En nuestra instalación se encuentran en la línea L3 los seccionadores 89-19, 89-20, 89-21, en la línea L4 los seccionadores 89-22, 89-23, 89-24, en la línea L5 los seccionadores 89-25, 89-26, 89-27 y por último en la línea L6 los seccionadores 89-28, 89-29, 89-30 La finalidad de los seccionadores 89-19, 89-20, 89-22, 89-23, 89-25, 89-26, 89-28, 89-29, es la de conectar las líneas con cada una de las barras el embarrado E2. Los seccionadores 89-21, 89-24, 89-27, 89-230 tienen como función separar tanto física como visualmente la S.E.T de las líneas de transporte.

Características:

FABRICANTE: MESA
MODELO: SG3CT-145/1600
Tensión nominal: 145kV
Intensidad nominal: 1600 A
Tensiones de ensayo a tierra:
A frecuencia industrial bajo lluvia: 275kV
A impulsos: 650kV
Tensión de ensayo sobre la distancia de seccionamiento:
A frecuencia industrial bajo lluvia: 315kV
A impulso: 750kV
Intensidad de corta duración: 40 KA
Valor de cresta a la intensidad: 100 kA

Tipo de aislador: C4-650

Dimensiones del equipo en milímetros:

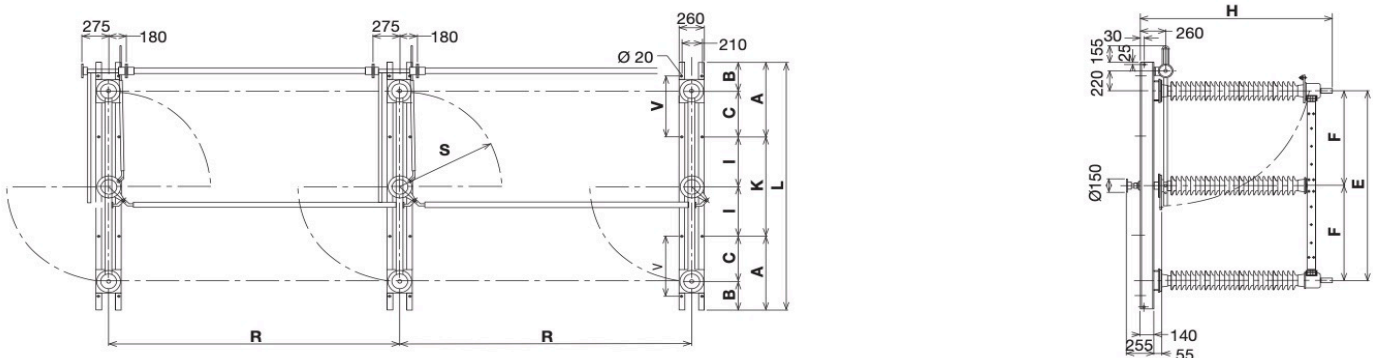


Ilustración 11 Seccionador columna giratoria 132 kV

Siendo:

- A: 815 mm
- B: 315 mm
- C: 500 mm
- E: 2100 mm
- F: 1050 mm
- H: 1955 mm
- I: 550 mm
- K: 1100 mm
- L: 2730 mm
- R: 3000 mm
- S: 1000 mm
- V: 500 mm

- INTERRUPTOR AUTOMÁTICO POR LÍNEA

En este caso los interruptores seleccionados serán los mismos que los propuestos para las líneas LsT1 y LsT2, del fabricante SIEMENS modelo 3AP1 FG. La función de estos interruptores es proteger de cortocircuitos provenientes de las líneas de transporte. Su identificación será 52-8 para L3, 52-9 para L4, 52-10 para L5 y 52-11 para L6.

-TRES AUTOVALVULAS POR LÍNEA

Las autovalvulas seleccionadas en este caso serán las mismas que las propuestas para las líneas LsT1 y LsT2 del fabricante SIEMNES modelo 3EL1.

Se instala una autovalvula por fase y su finalidad es proteger la S.E.T de cualquier sobretensión tipo rayo o atmosférico o de cualquier maniobra hecha sobre las líneas de transporte.

-TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

Los transformadores de intensidad seleccionados para estas líneas serán los mismos que los elegidos anteriormente para las líneas de salida de los transformadores T1 y T2, LsT1 y LsT2 con la distinción de que su relación de transformación (rt) en este caso será de 500/5 A

-TRANSFORMADORES DE Tensión

Se instalarán tres transformadores de tensión, uno por línea cuya finalidad es extraer una señal de tensión de entrada de las líneas, la cual será utilizada para alimentar los aparatos de protección y medida.

Características:

FABRICANTE: ABB
MODELO: CPB 72-800 KV
Tensión más elevada: 145 kV
1min mojado/seco: 275/275 kV
Tensión de prueba PD: 1,2xUm
Distancia de fuga: 3625mm
Distancia de fuga protegida: 1600mm

Dimensiones:

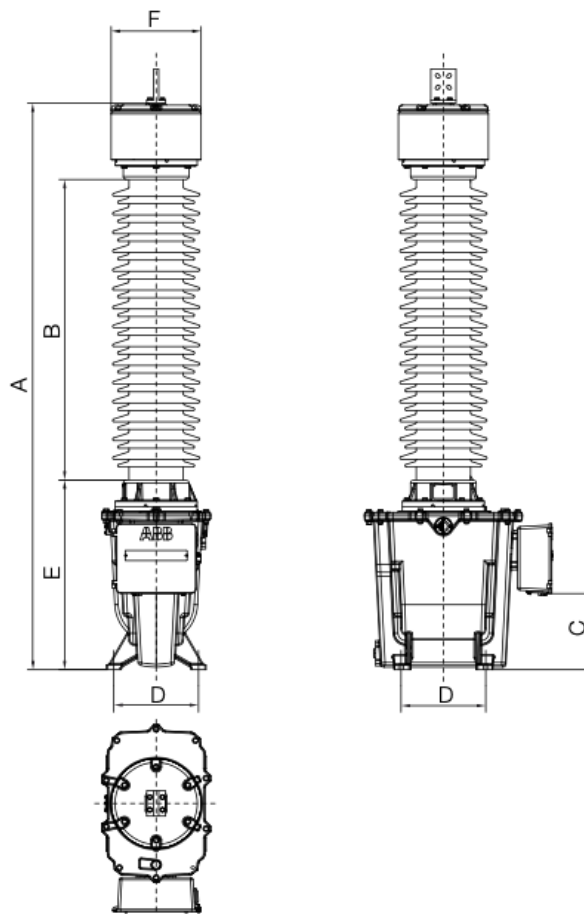


Ilustración 12 T.T 132 kV

Siendo:



A: 2135 mm
B: 1215 mm
C: 225 mm
D: 335 mm
E: 650 mm
F: 335 mm

1.7.2.6. Línea del transformador T3

En esta línea tenemos que diferenciar entre la línea del primario y del secundario, pues en este caso no presentan la misma apartamentación ya que la línea del primario LpT3 será una línea aérea de Aluminio-Acero LA-280 tipo HALCÓN. Y la línea del secundario del transformador LsT3 se divide en una parte aérea de 2 conductores de Aluminio-Acero LA-280 tipo HALCÓN; y otra enterrada 3 conductores por fase de Aluminio VOLTALENE H COMPACT. AL RH5Z1 1x400

La apartamentación que encontramos en la línea del primario del transformador LpT3 será:

-DOS SECCIONADORES GIRATORIOS DE APERTURA CENTRAL

En la línea LpT3 tenemos 89-30 y 89-3, de idénticas características que los seccionadores empleados en las líneas LsT1 y LsT2. Su función es la de conectar por una de las dos barras del embarrado E2.

- UN INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

En la línea LpT3 está el interruptor 52-12, que coincide en características con el interruptor seleccionado para las líneas LsT1 y LsT2. Fabricante SIEMENS, modelo 3API FG. Su finalidad es la de proteger la línea de cortocircuitos.

-TRES AUTOVALVULAS POR LÍNEA

Se instala una autovalvula por fase de las mismas características que las instaladas en las líneas LsT1 y LsT2. Fabricante SIEMENS, modelo 3EL1 su finalidad es la de proteger de sobre tensiones de tipo rayo o atmosférico, al igual que la de proteger de sobre tensiones producidas durante las maniobras al transformador T3.

Características:

-TRAFOS DE INTENSIDAD

Los transformadores de intensidad seleccionados para esta línea, al igual que los seleccionados para las líneas de salida L3, L4, L5, L6; serán los mismos que los elegidos anteriormente para las líneas de salida de los transformadores T1 y T2, LsT1 y LsT2 con la distinción de que su relación de transformación (r_t) en este caso será de 250/5 A

Respecto a la línea del secundario, esta va desde el transformador de potencia T3 hasta la celda de línea instalada en el interior del edificio prefabricado. Esta línea la encontramos subterránea con tres conductores aislados por fase que son los que conectan directamente con la celda de línea.

Dispone también de una autovalvula encargada de proteger el transformador T3. Se conectan tres conductores aislados por fase que se conectaran directamente al transformador y se enterraran para ser introducidos en el edificio de obra civil, en el cual la aparamenta utilizada es una celda modular del fabricante SIEMENS tipo TR equipada con un embarrado, un seccionador y un interruptor automático, encargados de dar o quitar servicio al embarrado de 15kV.

1.7.2.7. Embarrado 15kV E3

Este embarrado se trata de un embarrado de simple barra que se encuentra alojado en el interior de las celdas. Como se comenta en el apartado 2.8. CONDUCTORES está constituido por pletinas de cobre. Este embarrado está constituido por una celda de protección del secundario del transformador T3, 5 celdas de línea con medida y protección para las salidas L7, L8, L9, L10 y L11, celda de salida para el transformador de SSAA y una celda de protección de la batería de condensadores.

A continuación, se muestran las características de las celdas seleccionadas:

- CELDA DE TRANSFORMADOR

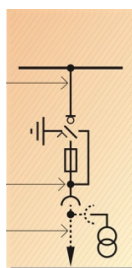


Ilustración 13 Celda MT transformador

Características:

FABRICANTE: SIEMENS
MODELO: 8DH10 tipo TR - V aislada en SF6
Tensión nominal: 17,5 kV
Tensión de breve duración a frecuencia industrial: 38 kV
Tensión resistida de impulso: 95 kV
Frecuencia nominal 50 Hz
Corriente nominal de servicio: 1250 A

Dimensiones del equipo:

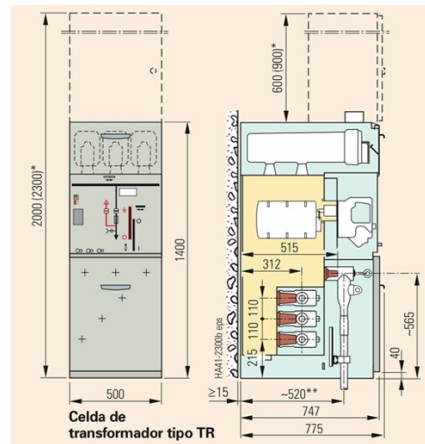


Ilustración 14 Celda MT transformador

-CELDA DE LINEA Y DE BATERIA DE CONDENSADORES

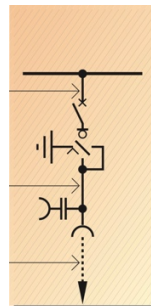


Ilustración 15 Celda MT línea

Características:

FABRICANTE: SIEMENS
MODELO: 8DH10 tipo LS1 aislada en SF6
Tensión nominal: 17,5 kV
Tensión de breve duración a frecuencia industrial: 38 kV
Tensión resistida de impulso: 95 kV
Frecuencia nominal 50 Hz
Corriente nominal de servicio: 400 A

Dimensiones del equipo:

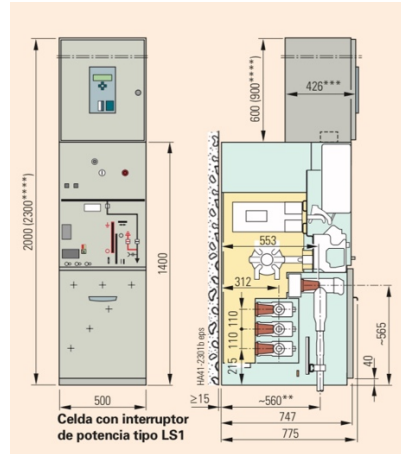


Ilustración 16 Celda MT línea

- CELDA DE SSAA

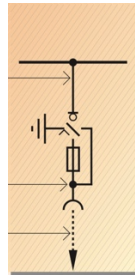


Ilustración 17 Celda SSAA

Características:

- FABRICANTE: SIEMENS
- MODELO: 8DH10 tipo TR aislada en SF6
- Tensión nominal: 17,5 kV
- Tensión de breve duración a frecuencia industrial: 38 kV
- Tensión resistida de impulso: 95 kV
- Frecuencia nominal 50 Hz
- Corriente nominal de servicio: 630 A

Dimensiones del equipo:

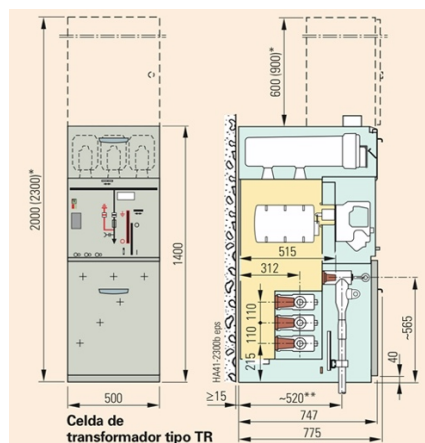


Ilustración 18 Celda SSAA

1.7.2.8. Líneas de salida 15kV (L7, L8, L9, L10, L11)

Estas líneas serán subterráneas con un conductor de Aluminio VOLTALENE H COMPACT. AL RH5Z1 1x240 (Normalizado por ENESA). Están conectadas al embarrado de 15kV y serán las que alimenten tanto como la zona industrial como la zona urbana y las localidades de los alrededores. Cada una de las cabinas tienen en el interior un interruptor automático, un seccionador, tres transformadores de tensión y tres transformadores de corriente.

1.7.3. Resumen líneas descritas

Con el fin de esclarecer la disposición de las líneas de la S.E.T se muestra un esquema con todas las líneas que la conforman.

LÍNEA	NOMBRE DE LA LÍNEA
LÍNEA DE ENTRADA 1	L1
LÍNEA DE ENTRADA 2	L2
EMBARRADO 220KV	E1
LÍNEA DE PRIMARIO DE TRANSFORMADOR 1	LpT1
LÍNEA DE PRIMARIO DE TRANSFORMADOR 2	LpT2
LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 1	LsT1
LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 2	LsT1
EMBARRADO 132KV	E2
LINEA DE SALIDA 3	L3
LINEA DE SALIDA 4	L4
LINEA DE SALIDA 5	L5
LINEA DE SALIDA 6	L6
LÍNEA DE PRIMARIO DE TRANSFORMADOR 3	LpT3
LÍNEA DE SECUNDARIO TRANSFORMADOR 3	LsT3
EMBARRADO 15KV	E3
LINEA DE SALIDA 7	L7
LINEA DE SALIDA 8	L8
LINEA DE SALIDA 9	L9
LINEA DE SALIDA 10	L10
LINEA DE SALIDA 11	L11



1.7.4. Descripción de la aparamenta seleccionada

1.7.4.1. Seccionadores

La finalidad de estos equipos es la de realizar un corte físico y visual en el circuito de tal forma que nos sirva de guía a la hora de operar dentro de la subestación. Dichos seccionadores no pueden operar estando en tensión o en carga.

Tienen que estar diseñados de tal manera que maniobren involuntariamente a causa de los efectos de la presión o tracción ejercida con la mano sobre el viraje, por presión del viento, precipitaciones, gravedad o cualquier tipo de perturbación física.

Los seccionadores que estén equipados con cuchillas de puesta a tierra deberán tener un enclavamiento seguro entre las cuchillas principales y las de puesta a tierra. También anotar que cada seccionador deberá de ser adecuado para la tensión e intensidad de servicio.

Para esta subestación se ha elegido dos tipos de seccionadores para distintos puntos de los niveles de 220kV y 132kV:

- SECCIONADOR DE COLUMNA GIRATORIA CENTRAL

Los seccionadores de columna central disponen de tres columnas y en este caso la cuchilla va fija sobre una columna giratoria central, de esta manera se consigue una interrupción doble. Los contactos fijos se encuentran en las columnas exteriores montadas rígidamente sobre unos soportes exteriores.

- SECCIONADOR GITATORIO DE APERTURA CENTRAL

Los seccionadores giratorios de apertura central disponen de dos columnas, ambas portadoras de cuchillas giratorias. En este tipo de seccionadores encontramos que solo tienen un único punto de interrupción, lo cual nos da una apertura más rápida.

1.7.4.2. Interruptores automáticos

Un interruptor automático o disyuntor es capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad que circula por el sobrepasa un determinado valor o por causa de un cortocircuito, con el fin de no causar daños a los equipos pertenecientes a la instalación. Para extinguir estas situaciones en las que se crean arcos eléctricos los interruptores automáticos utilizan el sistema de extinción de arco eléctrico basado en los principios de: volumen de aceite, aire comprimido, hexafluoruro de azufre (SF₆), soplado magnético, vacío, etc.

Las maniobras de los interruptores se pueden realizar tanto mecánicamente, por resorte acumulador de energía, eléctricamente por solenoide o motor, por aire comprimido... según se crea conveniente.

Cualquiera que sea el mecanismo seleccionado para la maniobra de los interruptores automáticos, será de disparo libre y el interruptor debe tener un poder de cierre independiente de la acción del operario.



1.7.4.3. Autoválvulas

Para proteger nuestra instalación contra sobretensiones peligrosas ya sean de origen atmosférico o de una falla interna será necesario el uso de autovalvulas o pararrayos. Se tratan de equipos de resistencia variable. Los bornes de tierra de estas autovalvulas se unirán a la toma de tierra de acuerdo con lo establecido en el reglamento técnico RAT-13.

La envolvente externa del pararrayos seleccionada está fabricada con goma de silicona. El diseño se moldea directamente sobre los bloques de óxido metálico, asegurando así un cerramiento total de todos los componentes a fin de evitar descargas parciales o filtraciones de humedad. Una de sus mejores ventajas es la alta hidrofuguidad, una resistencia superior a la contaminación ambiental y variantes que puedan producirse de temperatura.

1.7.4.4. Transformadores de tensión

La función de estos equipos es la de trasladar los valores de tensión de los equipos y dispositivos de AT a valores equivalentes seguros y manejables por el hombre con la mayor precisión posible con el fin de controlar y proteger la instalación por medio de los equipos de protección y medida, los cuales alimentan.

Los arrollamientos de los secundarios de los transformadores de tensión para medida y para protección son iguales y tienen un núcleo magnético común.

1.7.4.5. Transformadores de intensidad

Estos equipos están destinados mayormente a la alimentación de relés de protección. Su función es trasladar una corriente equivalente a la que circula por los equipos de AT a unos valores seguros y manejables con la mayor precisión posible. Por lo que los convierte en equipos muy delicados y en los que habrá que tener en cuenta que su relación de transformación y su ángulo de funcionamiento no se vean afectados cuando estos están sometidos a corrientes de cortocircuito.

Por ello son elegidos de tal manera que puedan soportar las máximas intensidades que se pudieran generar a causa de sobrecargas o cortocircuitos.

Un transformador de intensidad deberá disponer de dos arrollamientos secundarios, uno para los equipos de protección y otro para los equipos de medida.

1.7.4.6. Celdas de media tensión

Las celdas o cabinas de MT contienen tanto los elementos de medida, como los dispositivos y aparataje de corte y protección. Están aisladas en SF6 con lo que se consigue que los operarios a la hora de maniobrar sobre ellas estén protegidos de los elementos en tensión. Además de proteger frente a contactos con los elementos en tensión también permiten reducir considerablemente las dimensiones de la parte interior de la subestación.

Estos equipos han sido sometidos a diversos ensayos antes de salir de fabrica recogidos en la norma UNE 20 099.



Existen distintos tipos de celdas según su aparamenta interna, las empeladas en nuestra instalación serán las siguientes:

- CELDA DE TRAFIO

Está dotada de las protecciones de la línea que va hasta el transformador de 25 MVA, las protecciones son un interruptor automático para efectuar apertura en carga y cortocircuito y un seccionador para realizar el corte visible con posicionamiento a tierra

- CELDA DE MEDIDA

Se encarga de medir tensiones e intensidades provenientes de la línea del transformador. Compuesta por un transformador de intensidad y de tensión por fase.

- CELDA DE BATERIA DE CONDENSADORES

Esta celda alberga los dispositivos de corte y protección de las beaterías, que serán un seccionador y un interruptor automático

- CELDA DE TRANSFROMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

Esta celda dispone de los elementos de corte y protección del transformador de los SSAA, que son un interruptor automático un seccionador y fusibles.

1.8. DESCRIPCION OBRA CIVIL

1.8.1. Recinto

La subestación eléctrica se encuentra en la periferia de Calatayud en una superficie llana de 150m x 100m. Para evitar encharcamientos o cualquier tipo de contratiempo a causa del factor atmosférico se colocará una capa de 10 cm de profundidad de grava y una pequeña pendiente. También, se colocará un foso para cada transformador de potencia con la capacidad suficiente para albergar en el todo el aceite de dicho transformador en caso de fuga.

El perímetro estará rodeado por una valla metálica de una altura de unos 2,5m desde el exterior, con base de hormigón. Para garantizar la seguridad alrededor de toda la valla se pondrán carteles que adviertan la presencia de alta tensión y su peligrosidad.

1.8.2. Canalizaciones

En nuestra instalación vamos a encontrar el medio de transporte de electricidad de dos maneras diferentes, una será mediante conductores aéreos y otra mediante conductores aislados subterráneos, para que se encuentren de forma correcta y segura de acuerdo con el Reglamento Técnico, estos, deben estar en el interior de canalizaciones subterráneas teniendo en cuenta medidas como, por ejemplo:

- No deben disponerse sobre materiales combustibles no auto extingüibles.
- Los revestimientos exteriores deben ser difícilmente inflamables.
- Los cables auxiliares de medida deberán estar siempre que sea posible alejados de los cables de tensión de servicio superior a 1 kV o separados mediante



tabiques de hormigón o en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.

Estas canalizaciones serán diseñadas teniendo en cuenta diversos factores:

- Tensión nominal entre conductores
- Intensidad admisible
- Disipación de calor
- Nivel de aislamiento
- Protecciones contra acciones de tipo mecánico
- Intensidades de cortocircuito
- Vibraciones
- Radiación
- Radios de curvatura admisible por los conductores

En esta instalación los tipos de canalizaciones que se utilizaran son los siguientes:

-CANALIZACION DE CONDUCTORES DE MT

Estas canalizaciones se encontrarán enterradas directamente en zanja abierta en el terreno.

Siguiendo el reglamento la profundidad hasta la parte superior del cable más próximo es de 0,6m. Tendrá una anchura suficiente para permitir el cómodo trabajo sobre ella, aunque el tendido del cable se hará con máquina de tiro. Por encima del cable se deberá colocar una capa de 10cm de espesor, ya sea de arena, limo o material con características similares.

-CANALIZACION DE CONDUCTORES DE BT PARA ALUMBRADO

De igual manera que los conductores de MT estos, también serán directamente enterrados en zanja abierta.

-CANALIZACION DE CONDUCTORES DE BT PARA PROTECCION Y MANDO

Estos conductores irán a través de canales revisables según la norma técnica del reglamento ITC-07.

-CANALIZACION DEL CONDUCTOR A TIERRA

El conductor a tierra ira desnudo y para ello se hará una zanja de una profundidad de 80cm y una anchura de 50cm. Este, se cubrirá por arena previamente limpiada de piedras o guijarros que puedan dañar el cable. Po supuesto los últimos 10cm se cubrirán de grava al igual que el resto de las zanjas.

1.8.3. Estructuras

Las estructuras que aparecen en esta instalación se trataran mayor mente de pórticos y estructuras de celosías dispuestos para soportar los esfuerzos de los conductores, en este caso de entrada y salida de líneas, barras generales, barras de conexiones a transformadores y más.



Las características de las estructuras han sido calculadas siguiendo el Reglamento de Alta tensión y las recomendaciones de Endesa. Atendiendo a los niveles de tensión y la finalidad de las estructuras tenemos:

-NIVEL DE 220kV

- Malla superior de protección: 21m
- Entradas de línea, nivel superior de by-pass: 17,5m
- Barras de transformador, nivel inferior by-pass: 14,5m
- Barras generales: 11m

-NIVEL DE 132kV

- Malla superior de protección: 17,5m
- Entradas de línea, nivel superior de by-pass: 14,5m
- Barras de transformador, nivel inferior by-pass: 11m
- Barras generales: 8m

Por lo que esto supone que encontraremos dos tipos de apoyos diferentes que se describen a continuación:

-APOYO TIPO 1

Utilizado para la estructura del nivel de 220kV, tendrá una altura total de 22,85m, estando 1,85m enterrados. Llevará los anclajes necesarios para el hilo de guarda.

-APOYO TIPO 2

Utilizado para la estructura del nivel de 132kV, tendrá una altura total de 19m, estando 1,5m enterrados. Llevará los anclajes necesarios para el hilo de guarda.

Por último, entre apoyos para soportar los conductores tendremos también dos tipos distintos de dinteles dependiendo de las distancias entre conductores y la distancia de estos a masa. Descritos a continuación:

-DINTEL 1

Diseñado para el amarre de tres conductores de fase. Este dintel será el utilizado para el nivel de tensión de 220KV. Tendrá una longitud de 17m con una distancia entre conductores de 4m y 4,5m respecto a masa.

-DINTEL 2

Diseñado para el amarre de tres conductores de fase. Este dintel será el utilizado para el nivel de tensión de 132KV. Tendrá una longitud de 11m con una distancia entre conductores de 3m y 2,5m respecto a masa.

1.8.4. Aisladores

Los aisladores son los elementos encargados de sujetar mecánicamente a los conductores que forman parte de una línea, aislando los conductores de tierra y de otros conductores.



Sera necesaria la instalación de estos, tanto en los conductores del nivel de tensión de 220kV como en el de 132kV

Los cálculos necesarios para la selección de los aisladores han sido realizados en el apartado 2.7. AISLADORES

-NIVEL DE 220 kV

Tras realizar los cálculos pertinentes se llega a la conclusión de colocar 17 aisladores de tipo caperuza vástago con las siguientes características:

- Material: Vidrio templado
- Clase: NB100P
- Peso neto aproximado: 4,8 kg
- Línea de fuga: 390 mm
- Paso: 146 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 120 kN
- Esfuerzo de prueba sistemática: 60 kN
- Esfuerzo mantenido: 70 kN
- Impacto mecánico: 45 kN
- Ensayo según publicación: IEC-383
- Diámetro del plato: 254 mm
- Diámetro del vástago: 16 mm

-NIVEL DE 132 kV

De igual manera que se han realizado los cálculos para el nivel de 220 kV, en el nivel de 132 kV se llega a la conclusión de que son necesarios 10 aisladores de tipo caperuza-vástago con las siguientes características.

- Material: Vidrio templado
- Clase: U160 BS
- Peso neto aproximado: 6,3 kg
- Línea de fuga: 370 mm
- Paso: 146-170 mm
- Tensión de perforación en aceite: 130 kV
- Carga de rotura electromecánica: 160 kN
- Ensayo según publicación: IEC-383
- Diámetro del plato: 286 mm
- Diámetro del vástago: 20 mm

1.8.5. Conductores

Para llevar a cabo el transporte de la energía en la S.E.T se utilicen diversos conductores que vamos a presentar a continuación:

-CONDUCTORES DESNUDOS

Se ha utilizado cables desnudos de distintas secciones en función de las prestaciones necesarias en cada nivel de tensión. Todos los conductores desnudos seleccionados



son de aluminio-acero, el cual está compuesto de varios alambres de acero galvanizado en la parte interior, recubierta por alambres de aluminio en la parte exterior.

Para los conductores de las líneas L1, L2, LpT1, LpT2, LsT1, LsT2, L3, L4, L5 las características del conductor seleccionado son las siguientes:

- Conductor: HALCÓN
- Sección Aluminio: 337,3 mm
- Sección Acero: 43,7 mm
- Sección Total: 381 mm
- Nº de alambres de Aluminio: 54 x 2,82 mm
- Nº de alambres de Acero: 7 x 2,82 mm
- Peso de Aluminio: 932 kg/km
- Peso de Acero: 323 kg/km
- Peso total: 1275 kg/km
- Carga de rotura: 106,5 kN
- Resistencia eléctrica a 20°C: 0,857 ohm/km

Al igual que para las líneas anteriormente mencionadas, para la línea LpT3 las características del conductor seleccionado son:

- Conductor: HALCÓN
- Sección Aluminio: 241,7 mm
- Sección Acero: 39,4 mm
- Sección Total: 281,1 mm
- Nº de alambres de Aluminio: 26 x 3,44 mm
- Nº de alambres de Acero: 7 x 2,68 mm
- Peso de Aluminio: 667 kg/km
- Peso de Acero: 310 kg/km
- Peso total: 977 kg/km
- Carga de rotura: 84,5 kN
- Resistencia eléctrica a 20°C: 0,1194 ohm/km

-TUBO DE ALUMINO

Para los embarrados E1 y E2 con el fin de simplificar el sistema y debido a las grandes prestaciones que ofrece se instalara tubo de aluminio de 100mm de diámetro exterior:

- Marca: BRONMETAL
- Modelo: 60603 T6
- Diámetro exterior: 100mm
- Espesor: 3mm
- Sección: 914 mm²
- Peso: 2458 g/m
- Intensidad admisible desde 65°C: 1449 A
- Momento de inercia: 110 cm⁴
- Momento de elasticidad: 21,9 cm³

-CONDUCTORES AISLADOS

Como se ha explicado con anterioridad a la salida del transformador T3 para entrar a las celdas de MT se utiliza un conductor aislado RH5Z1:



- Modelo: AL VOLTALENE H COMPACT AL RH5Z1
- Sección: 400 mm²
- Intensidad máxima admisible bajo tubo enterrado: 415 A
- Intensidad máxima admisible directamente enterrado: 445 A
- Intensidad máxima admisible al aire: 610 A
- Intensidad máxima admisible de CC en 1s: 37600 A
- Intensidad máxima de CC en la pantalla durante 1s: 3890 A

También para las líneas de salida L7, L8, L9, L10, L11 de 15 kV el conductor seleccionado es un conductor aislado RH5Z1:

- Modelo: AL VOLTALENE H COMPACT AL RH5Z1
- Sección: 240 mm²
- Intensidad máxima admisible bajo tubo enterrado: 320 A
- Intensidad máxima admisible directamente enterrado: 345 A
- Intensidad máxima admisible al aire: 445 A
- Intensidad máxima admisible de CC en 1s: 22560 A
- Intensidad máxima de CC en la pantalla durante 1s: 2990 A

1.8.6. Cimentación

Siempre de acuerdo con la reglamentación de Alta tensión, reglamento de centrales y subestaciones y por supuesto las recomendaciones de Endesa, las cimentaciones necesarias de las torres, soportes y vallas que encontramos en nuestra S.E.T se harán de acuerdo con el catálogo de fabricantes homologados.

1.8.7. Edificio

La S.E.T dispondrá de un edificio de obra civil de una superficie de 10 x 15 x 4 m que dispondrá también de una ventilación natural colocando rejillas metálicas en las paredes del edificio. También dispondrá de un hueco subterráneo por el que pasaran todos los conductores tanto de potencia como de control.

Dicho edificio albergará en su interior las celdas de MT de 15 kV, el transformador de SSAA, la batería de cc, la batería de condensadores y por último todas las celdas y aparataje de protección control y medida.

1.9. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

La S.E.T está formada por tres transformadores de potencia, 2 de 150MVA, llamados T1 y T2, situados entre los embarrados E1 y E2 de 220kV y 132kV respectivamente. El otro transformador es de 25 MVA, llamado T3 y se encuentra entre los embarrados E2 y E3 de 132kV y 15kV respectivamente.

Ambos transformadores se encuentran en el exterior, están bañados de aceite y sus características son:

1.9.1. Transformadores T1 y T2

FABRICANTE: ABB
Potencia nominal: 150MVA
Nivel de aislamiento en el primario: 1050 kV



Nivel de aislamiento en el secundario: 650 kV
Tensión del primario: 220kV
Tensión del secundario: 132kV
Impedancia de cortocircuito: 18%
Regulación en tensión primaria $\pm 20\%$
Regulación en tensión secundaria $\pm 20\%$
Frecuencia 50Hz
Conexión YNyn0

1.9.2. Transformador T3

FABRICANTE: ABB
Potencia nominal: 25MVA
Nivel de aislamiento en el primario: 650 kV
Nivel de aislamiento en el secundario: 125 kV
Tensión del primario: 132kV
Tensión del secundario: 15kV
Impedancia de cortocircuito: 12%
Regulación en tensión primaria $\pm 10\%$
Regulación en tensión secundaria $\pm 10\%$
Frecuencia 50Hz
Conexión YNd11

1.9.3. Accesorios adicionales de los transformadores

- Termómetro y termostato
- Pasatapas
- Válvula de sobretensión
- Válvula de llenado y vaciado
- Válvula de toma de muestra de aceite
- Relé Buchholz
- Radiadores desmontables
- Dispositivo de recogida de gases
- Ruedas orientables
- Caja de conexiones
- Placa de características

1.10. RED DE TIERRAS

Como se exige en la Instrucción MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y también las normas del grupo ENEL, cualquier instalación eléctrica debe tener diseñada una instalación de tierras que garantice que en cualquier punto de acceso en el interior de la S.E.T una persona pueda acceder y que en caso de defecto como máximo sufra las tensiones de paso y contacto.

1.10.1. Conductores de red de tierras

Al hablar de la red de tierras diferenciamos entre tres tipos de conductores que son:



Un conductor de cobre desnudo de 120 mm² para toda la malla que cubre la superficie de la S.E.T al completo, para la unión de distintos elementos que deben estar a tierra como vallados elementos metálicos, etc. se utilizarán latiguillos de 50 mm² de sección. Para la tierra del neutro mediante conductor aislado de media tensión se lleva a 20 metros de distancia de la S.E.T cable desnudo de 95 mm².

Por último los cables de guarda que se utilizan para proteger la S.E.T de los cambios climatológicos serían cables de acero con una sección de 50 mm²

1.10.2. Finalidades y funciones de la red de tierras

Principalmente sus funciones son las de crear un circuito de una impedancia muy baja para la circulación de las corrientes en caso de falta, evitar que durante la circulación de estas corrientes se produzca una diferencia de potencial entre distintos puntos de la subestación y por último dar mayor fiabilidad al servicio eléctrico.

1.10.3. Malla de red de tierras

La malla de red de tierras se trata de una malla de 4 x 4m en la que todas las uniones han sido soldadas de forma homogénea. Con un conductor de cobre desnudo de 120mm² que cubre toda la superficie de la S.E.T más 1 metro por cada lado para garantizar mayor seguridad. Se encuentra a una profundidad de 80 cm, también para mejorar la resistividad del terreno se ha colocado una capa de 10cm de grava.

Todas las partes metálicas de la instalación, por seguridad, deberán estar conectadas a tierra.

Por norma general las puestas a tierra de protección y de servicio deberán estar unidas constituyendo así una instalación de tierras general. En las instalaciones que excepcionalmente por diversos motivos tengan instalaciones de tierras separadas o independientes se deberán tomar medidas para evitar el contacto simultáneo con elementos conectados a instalaciones de tierras diferentes.

1.11. SERVICIOS AUXILIARES (SSAA)

Este servicio está destinado a la alimentación de los circuitos de iluminación, fuerza y servicios varios que pueda haber en la subestación. Para ello se instala un transformador de 160kVA que dará servicio a todos los servicios auxiliares.

1.11.1. Transformador de potencia de los SSAA

Este transformador se encuentra en el interior del edificio de obra civil protegido por una malla metálica y sobre un cubeto de recogida de aceite y guijarros. Las características del transformador son:

- FABRICANTE: ORMAZABAL
- Potencia: 160kVA
- Tensión más elevada: 17,5kV
- Tensión devanado principal: 15kV
- Tensión devanado secundario: 400V
- Acoplamiento: Ydn11
- Impedancia de cortocircuito: 6%



1.11.2. Circuitos del sistema

A continuación, se procederá a describir cada uno de los circuitos que conforman los servicios auxiliares:

1.11.2.1. Alumbrado exterior

Este alumbrado se divide en dos circuitos idénticos compuestos por 6 focos alógenos cada uno de 250 W de potencia, alimentados por medio de conductores unipolares RV 0,6/1kV 2x2,5 mm² Cu. Cada circuito estará protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 16 A alojado en el CBT.

1.11.2.2. Alumbrado interior

Este alumbrado se divide en dos circuitos idénticos compuestos por 7 cajas de fluorescentes con 2 fluorescentes por caja de 36 W cada uno, alimentados por medio de conductores unipolares RV 0,6/1kV 2x2,5 mm² Cu. Cada circuito estará protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A alojado en el CBT.

1.11.2.3. Tomas schucko

Consiste en 16 tomas de enchufes en el interior del edificio que consume una potencia de 3680 W. Serán alimentados por conductores de RV 0,6/1kV 2x2,5 mm² y estarán protegidos por un interruptor magnetotérmico bipolar de 16 A alojado en el CBT.

1.11.2.4. Alumbrado de edificio

Tendrá exactamente las mismas características que los circuitos de alumbrado exterior, misma cantidad de focos y mismo consumo. Este estará destinado a facilitar la visibilidad del edificio y garantizar un fácil movimiento y acceso hasta él.

1.11.2.5. Alumbrado exterior de emergencia

Tendrá prácticamente las mismas características que los alumbrados exteriores principales con la diferencia que este tendrá dos focos más dando un total de 8 focos alógenos de 250 W. Alimentado por medio de conductores unipolares RV 0,6/1kV 2x4 mm² Cu. Este circuito estará protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 20 A alojado en el CBT.

1.11.2.6. Alumbrado interior de emergencia

Tendrá prácticamente las mismas características que los alumbrados interiores principales con la diferencia que este tendrá únicamente 4 cajas de fluorescentes con 2 fluorescentes por caja de 36 W. Alimentado por medio de conductores unipolares RV 0,6/1kV 2x2,5 mm² Cu. Este circuito estará protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A alojado en el CBT.

1.11.2.7. Aire acondicionado

Para garantizar la correcta temperatura y ventilación en el interior del edificio se dispone de un aire acondicionado con un consumo de potencia de 2500 W. Alimentado por



medio de conductore unipolar RV 0,6/1kV 2x4 mm² Cu. Este circuito estará protegido por un interruptor magnetotérmico bipolar de 20 A alojado en el CBT.

1.12. BATERIA DE CONDENSADORES

La finalidad de este equipo no es más que la de mejorar la calidad de la energía distribuida por la subestación, compensando el factor de potencia. De acuerdo con las recomendaciones de Endesa, la potencia de las baterías no superara el 5% de la potencia de la instalación por motivos de resonancia.

Se encuentra en el interior del edificio conectado a una salida de la barra de 15kV y presentara las mismas protecciones que las salidas de línea.

Siguiendo las especificaciones técnicas de Endesa, la batería de condensadores será de 6MVar.

1.13. BATERIA DE CORRIENTE CONTINUA

Todos los sistemas de protección y medida de la subestación se alimentan mediante corriente continua, la cual procede de la batería de corriente continua. Estas baterías están alimentadas mediante corriente alterna que la transforman en corriente continua mediante el rectificador.

Este equipo debe ser capaz de suministrar los consumos permanentes en condiciones normales, además de mantener la batería en buenas condiciones.

Si por algún casual aparece una falta en la alimentación de corriente alterna, la misma batería mediante los acumuladores de energía debe ser capaz de suministrar la corriente continua necesaria durante el tiempo necesario.

Este equipo se conecta a las barras de 15 kV presentando las mismas características que las líneas de salida de este nivel.

El equipo seleccionado es del fabricante ZOGOR modelo MIT NG 3 Compuesto por un módulo de baterías de Ni-Cd con las siguientes características:

- Tensión nominal de entrada: 400 V
- Tensión nominal de salida: 12/24/48/110/125/220V
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión de rizado con baterías: <1%
- Tensión de rizado sin baterías: <2%
- Estabilidad de tensión: +- 1/2%
- Limitación de corriente de carga: configurable (se configura a 30 A)

1.14. EQUIPOS DE PROTECCION Y MEDIDA DE LA S.E.T

Los equipos de protección son los encargados de detectar distintos tipos de fallos o defectos que se producen habitualmente en la línea, para después enviar la información a la apartamenta de maniobra y corte, que realizara las maniobras de apertura o cierre necesarias.

Los equipos de medida son los que se encargaran de recoger los datos y valores de distintas magnitudes que aparecen en las líneas. Todo esto habitualmente garantiza que la S.E.T quede correctamente protegida frente a faltas como sobretensiones, cortocircuitos sobrecargas...



1.14.1. Equipos de protección

Como ya se ha comentado la finalidad principal de estos equipos es garantizar que la instalación quede correctamente protegida. En cambio, estas protecciones no aseguran un servicio continuo de la instalación.

Para coordinar los dispositivos de protección y maniobras y nos pueda dar esa selectividad de las protecciones a la hora de actuar necesitamos de los relés de protección.

Las perturbaciones más comunes que podemos encontrar en AT que puedan afectar el servicio normal de los distintos elementos de nuestra S.E.T son:

- Defectos en aislamientos
- Descargas atmosféricas y sobretensiones interiores
- Exceso de cargas conectadas
- Destrucciones mecánicas
- Factores humanos
- Puesta a tierra intempestiva

Estas perturbaciones se convierten en diversos defectos o faltas en las instalaciones, como pueden ser:

- CORTOCIRCUITOS

Consiste en una conexión directa entre conductores de distintas fases, lo que se traduce en un aumento brusco de la intensidad del circuito.

- SOBRECARGAS

Ocurre cuando la corriente se eleva por encima de los valores máximos admisibles.

- RETORNOS DE CORRIENTE

Este fenómeno sucede en circuitos de corriente alterna, donde la intensidad puede revertir el sentido normal de funcionamiento.

- SUBTENSIONES

Es más habitual encontrarlo en centrales generadoras cuando las tensiones disminuyen por debajo del valor nominal, aumentando así, la corriente consumida por la carga conectada.

- SOBRETENSIONES

Elevación instantánea de la tensión muy por encima de su valor nominal, produciendo fallos en el aislamiento...



1.14.1.1 Relés de protección

Por medio de los diferentes relés de protección detectaremos este tipo de faltas. Los cuales actuarán sobre los aparatos para eliminarlas lo antes posible y con el menos daño posible, tanto en la aparamenta como en la continuidad de servicio.

Existen distintos tipos de relés, los cuales son:

- RELÉS ELECTROMAGNÉTICOS

Basado en los principios de la fuerza de atracción ejercida entre piezas de material magnético.

- RELÉS DE INDUCCIÓN

Basados en la rueda de Barlow. Son dispositivos con una construcción parecida a los contadores, consiste en aprovechar la inducción de las bobinas para frenar el disco de una forma u otra dependiendo de la corriente que atraviesa las espiras.

- RELÉS ELECTRODINÁMICOS

Consiste en una bobina fija frente a una móvil, la cual girará activando los contactos de mando en caso de ocurrir alguna falta.

- RELÉS ELECTRÓNICOS

En la actualidad está empezando a sustituir a los demás tipos de relés. Utiliza dispositivos electrónicos modernos para la detección de las posibles faltas.

Los principales relés y más utilizados en todas las instalaciones eléctricas, los cuales también se usarán en nuestra subestación son:

- RELÉS DE PROTECCIÓN DE SOBREINTENSIDAD O SOBRECARGA

Se encargan de proteger contra elevaciones de temperatura, producidas normalmente por sobreintensidades en los elementos conductores. Según si su protección es dependiente o independiente de la intensidad o viene marcada por un valor fijo de trabajo, pueden ser de tiempo independiente o dependiente. Su función es proteger las máquinas, transformadores y líneas. Su número de dispositivo es el 51.

- RELÉS DE PROTECCIÓN DE MÁXIMA INTENSIDAD O CORTOCIRCUITO

En principio tienen el mismo funcionamiento que los de sobreintensidad con la diferencia de que estos dispositivos están calibrados con un tiempo de actuación mas corto. Su número de dispositivo es el 50.

- RELÉS DE PROTECCIÓN DE MÍNIMA IMPEDANCIA

Este relé entrara en funcionamiento en el momento en el que la impedancia de la instalación este por debajo de un nivel determinado. Como por ejemplo en un cortocircuito cuando la tensión disminuye y la corriente aumenta ocasiona que el cociente entre ellas, la impedancia, disminuya.

- RELÉS DE PROTECCIÓN DIRECCIONAL

Su funcionamiento se basa en la medición de energías activas, reactivas o aparentes, de forma monofásica o trifásica. Determinando el sentido de la corriente del defecto producido, consigue una selectividad en la instalación. En ocasiones la lectura del sentido de circulación de energía no basta para determinar la dirección del defecto por lo que estos elementos suelen combinarse con otros relés. Su número de dispositivo es el 32.

- RELÉS DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL

Relé de protección que acciona bajo una diferencia porcentual o de fase u otra diferencia cuantitativa de dos corrientes y otras magnitudes eléctricas. Su funcionamiento está basado en la aplicación de la primera ley de Kirchhoff porque su actuación depende de la suma de corrientes que llegan al nudo, sea cero o distinta. Su número de dispositivo es el 87 pero dentro del encontramos gran variedad entre los que se destacan:

- Longitudinal
- Longitudinal compensado
- Direccional
- Transversal

- RELÉS DE PROTECCIÓN DE DISTANCIA

Relé que acciona cuando la admitancia, impedancia o reactancia de un circuito aumenta o disminuye más allá de límites determinados. Utiliza una bobina amperimétrica y otra voltimétrica y en caso de falta los valores de tensión varían desde el punto de fallo a lo largo de la línea.

-RELÉS DE PROTECCIÓN DIRECCIONAL DE TIERRA

Acciona si falla la aislación a tierra de una máquina u otro aparato o si se produce una chispa a tierra en una máquina de corriente continua. La función de estos relés es la de indicar o incluso en ocasiones desconectar selectivamente el circuito de puesta a tierra. Su número de dispositivo es el 64.

- RELÉS DE PROTECCIÓN DE SOBRETENSIÓN Y SUBTENSIÓN

El relé de sobretensión se acciona cuando la tensión excede de un valor determinado, y el relé de subtenSIÓN se acciona cuando la tensión cae por debajo de un valor determinado. Con estos equipos se protegen equipos que puedan ser muy sensibles a las variaciones de tensión. Sus números de dispositivos son el 59 y 27.

- RELÉS DE PROTECCIÓN DE FRECUENCIA

Se trata de un relé que se acciona a un valor determinado de la frecuencia (mayor, menor o igual a la normal) o cuando la frecuencia varía a una velocidad dada. Su número de dispositivo es el 81.

- RELÉS DE PROTECCIÓN BUCHHOLZ

Relé que se emplea en muchos equipos para detectar fallos del dieléctrico en el interior del equipo.

1.14.2. Protecciones para las líneas de 220kV y 132kV

Para la protección de las líneas de 220kV se colocará en el interior del edificio del interior de la subestación, una cabina en la cual estará alojado los relés electrónicos seleccionados de acuerdo con las especificaciones de RREE:

SEL-411L Data Sheet

Line Current Differential Protection
Automation and Control System



Ilustración 19 Relé de protección SEL

En este primer relé actuarán sobre las bobinas de disparo de sus respectivos interruptores:

- Protección de distancia
- 27: Protección de mínima tensión
- 87L: Protección diferencial de longitud
- 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

IRF – Relé de Protección de Feeder IEC 61850 2



Ilustración 20 Relé de protección ZIV

Las protecciones que tendrá este relé serán las mismas que las seleccionadas en el SEL411L menos la protección de distancia:

- 27: Protección de mínima tensión
- 87L: Protección diferencial de longitud
- 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

De hecho, en caso de tener que ejecutar un reenganche esta será la encargada de efectuarlo.

1.14.3. Protecciones de Barras de 220kV y 132kV

Para la protección de estas barras se colocará en el interior del edificio del interior de la subestación, una cabina en la cual estará alojados los relés electrónicos seleccionados.

SEL SEL-487B-1 Bus Differential Relay

Busbar and Breaker Failure Protection,
Automation, and Control System

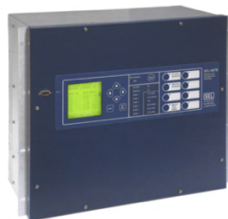


Ilustración 21 Relé de protección SEL

IRV-Z – Posición de Protección Diferencial de Barras / Feeder



Ilustración 22 Relé de protección ZIV

El equipamiento que tendrán estas protecciones será el siguiente:

- 50/51: sobre corriente
- 50BF: Sobre corriente por fallo interruptor
- 87: Diferencial
- 59: Máxima tensión

1.14.4. Protección de los transformadores T1, T2 y T3

Para la protección de los transformadores de potencia se colocará en el interior del edificio del interior de la subestación, una cabina en la cual estará alojados los relés electrónicos seleccionados.

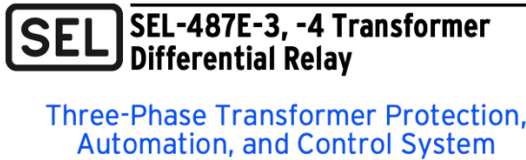


Ilustración 23 Relé de protección SEL

IDF – Relé de Protección de Transformador IEC 61850 2



Ilustración 24 Relé de protección ZIV

En dicho relé se activarán las siguientes protecciones, que actuarán sobre las bobinas de disparo de sus respectivos interruptores:

- 27: Protección de mínima tensión
- 59: Protección de máxima tensión
- 64: Protección a tierra
- 50-51: Protección de sobreintensidad
- B: Relé Buchholz
- T: Relé de temperatura

1.14.5. Protecciones para el nivel 15kV

Toda la aparamenta del nivel de 15kV se encuentra en las cabinas SIEMENS instaladas en el interior del edificio y sus equipos de protección van integrados ya en ellas debiendo estar bien informadas por el fabricante.



1.14.6. Equipos de medida

A parte de los equipos de protección mencionados anteriormente para garantizar la correcta supervisión de todos los puntos de la subestación se deberán instalar en todas las posiciones, aparatos capaces de verificar visualmente el estado de las características eléctricas más importantes de la subestación. Esto son los equipos de medida, los cuales son mucho más sensibles a perturbaciones de tensión y de corriente que los equipos de protección.

Deben estar equipados de los siguientes equipos para mostrar las magnitudes más relevantes:

- AMPERIMETRO

Única función mostrar la corriente que circula en cada momento por cada una de las posiciones.

- VOLTIMETRO

Única función mostrar la caída de tensión en cada momento por cada una de las posiciones.

- CONTADOR DE POTENCIA ACTIVA

Su función como su propio nombre indica es la de mostrar la potencia activa que consumen las cargas conectadas.

- CONTADOR DE POTENCIA REACTIVA

Su función como su propio nombre indica es la de mostrar la potencia activa que consumen las cargas conectadas.

- FACTOR DE POTENCIA

Se encarga de mostrar en todo momento el factor de potencia de cada uno de los puntos de la subestación.

- FRECUENCIOMETRO

Muestra la frecuencia de la red

1.14.7. Medida para 220kV

1.14.7.1. Medida para líneas

En el caso de las líneas de 220kV debemos instalar los aparatos de medida necesarios para garantizar con ellos el correcto control y la correcta medición de todos los componentes de nuestra subestación, por ello, debe estar equipado de aparatos tales para garantizar el control como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro



- kW: Contador de potencia activa
- kVAr: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kW hora
- FP: Factor de potencia
- F: Frecuencia

1.14.7.2. Medida para Transformadores

De igual manera que para las líneas, de hecho, se instalara el mismo equipo, debemos instalar los aparatos de medida necesarios para garantizar con ellos el correcto control y la correcta medición de todos los componentes de nuestra subestación, por ello, debe estar equipado de aparatos tales para garantizar el control como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- kVAr: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kW hora
- FP: Factor de potencia
- F: Frecuencia

1.14.8. Medida para 132kV

1.14.8.1. Medida para líneas

En el caso de las líneas de 132kV debemos instalar los aparatos de medida necesarios para garantizar con ellos el correcto control y la correcta medición de todos los componentes de nuestra subestación, por ello, debe estar equipado de aparatos tales para garantizar el control como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- kVAr: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kW hora
- FP: Factor de potencia
- F: Frecuencia

1.14.8.2. Medida para Transformador

De igual manera que para las líneas, de hecho, se instalara el mismo equipo, debemos instalar los aparatos de medida necesarios para garantizar con ellos el correcto control y la correcta medición de todos los componentes de nuestra subestación, por ello, debe estar equipado de aparatos tales para garantizar el control como:

- I: Amperímetro
- V: Voltímetro
- kW: Contador de potencia activa
- kVAr: Contador de potencia reactiva
- kWh: Contador de kW hora
- FP: Factor de potencia
- F: Frecuencia

1.14.9. Medida para el nivel 15kV

De igual manera que pasa con las protecciones, toda la aparamenta del nivel de 15kV se encuentra en las cabinas SIEMENS instaladas en el interior del edificio y sus equipos de medida van integrados ya en ellas debiendo estar bien informadas por el fabricante

1.14.10. Unidades de control de posición (UCP)

Se puede clasificar entres tipos distintas de UCP, desde el punto de vista funcional:

- UCP de Control
- UCP de Protección
- UCP de Medida

Existen equipos multifunción que ya integran estas tres funciones en un mismo equipo. Que es el caso del equipo seleccionado para esta instalación. Se trata del relé SEL-451:



Ilustración 25 Relé de protección SEL



1.15. RESUMEN PRESUPUESTO

A continuación, se mostrará un resumen del presupuesto total del costo de dicho proyecto:

APARTADO	IMPORTE
1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA	2.500.000,00 €
2. LINEAS DE ENTRADA 1 Y 2 DE 220 KV	292.000,00 €
3. LINEAS DE LOS TRANSFORMADORES DE 150 MVA	410.800,00 €
4. LINEA DEL TRANSFORMADOR DE 25 MVA	105.000,00 €
5. LINEAS DE SALIDA 3,4,5,6 DE 132 KV	474.400,00 €
6. EMBARRADOS DE 220 Y 132 KV	168.200,00 €
7. EDIFICIO Y OBRA CIVIL	350.000,00 €
8. CABINAS DE MT DE 15 KV	250.000,00 €
9. ESTRUCTURAS	92.800,00 €
10. RED DE TIERRAS	57.250,00 €
11. SERVICIOS AUXILIARES	279.600,00 €
12. EQUIPOS DE PROTECCION, MEDIDA Y MANDO	101.020,00 €
13. AISLADORES, CONECTORES, EMPALME Y UTILLAJE	33.700,00 €
TOTAL	5.114.770,00 €

Presupuesto	5.114.700,00 €
13% Gastos generales	664.920,10 €
6% Beneficio industrial	306.882,00 €
Suma	6.086.572,10 €
21% IVA	1.278.180,141 €
Presupuesto total de ejecución	7.364.752,25 €

El presupuesto de ejecución del presente proyecto asciende a la expresada cantidad de SIETE MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO SETECIENTOS CINCUENTA Y DOS CON VEINTICINCO EUROS.



1.16. CONCLUSION

Para la presentación del presente proyecto se han realizado el diseño, cálculos y justificaciones de la forma más detallada posible, de la subestación eléctrica transformadora 220/132/15 kV de la localidad de Calatayud. Todo esto siempre siguiendo y cumpliendo las directrices, normas y recomendaciones de los distintos reglamentos técnicos y organismos.

Dicha instalación ha sido diseñada con vista de por si en un futuro fuera necesaria una posible ampliación ya que el recinto en su totalidad dispone de suficiente espacio y la totalidad de los equipos han sido seleccionados con intención de que ninguno de ellos se encuentre trabajando cerca de los límites de sus prestaciones.

Con todos los anexos expuestos se da por completada la presentación del diseño de esta nueva subestación a realizar, solicitando las autorizaciones pertinentes para su ejecución y puesta en servicio.

En Zaragoza, 23 de Septiembre de 2022.

Fco. Javier Sánchez Hernández



2.CALCULOS JUSTIFICATIVOS



2.CALCULOS JUSTIFICATIVOS	51
2.1. AISLAMIENTO	54
2.1.1. Nivel 220 kV:	55
2.1.2. Nivel 132 kV:	55
2.1.3. Nivel 15 kV:	55
2.2. VALORES NOMINALES DE INTENSIDAD	55
2.2.1. Nivel 220kV	55
2.2.2. Nivel 132kV	57
2.2.3. Nivel 15 kV	58
2.3. CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO	59
2.3.1. Sistema base y reactancias por unidad	59
2.3.2. Esquema unifilar	60
2.3.3. Cálculo de reactancia equivalente	60
2.3.4. Resumen corrientes de cortocircuito	64
2.4. SELECCIÓN DE AUTOVALVULAS	64
2.4.1. Método de calculo	65
2.4.2. Selección autoválvulas nivel 220 kV	67
2.4.3. Selección autoválvulas nivel 132 kV	69
2.4.4. Selección autoválvulas nivel 15 kV	70
2.5. RED DE TIERRAS	72
2.5.1. Geometria de red de tierras	72
2.5.2. Longitud de los conductores de la red de tierras	73
2.5.3. Resistencia a tierra	73
2.5.4. Tensión de paso y de contacto	74
2.6. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	77
2.6.1. Nivel de 220kV	78
2.6.2. Nivel de 132kV	78
2.6.3. Cálculo de los secundarios de los transformadores de tensión	79
2.6.3.1 Nivel de 220 kV	79
2.6.3.2 Nivel 132 kV	79
2.7. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	80
2.7.1. Líneas de entrada de 220kV (L1 y L2)	81
2.7.1.1. Secundario de Medida	81
2.7.1.2. Secundario de Medida y Control	81
2.7.1.3. Secundario de Protección I	82
2.7.1.4. Secundario de Protección II	82
2.7.1.5. Resumen de selección de Secundarios	83
2.7.2. Líneas de los primarios de los transformadores T1 y T2 (LpT1 y LpT2)	83
2.7.2.1. Secundario de Medida y Control	83
2.7.2.2. Secundario de Protección I	84
2.7.2.3. Secundario de Protección II	84
2.7.2.4. Resumen de selección de Secundarios	85
2.7.3. Líneas de los secundarios de los transformadores T1 y T2 (LsT1 y LsT2)	85
2.7.3.1. Secundario de Medida y Control	85
2.7.3.2. Secundario de Protección I	85
2.7.3.3. Secundario de Protección II	86
2.7.3.4. Resumen de selección de Secundarios	87
2.7.4. Líneas de salida en nivel 132kV (L3, L4, L5, L6)	87
2.7.4.1. Secundario de Medida	87
2.7.4.2. Secundario de Medida y Control	87
2.7.4.3. Secundario de Protección I	88
2.7.4.4. Secundario de Protección II	88
2.7.4.5. Resumen de selección de Secundarios	89
2.7.5. Línea del primario del transformador T3 (LpT3)	89
2.7.5.1. Secundario de Medida y Control	89
2.7.5.2. Secundario de Protección I	89



2.7.5.3. Secundario de Protección II.....	90
2.7.5.4. Resumen de selección de Secundarios.....	90
2.8. AISLADORES.....	91
2.8.1. Aisladores 220 kV.....	91
2.8.2. Aisladores 132 kV.....	92
2.9. CONDUCTORES.....	93
2.9.1. Método de calculo.....	93
2.9.2. Líneas de entrada L1 y L2 Nivel 220kV.....	94
2.9.3. Embarrado 220 kV.....	95
2.9.4. Líneas de primarios de transformadores T1 Y T2.....	96
2.9.5. Líneas de secundario de transformadores T1 Y T2.....	96
2.9.6. Embarrado 132 kV.....	97
2.9.7. Líneas de salida L3, L4, L5 y L6.....	98
2.9.8. Línea de primario del transformador T3.....	98
2.9.9. Línea de secundario del transformador T3.....	99
2.9.10. Embarrado 15 kV.....	100
2.9.11. Líneas de salida L7, L8, L9, L10, L11.....	100
2.10. HILOS DE GUARDA Y DISTANCIAS MÍNIMAS.....	101
2.10.1. Hilos de Guarda.....	101
2.10.2. Distancias mínimas.....	103
2.11. SERVICIOS AUXILIARES (SSAA).....	104
2.12. BATERIA DE CONDENSADORES.....	106
2.13. BATERIA DE CORRIENTE CONTINUA.....	107

2.1. AISLAMIENTO

De acuerdo con la siguiente tabla obtendremos los valores de tensión nominal normalizada de nuestros niveles de tensión.

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MAS ELEVADA DE LA RED (U_s) KV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20*	24
25	30
30	36
45	52
66*	72,5
110	123
132*	145
150	170
220*	245
400*	420

Ilustración 26 Tabla tensiones nominales normalizadas

Los valores de aislamiento normalizados los recogen las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2. Nuestros niveles de tensión se encuentran todos en la gama I (niveles de U_m desde 1 kV hasta 245 kV).

Tensión más elevada para el material U_n kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
123	(185) 230	450 550
145	(185) 230	(450) 550
	275	650
170	(230) 275 325	(550) 650 750
245	(275) (325) 360 395	(650) (750) 850 950
	460	1 050

Ilustración 27 Tabla de valores de aislamiento normalizados



Por ende, los niveles de tensión de la S.E.T quedan definidos de la siguiente manera:

2.1.1. Nivel 220 kV:

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

2.1.2. Nivel 132 kV:

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

2.1.3. Nivel 15 kV:

- Tensión nominal: 15kV
- Tensión más elevada: 17,5kV
- Tensión a frecuencia industrial de baja duración: 38kV
- Tensión a impulsos tipo rayo: 95kV

2.2. VALORES NOMINALES DE INTENSIDAD

Es muy importante conocer las corrientes nominales que circularán por el sistema, para ello utilizaremos la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n}$$

Siendo:

- I: Intensidad que circula por el punto de la instalación en estudio. (A)
- U_n : Tensión nominal en el punto de estudio. (kV)
- S: Potencia aparente en el punto de estudio. (kVA)

2.2.1. Nivel 220kV

Línea de entrada L1

Para calcular la línea L1 hay que tener en cuenta que debe soportar la potencia de la S.E.T, lo que quiere decir la suma de los dos transformadores T1 y T2.

- S: 150.000 kVA + 150.000 kVA = 300.000 kVA
- U_n : 220 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n} = 787,296 A$$



Línea de entrada L2

Para calcular la línea L2 hay que tener en cuenta que debe soportar la potencia de la S.E.T, lo que quiere decir la suma de los dos transformadores T1 y T2.

- S: 150.000 kVA + 150.000 kVA = 300.000 kVA
- Un: 220 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 787,296 A$$

Embarrado doble nivel 220 kV

Se instalará un embarrado doble en el nivel de 220 kV capaz de soportar la potencia de los dos transformadores T1 y T2.

- S: 150.000 kVA + 150.000 kVA = 300.000 kVA
- Un: 220 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 787,296 A$$

Primario de transformador T1 LpT1

Esta línea debe estar diseñada para soportar la potencia del primer transformador de potencia T1.

- S: 150.000 kVA
- Un: 220 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 393,648 A$$

Primario de transformador T2 LpT2

Esta línea debe estar diseñada para soportar la potencia del primer transformador de potencia T2, que será idéntico a T1.

- S: 150.000 kVA
- Un: 220 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 393,648 A$$



2.2.2. Nivel 132kV

Secundario de transformador T1 LsT1

Esta línea al igual que la del primario debe soportar la potencia del transformador, pero en este caso la tensión nominal será 132 kV.

- S: 150.000 kVA
- Un: 132 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n} = 656,08 A$$

Secundario de transformador T2 LsT2

Esta línea al igual que la del primario debe soportar la potencia del transformador, pero en este caso la tensión nominal será 132 kV.

- S: 150.000 kVA
- Un: 132 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n} = 656,08 A$$

Embarrado doble nivel 132 kV

Se instalará un embarrado doble en el nivel de 132 kV capaz de soportar la potencia de los dos transformadores T1 y T2.

- S: 150.000 kVA + 150.000 kVA = 300.000 kVA
- Un: 132 kV
-

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n} = 1312,159 A$$

Líneas de salida L3, L4, L5 y L6

En este caso se han diseñado las líneas para que sean capaces de evacuar más del 25% de la potencia de la S.E.T para que no suceda nada en caso de que alguna de las otras líneas falle. Por eso se selecciona S= 100.000kVA

- S: 100.000kVA
- Un: 132 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * U_n} = 437,387 A$$



Primario de transformador T3 LpT3

Esta línea debe estar diseñada para soportar la potencia del primer transformador de potencia T3.

- S: 25.000 kVA
- Un: 132 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 109,35 A$$

2.2.3. Nivel 15 kV

Secundario de transformador T3 LsT3

Esta línea al igual que la de el primario debe soportar la potencia del trago , pero en este caso la tensión nominal será 15 kV.

- S: 25.000 kVA
- Un: 15 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 962,25 A$$

Embarrado simple nivel 15 kV

Se instalará un embarrado simple en el nivel de 15 kV capaz de soportar la potencia de el transformador T3.

- S: 25.000 kVA
- Un: 15 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 962,25 A$$

Líneas de salida L7, L8, L9, L10, L11

En este caso se han diseñado las líneas para que sean capaces de evacuar el 25% de la potencia del embarrado de 15 kV para que no suceda nada en caso de que alguna de las otras líneas falle. Por eso se selecciona S= 6.250 kVA

- S: 6.250 kVA
- Un: 132 kV

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * Un} = 240,562 A$$



2.3. CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Se debe proteger debidamente el sistema frente a las posibles corrientes de cortocircuito que aparecen al unirse dos puntos que se encuentran a distinto potencial, mientras la impedancia entre ellos es nula o despreciable.

Cuando sucede este fenómeno se genera un arco eléctrico que cierra el circuito en puntos no deseados, por este motivo es necesario determinar el valor máximo de cortocircuito que puede alcanzar la corriente en un punto.

Los cortocircuitos pueden tener distintos orígenes:

- De origen eléctrico
- De origen mecánico
- Por falsas maniobras
- De origen atmosférico

2.3.1. Sistema base y reactancias por unidad

Por un lado, tenemos que la potencia base para los valores de 220kV y 132kV serán 700MVA y 3500MVA respectivamente.

Por otro para los transformadores de 150 MVA tenemos una reactancia en tanto por ciento del 18% y para el transformador de 25MVA una reactancia en tanto por ciento de 12%.

Tomamos también como reactancia de línea el 100%.

Siendo U_b las tres tensiones de sus respectivos niveles de tensión procedemos a calcular los valores base en por unidad:

Reactancia de línea de 220 kV:

$$X_{red}(p.u) = \frac{X_{red}(\%)}{100} * \frac{S_b}{S_{red}} = \frac{100}{100} * \frac{7000}{7000} = 1 pu$$

Reactancia de línea de 132 kV:

$$X_{red}(p.u) = \frac{X_{red}(\%)}{100} * \frac{S_b}{S_{red}} = \frac{100}{100} * \frac{7000}{3500} = 2 pu$$

Reactancia de transformadores 1 y 2:

$$X_{trafo}(p.u) = \frac{X_{trafo}(\%)}{100} * \frac{S_b}{S_{trafo}} = \frac{18}{100} * \frac{7000}{150} = 8,4 pu$$

Reactancia de transformador 3:

$$X_{trafo}(p.u) = \frac{X_{trafo}(\%)}{100} * \frac{S_b}{S_{trafo}} = \frac{12}{100} * \frac{3500}{25} = 16,8 pu$$

2.3.2 Esquema unifilar

Planteamos así el esquema unifilar sustituyendo los transformadores de potencia por sus respectivas reactancias equivalentes y las líneas por el equivalente Thevenin correspondiente.

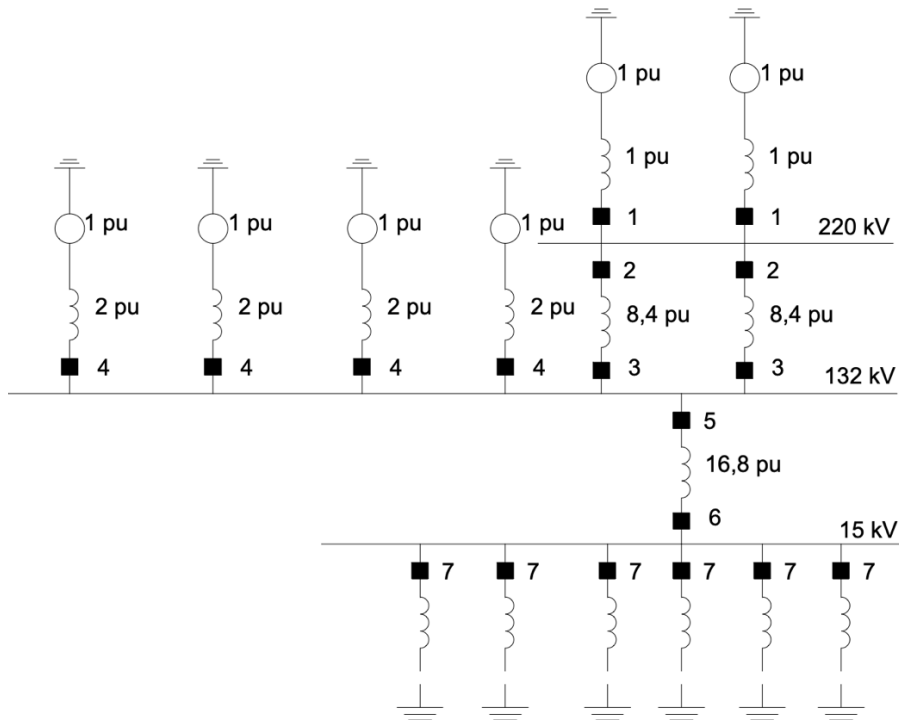


Ilustración 28 Esquema unifilar calculo Icc

2.3.3. Cálculo de reactancia equivalente

- 1) Interruptor automático en posición de línea 220 kV

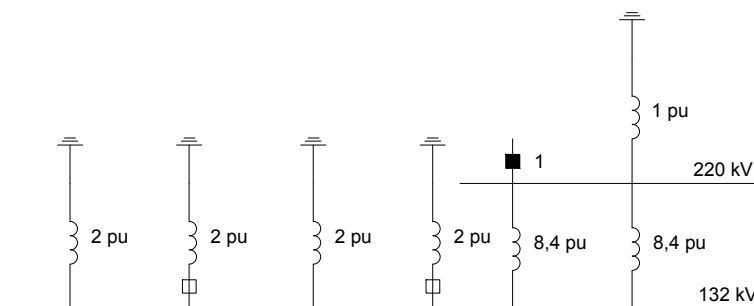


Ilustración 29 Esquema unifilar calculo Icc punto 1

En primer lugar calculamos la reactancia equivalente de el sistema, que sera:

$$X_{1pu} = 1 / ((8,4 // 8,4) + (2 // 2 // 2 // 2)) = 0,83 pu$$

Y la potencia de cortocircuito en ese punto será:

$$X_{1pu} = \frac{S_b}{Spunto1} \Rightarrow Spunto1 = \frac{S_b}{X_{1pu}} = \frac{7000MVA}{0,83} = 8489,36 MVA$$

Y la corriente de cortocircuito será:

$$I_{cc1} = \frac{Spunto1}{\sqrt{3} * U} = \frac{8489,36MVA}{\sqrt{3} * 220kV} = 22,278 kA$$

- 2) Interruptor automático en primario de transformador 220/132 kV

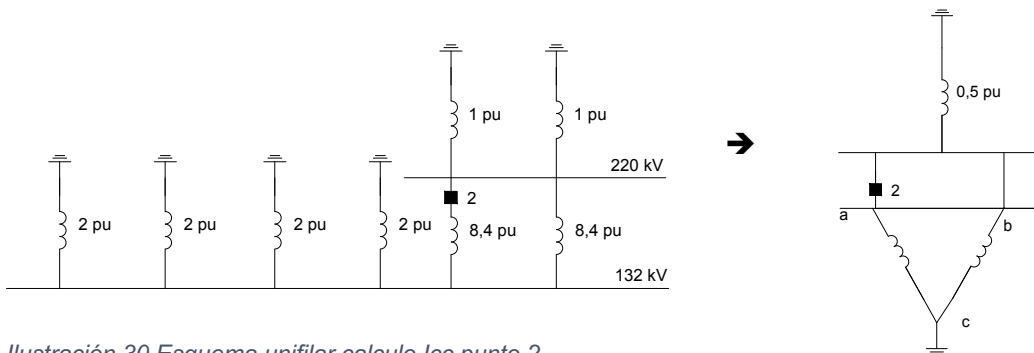


Ilustración 30 Esquema unifilar calculo Icc punto 2

Calculamos las tres reactancias equivalentes y nos quedaremos con la más desfavorable.

$$X_{ab} = X_a + X_b + \frac{X_a * X_b}{X_c} = 8,4 + 8,4 + \frac{8,4^2}{0,5} = 157,92 pu$$

$$X_{ac} = X_a + X_c + \frac{X_a * X_c}{X_b} = 8,4 + 0,5 + \frac{8,4 * 0,5}{8,4} = 9,4 pu$$

$$X_{bc} = X_b + X_c + \frac{X_b * X_c}{X_a} = 8,4 + 0,5 + \frac{8,4 * 0,5}{8,4} = 9,4 pu$$

$$X_{2pu} = 9,4 // 0,5 = 0,475 pu$$

Así pues, la potencia de cortocircuito:

$$X_{2pu} = \frac{S_b}{Spunto2} \Rightarrow Spunto2 = \frac{S_b}{X_{2pu}} = \frac{7000MVA}{0,475} = 14744,68 MVA$$

Y la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc2} = \frac{Spunto2}{\sqrt{3} * U} = \frac{14744,68 MVA}{\sqrt{3} * 220kV} = 38,695 kA$$

- **3) Interruptor automático secundario del transformador 220/132 kV**

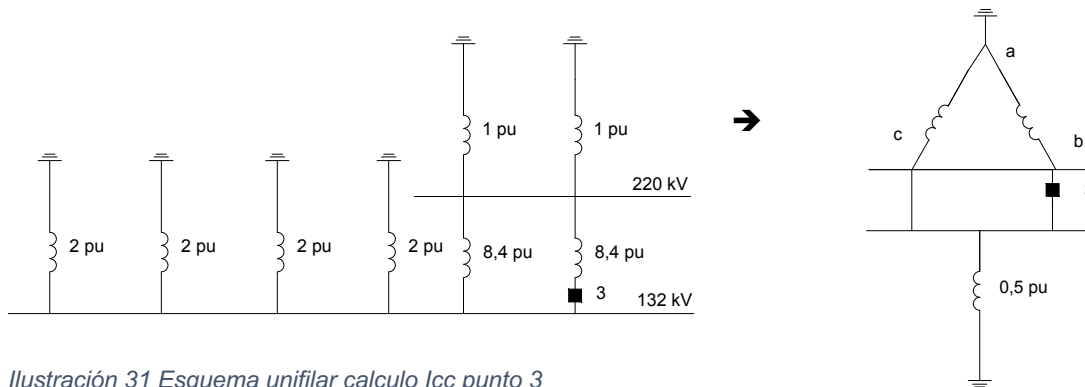


Ilustración 31 Esquema unifilar calculo Icc punto 3

$$X_{ab} = X_a + X_b + \frac{X_a * X_b}{X_c} = 8,4 + 8,4 + \frac{8,4^2}{0,5} = 157,92 pu$$

$$X_{ac} = X_a + X_c + \frac{X_a * X_c}{X_b} = 8,4 + 0,5 + \frac{8,4 * 0,5}{8,4} = 9,4 pu$$

$$X_{bc} = X_b + X_c + \frac{X_b * X_c}{X_a} = 8,4 + 0,5 + \frac{8,4 * 0,5}{8,4} = 9,4 pu$$

$$X_{3pu} = 9,4 // 0,5 = 0,475 pu$$

En este caso S_b es 3500 MVA por lo que la potencia de cortocircuito vale:

$$S_{punto3} = \frac{S_b}{X_{3pu}} = \frac{3500 MVA}{0,475} = 7368,42 MVA$$

Y la U_b es 132kV por lo que la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc3} = \frac{S_{punto3}}{\sqrt{3} * U} = \frac{7368,42 MVA}{\sqrt{3} * 132 kV} = 32,228 kA$$

- **4) Interruptor automático en posición de línea de 132 kV**

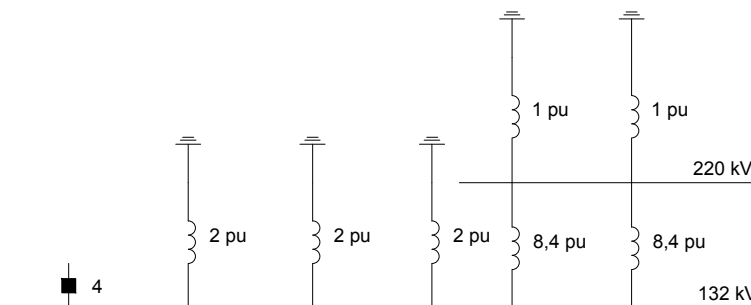


Ilustración 32 Esquema unifilar calculo Icc punto 4

Para obtener la reactancia equivalente partimos de la siguiente expresión:

$$X_{4pu} = (2 // 2 // 2) // (0,5 + (8,4 // 8,4)) = 0,584 pu$$

Por lo que la potencia de cortocircuito será:

$$S_{4pu} = \frac{S_b}{X_{4pu}} = \frac{3500}{0,584} = 5993,15 MVA$$

Y finalmente la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc4} = \frac{S_{4pu}}{\sqrt{3} * U_b} = \frac{5993,15}{\sqrt{3} * 132} = 26,21 kA$$

- **5) Interruptor automático en primario del transformador 132/15 kV**

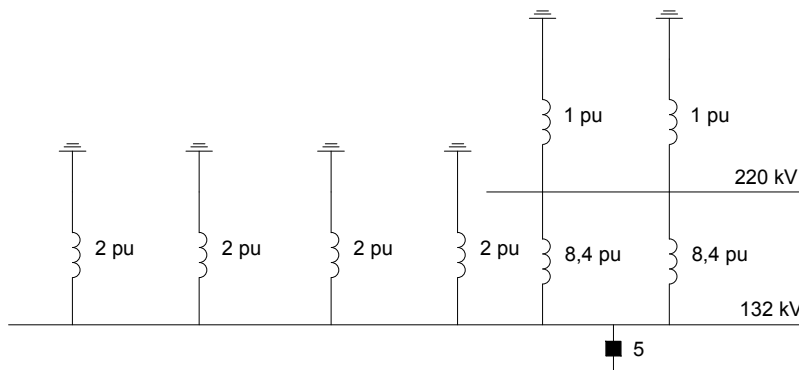


Ilustración 33 Esquema unifilar calculo Icc punto 5

Tras plantear el circuito equivalente procedemos a calcular la reactancia equivalente:

$$X_{5pu} = 0,5 // (0,5 + 4,2) = 0,4468 pu$$

Y la potencia de cortocircuito:

$$S_{5pu} = \frac{S_b}{X_{5pu}} = \frac{3500}{0,4468} = 7833,482 MVA$$

Y la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc5} = \frac{S_{5pu}}{\sqrt{3} * U_b} = \frac{7833,482}{\sqrt{3} * 132} = 34,27 kA$$

- 6) Interruptor automático secundario del transformador 132/15 kV

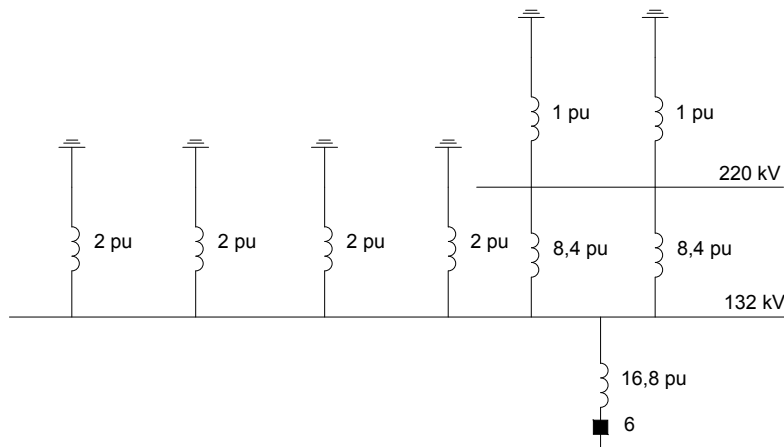


Ilustración 34 Esquema unifilar calculo Icc punto 6

Calculamos la reactancia equivalente:

$$X_{6pu} = 0,4468 + 16,8 = 17,247 pu$$

La potencia de cortocircuito:

$$S_{6pu} = \frac{S_b}{X_{6pu}} = \frac{3500}{17,247} = 202,93 MVA$$

Y la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc6} = \frac{S_{6pu}}{\sqrt{3} * U_b} = \frac{202,936}{\sqrt{3} * 15} = 7,811 kA$$

2.3.4 Resumen corrientes de cortocircuito.

Interruptor	Nivel de tensión (kV)	Icc (kA)
1	220	22,278
2	220	38,695
3	132	32,228
4	132	26,21
5	132	34,27
6	15	7,811

2.4. SELECCIÓN DE AUTOVALVULAS

A la hora de calcular distinguimos entre las tres zonas, 220 kV, 132kV, 15kV. Para esto debemos tener ciertos parámetros en cuenta:

- Intensidad nominal de descarga
- Tensión nominal



- Capacidad para soportar sobretensiones temporales

2.4.1. Método de calculo

De acuerdo con la Tabla 1 de la ITC-RAT 04 podemos conocer los valores de U_s (tensión más elevada de la red) y de U_m (tensión más elevada del material).

Se gen la norma UNE EN 60099-5 el valor de la tensión en funcionamiento continuo (U_c) debe cumplir:

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DEL MATERIAL (U_m) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

Ilustración 35 Tabla de tensiones nominales mas elevadas de la red

$$U_c \geq 1,05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}}$$

A continuación, siguiendo la norma UNE-EN 50341-1 procedemos a seleccionar la Línea de fuga mínima en función del nivel de contaminación de la S.E.T.

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

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

Ilustración 36 Tabla selección línea de fuga en función de la zona

En este caso hemos considerado por la ubicación de la S.E.T un nivel de contaminación III lo que corresponde a una Línea de fuga mínima = 25 mm/kV

Con la siguiente expresión se obtendrá la línea de fuga:

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

Para determinar las sobre tensiones temporales (TOVc) se empleará la siguiente expresión:

$$TOVc \geq U_{eq} = \frac{K * U_s}{\sqrt{3}} * \left(\frac{Tt}{10} \right)^m$$

Tanto en el nivel de 220kV como en el de 132kV el neutro del transformador está conectado rígidamente a tierra por lo que tenemos un valor de $K \leq 1,4$ y con esta conexión de neutro conectado rígidamente a tierra el tiempo normalizado (Tt) es de 1s y el coeficiente $m=0,02$.

Pero para el nivel de 15kV el neutro estará aislado por lo que el valor de K estará entre $1,7 \leq K \leq 1,9$ Y de acuerdo con esta conexión de neutro el tiempo normalizado es de 10s y el coeficiente $m=0,02$.

De acuerdo con el sistema de conexión a tierra el valor de la Tensión asignada mínima (Ur) variará. Será:

$$U_r \geq 0,72 * U_s$$

En el caso de que la tierra del sistema sea efectiva. Y en el caso de que sea inefectiva será:

$$U_r \geq 0,91 \times U_s$$

2.4.2. Selección autoválvulas nivel 220 kV

Siguiendo los procedimientos indicados en el apartado 2.4.1 tenemos los siguientes datos:

- $U_s=17,5$
- Línea de fuga mínima= 25
- $K= 1,4$
- $Tt= 1$
- $m= 0,02$

Con lo que podemos obtener:

$$U_c = 1,05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1,05 * \frac{245}{\sqrt{3}} = 148,52kV$$

$$\text{Línea de fuga(mm)} = 245 * 25 = 6125 \text{ mm}$$

$$TOVC \geq \frac{K * U_s}{\sqrt{3}} * \left(\frac{Tt}{10}\right)^m = \frac{1,4 * 245}{\sqrt{3}} * \left(\frac{1}{10}\right)^{0.02} = 189,1 \text{ kV}$$

$$U_r \geq 0,72 \times 245 = 176,4 \text{ kV}$$

Tras estudiar los datos obtenidos, el pararrayos seleccionado será: SIEMENS 3EL2.

Maximum values				3EL5	3EL1	3EL2	3EL3	3EP5	3EP4	3EP6	3EP3	3EQ1	3EQ4	3EQ3	
Highest voltage of the system				kV	72.5	252	420	550	123	362	800	800	362	800	800
Maximum rated voltage				kV	60	198	360	444	96	288	588	624	288	588	624
Nominal discharge current	Line discharge class	Energy absorption capability	Long duration current impulse												
				kA											
10	2	4.4	550	■											
10	2	5.0	750		■			■	■				■		
10	3	6.0	800		■										
10	2	5.0	1100			■		■	■				■		
10	3	8.0	1100			■		■	■				■		
10	3	8.0	1200			■									
20	4	10.0	1200			■									
20	4	10.0	1600				■			■	■		■	■	■
20	5	14.0	2000				■			■	■		■	■	■
20	5	16.0	3200												
Rated short-circuit current				kA	20	65	65	65	40	65	65	65	40	65 ¹	80
High current impulse				kA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bending moment dynamic				kNm	0.5	1.2	4.0	10.0	2.0	4.5	18/30 ²	34/90 ²	6.0	21/38 ²	42/72 ²

Ilustración 37 Tabla especificaciones técnicas Autoválvula



Electrical characteristics – phase arresters														
Highest voltage of the system	Rated voltage	Continuous operating voltage	Line discharge class	Long duration current 2ms	Maximum values of the residual voltages at discharge currents of the following impulses								Arrester type	Minimum housing size
					30/60 μs 0.5 kA	30/60 μs 1 kA	30/60 μs 2 kA	8/20 μs 5 kA	8/20 μs 10 kA	8/20 μs 20 kA	8/20 μs 40 kA			
U _s kV	U _r kV	U _c kV	LD Class	A										
123	96	77	3	1100	180	185	194	212	226	250	284	3EL2 096 - 2 P. 3 . -	J	
	96	77	4	1200	187	191	200	217	230	253	276	3EL2 096 - 6 P. 4 . -	J	
	102	82	3	1100	192	197	206	225	240	266	302	3EL2 102 - 2 P. 3 . -	J	
	102	82	4	1200	198	203	213	230	245	269	294	3EL2 102 - 6 P. 4 . -	J	
	108	86	3	1100	203	208	218	239	254	282	320	3EL2 108 - 2 P. 3 . -	J	
	108	86	4	1200	210	215	226	244	259	285	311	3EL2 108 - 6 P. 4 . -	J	
145	154	123	3	1100	290	297	311	340	362	402	456	3EL2 154 - 2 P. 3 . -	M	
	120	96	3	1100	226	231	243	265	282	313	355	3EL2 120 - 2 P. 3 . -	J	
	120	96	4	1200	233	239	251	271	288	317	346	3EL2 120 - 6 P. 4 . -	J	
	132	106	3	1100	248	254	267	292	310	344	391	3EL2 132 - 2 P. 3 . -	M	
	132	106	4	1200	257	263	276	298	317	348	380	3EL2 132 - 6 P. 4 . -	M	
	144	115	3	1100	271	277	291	318	338	376	426	3EL2 144 - 2 P. 3 . -	M	
170	144	115	4	1200	280	287	301	325	346	380	415	3EL2 144 - 6 P. 4 . -	M	
	138	110	3	1100	259	266	279	305	324	360	409	3EL2 138 - 2 P. 3 . -	M	
	138	110	4	1200	268	275	288	311	331	364	397	3EL2 138 - 6 P. 4 . -	M	
	144	115	3	1100	271	277	291	318	338	376	426	3EL2 144 - 2 P. 3 . -	M	
	144	115	4	1200	280	287	301	325	346	380	415	3EL2 144 - 6 P. 4 . -	M	
	150	120	3	1100	282	289	303	331	353	391	444	3EL2 150 - 2 P. 3 . -	M	
245	150	120	4	1200	292	299	313	338	360	396	432	3EL2 150 - 6 P. 4 . -	M	
	192	154	3	1100	361	370	388	424	451	501	569	3EL2 192 - 2 P. 3 . -	Q	
	192	154	4	1200	373	382	401	433	461	507	553	3EL2 192 - 6 P. 4 . -	Q	
	198	158	3	1100	372	382	400	437	465	516	586	3EL2 198 - 2 P. 3 . -	Q	
	198	158	4	1200	385	394	413	447	475	523	570	3EL2 198 - 6 P. 4 . -	Q	
	228	182	3	1100	429	439	461	504	536	595	675	3EL2 228 - 2 P. 3 . -	R	
228	182	4	1200	443	454	476	514	547	602	657	3EL2 228 - 6 P. 4 . -	2xJ		

Ilustración 38 Tabla especificaciones técnicas Autovalvula

Para comprobar que la autovalvula seleccionada es la correcta es necesario comprobar el margen de protección a impulsos tipo rayo, que se difunde de la siguiente manera:

$$\text{Margen de proteccion a impulsos tipo rayo} = \frac{LIW}{U_{pl}} \geq 1,2$$

Siendo LIW el nivel de aislamiento del equipo ya conocido de la instrucción técnica ITC RAT 12. Y U_{pl} el margen de protección frente al rayo, definido en las especificaciones del fabricante sobre el material.

$$\text{Margen de proteccion a impulsos tipo rayo} = \frac{1050}{451} = 2,32 \geq 1,2$$

Una vez comprobado nos disponemos a calcular la distancia de protección que nos proporciona dicha autovalvula:

$$L \leq \frac{U_{bil} - U_{pl}}{2s} * v = \frac{1050 - 451}{2 * 1200} * 300 = 74,9 \text{ m}$$

Siendo:

- L: Alcance de protección
- U_{bil}: Nivel de aislamiento del equipo
- U_{pl}: Nivel de protección del pararrayos
- S: Pendiente de onda de sobre tensión (aprox 1200)
- Velocidad de propagación de la onda (en línea aérea aprox 300)

2.4.3. Selección autoválvulas nivel 132 kV

Siguiendo los procedimientos indicados en el apartado 2.4.1 tenemos los siguientes datos:

- $U_s=145$
- Línea de fuga mínima= 25
- $K= 1,4$
- $Tt= 1$
- $m= 0,02$

Con lo que podemos obtener:

$$U_c = 1,05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1,05 * \frac{145}{\sqrt{3}} = 87,9kV$$

$$\text{Línea de fuga(mm)} = 145 * 25 = 3625 \text{ mm}$$

$$TOV_c \geq \frac{K * U_s}{\sqrt{3}} * \left(\frac{Tt}{10}\right)^m = \frac{1,4 * 145}{\sqrt{3}} * \left(\frac{1}{10}\right)^{0,02} = 117,2 \text{ kV}$$

$$U_r \geq 0,72 * 145 = 104,4 \text{ kV}$$

Tras estudiar los datos obtenidos, el pararrayos seleccionado será: SIEMENS 3EL1

Maximum values				3EL5	3EL1	3EL2	3EL3	3EP5	3EP4	3EP6	3EP3	3EQ1	3EQ4	3EQ3		
Highest voltage of the system				kV	72.5	252	420	550	123	362	800	800	362	800	800	
Maximum rated voltage				kV	60	198	360	444	96	288	588	624	288	588	624	
Nominal discharge current	Line discharge class	Energy absorption capability	Long duration current impulse													
				kA												
10	2	4.4	550	■												
10	2	5.0	750		■			■	■				■			
10	3	6.0	800		■											
10	2	5.0	1100			■		■	■				■			
10	3	8.0	1100			■		■	■	■	■	■	■	■		
10	3	8.0	1200			■										
20	4	10.0	1200			■										
20	4	10.0	1600				■			■	■		■	■	■	■
20	5	14.0	2000				■			■	■		■	■	■	■
20	5	16.0	3200							■	■		■	■	■	■
Rated short-circuit current				kA	20	65	65	65	40	65	65	65	40	65 ¹	80	
High current impulse				kA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Bending moment dynamic				kNm	0.5	1.2	4.0	10.0	2.0	4.5	18/30 ²	34/90 ²	6.0	21/38 ²	42/72 ²	

Ilustración 39 Tabla especificaciones técnicas Autoválvula

Electrical characteristics – phase arresters														
Highest voltage of the system	Rated voltage	Continuous operating voltage	Line discharge class	Long duration current 2ms	Maximum values of the residual voltages at discharge currents of the following impulses								Arrester type	Minimum housing size
					30/60 μs 0.5 kA kV	30/60 μs 1 kA kV	30/60 μs 2 kA kV	8/20 μs 5 kA kV	8/20 μs 10 kA kV	8/20 μs 20 kA kV	8/20 μs 40 kA kV			
123	96	77	2	750	188	196	206	228	245	274	313	3EL1 096 - 1 P. 2 . -	K	
	96	77	3	800	188	196	206	228	245	274	313	3EL1 096 - 1 P. 3 . -	N	
	102	82	2	750	200	208	218	242	260	291	333	3EL1 102 - 1 P. 2 . -	K	
	102	82	3	800	200	208	218	242	260	291	333	3EL1 102 - 1 P. 3 . -	2xH	
	108	86	2	750	212	220	231	256	275	308	353	3EL1 108 - 1 P. 2 . -	K	
	108	86	3	800	212	220	231	256	275	308	353	3EL1 108 - 1 P. 3 . -	2xH	
	154	123	2	750	302	314	330	365	393	440	503	3EL1 154 - 1 P. 2 . -	P	
145	120	96	2	750	236	245	257	285	306	343	392	3EL1 120 - 1 P. 2 . -	2xH	
	120	96	3	800	236	245	257	285	306	343	392	3EL1 120 - 1 P. 3 . -	P	
	132	106	2	750	259	269	283	313	337	377	431	3EL1 132 - 1 P. 2 . -	2xH	
	132	106	3	800	259	269	283	313	337	377	431	3EL1 132 - 1 P. 3 . -	P	
	144	115	2	750	283	294	308	341	367	411	470	3EL1 144 - 1 P. 2 . -	P	
	144	115	3	800	283	294	308	341	367	411	470	3EL1 144 - 1 P. 3 . -	Q	

Ilustración 40 Tabla especificaciones técnicas Autovalvula

Para comprobar que la autovalvula seleccionada es la correcta es necesario comprobar el margen de protección a impulsos tipo rayo, que se difunde de la siguiente manera:

$$\text{Margen de proteccion a impulsos tipo rayo} = \frac{LIW}{U_{pl}} \geq 1,2$$

Siendo LIW el nivel de aislamiento del equipo ya conocido de la instrucción técnica ITC RAT 12. Y Upl el margen de protección frente al rayo, definido en las especificaciones del fabricante sobre el material.

$$\text{Margen de proteccion a impulsos tipo rayo} = \frac{650}{306} = 2,12 \geq 1,2$$

Una vez comprobado nos disponemos a calcular la distancia de protección que nos proporciona dicha autovalvula:

$$L \leq \frac{U_{bil} - U_{pl}}{2s} * v = \frac{650 - 306}{2 * 1200} * 300 = 43 \text{ m}$$

Siendo:

- L: Alcance de protección
- U_{bil}: Nivel de aislamiento del equipo
- U_{pl}: Nivel de protección del pararrayos
- S: Pendiente de onda de sobre tensión (aprox 1200)
- Velocidad de propagación de la onda (en línea aérea aprox 300)

2.4.4. Selección autoválvulas nivel 15 kV

Siguiendo los procedimientos indicados en el apartado 2.4.1 tenemos los siguientes datos:

- U_s=145
- Línea de fuga mínima= 25

- $K = 1,7$
- $T_t = 10$
- $m = 0,02$

Con lo que podemos obtener:

$$U_c = 1,05 * \frac{U_s}{\sqrt{3}} = 1,05 * \frac{17,5}{\sqrt{3}} = 10,61 kV$$

$$\text{Linea de fuga (mm)} = 17,5 * 25 = 437,5 \text{ mm}$$

$$TOVC \geq \frac{K * U_s}{\sqrt{3}} * \left(\frac{T_t}{10}\right)^m = \frac{1,7 * 17,5}{\sqrt{3}} * \left(\frac{10}{10}\right)^{0,02} = 17,17 kV$$

$$U_r \geq 0,91 * 17,5 = 15,925 kV$$

Tras estudiar los datos obtenidos, el pararrayos seleccionado será: ABB Surge arrester POLIM-D

Rated voltage U_r	Continuous operating voltage U_c	Residual voltage U_{res} at specified impulse current (Maximum value)									
		Steep current impulse wave 1/... μ s		Lightning current impulse wave 8/20 μ s					Switching current impulse wave 30/60 μ s		
		5 kA	10 kA	1 kA	2.5 kA	5 kA	$I_n=10$ kA	20 kA	125 A	250 A	500 A
kV_{rms}	kV_{rms}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}	kV_{peak}
5.0	4	14.5	16.0	11.7	12.4	13.1	14.0	15.9	10.4	10.8	11.1
7.5	6	21.7	24.0	17.5	18.5	19.6	21.0	23.9	15.6	16.1	16.6
10.0	8	28.9	32.0	23.3	24.7	26.1	28.0	31.8	20.8	21.5	22.2
12.5	10	36.1	39.9	29.1	30.8	32.6	35.0	39.8	25.9	26.8	27.7
15.0	12	43.3	47.9	34.9	37.0	39.1	42.0	47.7	31.1	32.2	33.2
17.5	14	50.5	55.9	40.7	43.2	45.6	49.0	55.7	36.3	37.5	38.8
20.0	16	57.7	63.9	46.5	49.3	52.1	56.0	63.6	41.5	42.9	44.3
22.5	18	64.9	71.9	52.3	55.5	58.6	63.0	71.6	46.7	48.2	49.8
25.0	20	72.1	79.8	58.1	61.6	65.1	70.0	79.5	51.8	53.6	55.3
27.5	22	79.4	87.8	64.0	67.8	71.7	77.0	87.4	57.0	59.0	60.9
30.0	24	86.6	95.8	69.8	74.0	78.2	84.0	95.4	62.2	64.3	66.4
32.5	26	93.8	103.8	75.6	80.1	84.7	91.0	103.3	67.4	69.7	71.9
35.0	28	101.0	111.8	81.4	86.3	91.2	98.0	111.3	72.6	75.0	77.5
37.5	30	108.2	119.7	87.2	92.4	97.7	105.0	119.2	77.7	80.4	83.0
40.0	32	115.4	127.7	93.0	98.6	104.2	112.0	127.2	82.9	85.7	88.5
42.5	34	122.6	135.7	98.8	104.8	110.7	119.0	135.1	88.1	91.1	94.1
45.0	36	129.8	143.7	104.6	110.9	117.2	126.0	143.1	93.3	96.4	99.6

Ilustración 41 Tabla especificaciones técnicas Autoválvula

Para comprobar que la autovalvula seleccionada es la correcta es necesario comprobar el margen de protección a impulsos tipo rayo, que se difunde de la siguiente manera:

$$\text{Margen de proteccion a impulsos tipo rayo} = \frac{LIW}{U_{pl}} \geq 1,2$$

Siendo LIW el nivel de aislamiento del equipo ya conocido de la instrucción técnica ITC RAT 12. Y U_{pl} el margen de protección frente al rayo, definido en las especificaciones del fabricante sobre el material.

$$\text{Margen de proteccion a impulsos tipo rayo} = \frac{95}{49} = 1,94 \geq 1,2$$

Una vez comprobado nos disponemos a calcular la distancia de protección que nos proporciona dicha autovalvula:



$$L \leq \frac{U_{bil} - U_{pl}}{2s} * v = \frac{95 - 49}{2 * 1200} * 150 = 2,875 \text{ m}$$

Siendo:

- L: Alcance de protección
- U_{bil}: Nivel de aislamiento del equipo
- U_{pl}: Nivel de protección del pararrayos
- S: Pendiente de onda de sobre tensión (aprox 1200)
- Velocidad de propagación de la onda (en cable 150)

2.5.RED DE TIERRAS

Para el diseño del sistema de puesta a tierra debemos asegurarnos del cumplimiento de la instrucción MIE-RAT 13. Dicho lo cual procedemos a presentar las características del terreno.

La S.E.T está situada en una superficie de 150 x 100 m. Tras el estudio del terreno se obtiene una resistividad de 150 Ω /m.

Se cubrirá el terreno con una capa de grava de 10cm de espesor y siguiendo la normativa de ENEL se considera una resistividad superficial de 3000 Ω /m.

También sabemos que en las instalaciones con reenganche automático el tiempo de actuación de los sistemas de protección es de 0,5s y el tiempo para dimensionar la puesta a tierra será de 1s.

2.5.1. Geometría de red de tierras

Entes de nada debemos definir la intensidad de defecto y puesta a tierra, en este caso cogemos la opción más desfavorable, que se la corriente de cortocircuito en el punto 2.

$$I_{max} = I_{cc2} = 38,695 \text{ kA}$$

Como se trata de una instalación con neutro rígido a tierra y de tensión nominal superior a 100kV, según la instrucción técnica MIE-RAT 13 debemos multiplicarla por un factor de corrección de 0,7.

$$I_f = 38,695 * 0,7 = 27,087 \text{ kA}$$

La red de tierras se encontrará a 0,8m de profundidad y está formada por conductores de cobre de una sección de 120 mm^2 siguiendo las recomendaciones de ENEL.

El valor de la sección de la malla deberá superar el valor mínimo indicado por la siguiente formula recogida en la standard 80 IEEE:

$$A = \frac{I_f * \sqrt{tc * \alpha_r * \rho_r * 1000}}{\sqrt{TCAP} * \ln\left(\frac{K_0 T_m}{K_0 T_a}\right)}$$

Siendo:

- A: Sección mínima
- I_f: Intensidad máxima nominal de falta a la red
- tc: Tiempo de duración de la falta



- α_r : Coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia: 0,00397 °C
- ρ_r : Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia
- $K_0 = \frac{1}{\alpha_0}$
- α_0 : Coeficiente térmico de resistividad a 0°C: 0 .00427 °C
- TCAP: Factor de capacidad térmica, para el Cu 3,42 J/cm³/°C
- T_m : Temperatura máxima, se consideran 200°C
- T_a : Temperatura ambiente, se consideran 25°C

Por lo tanto, el valor de A será:

$$A = 53,29 \text{ mm}^2 < 120 \text{ mm}^2$$

Se encuentra muy por debajo de la que recomienda Enel por lo que cumplimos sobradamente tanto el reglamento como la recomendación Enel.

2.5.2. Longitud de los conductores de la red de tierras

La malla será de una retícula de 4x4 y como ya se ha comentado las dimensiones del terreno son de 150 x100 m; teniendo que sobresalir un metro por cada lado las dimensiones definitivas serán de 152 x 100 m. Luego el número de conductores será el siguiente:

- 38 conductores de 102 m
- 26 conductores de 152 m

Por lo que la suma de todos los conductores será L:

$$L = 26 * 152 + 38 * 102 = 7828 \text{ m}$$

2.5.3. Resistencia a tierra

Para obtener la resistencia de falta a tierra partimos de la expresión obtenida de la instrucción técnica del reglamento de alta tensión ITC-RAT 13:

$$R = \frac{\rho}{4 * r} + \frac{\rho}{L}$$

Siendo:

- R: resistencia a tierra
- ρ : resistividad del terreno
- r: radio de la red de tierras
- L: longitud total de los conductores de la red de tierras

Así mismo, para obtener el valor de r lo hacemos mediante la siguiente expresión:

$$r = \sqrt{\frac{Lx * Ly}{\pi}} = \sqrt{\frac{152 * 102}{\pi}} = 70,25 \text{ m}$$



Por lo que ahora si conocemos todos los datos necesarios para calcular la resistencia a tierra:

$$R = \frac{\rho}{4 * r} + \frac{\rho}{L} = \frac{150}{4 * 70,25} + \frac{150}{7828} = 0,5529 \Omega$$

2.5.4. Tensión de paso y de contacto

Se conoce como tensión de paso a la diferencia de potencial que se produce durante un fallo entre dos puntos separados a una distancia de un paso (aproximadamente un metro) y la tensión de contacto se trata de la diferencia de potencial que aparece en una estructura metálica puesta a tierra y un punto del terreno durante una falla

Antes de nada, como tenemos una capa de grava de 10 cm debemos calcular la resistividad superficial:

$$C_s = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \left(\frac{\rho}{\rho_{grava}} \right)}{2 * h_s + 0,106} \right) = 1 - 0,106 * \frac{1 - \frac{150}{3000}}{2 * 0,1 + 0,106} = 0,6709$$

Siendo así la resistividad superficial del terreno:

$$\rho_s = C_s * \rho_{grava} = 0,6709 * 3000 = 2012,745 \Omega m$$

Y de acuerdo con la instrucción técnica ITC-LAT 07 del reglamento de alta tensión:

$$U_c = U_{ca} * \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5\rho_s}{1000} \right) = 1730,0293 V$$

$$U_p = 10U_{ca} * \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right) = 56601,174 V$$

Siendo:

- $U_{ca} = 420 v$ para $t = 0,5s$
- $R_{a1} = 2000 \Omega$

También debemos calcular las tensiones de paso y contacto siguiendo la norma IEEE 80:

Empezamos por la tensión de contacto que se expresa de la siguiente manera:

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

Siendo:

- U'_c : Tensión máxima de contacto que se presenta en la instalación
- ρ : Resistividad media del terreno donde se emplaza la malla
- I_{EB} : Intensidad de puesta a tierra máxima que puede circular por la malla



- K_m : Factor geométrico de espaciado entre conductores para tensión de contacto.
- K_i : Factor de corrección que tiene en cuenta la irregularidad de la densidad de corriente, al ser mayor en los extremos de la malla.
- L_m : Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto

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

Siendo:

- D_{sep} : Separación media entre conductores de la malla.
- d : Diámetro de los conductores de la malla.
- h : Profundidad de enterramiento.
- h_0 : Profundidad de referencia de las mallas a tierra.

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = \sqrt{1 + \frac{0,8}{1}} = 1,3416$$

Como nuestra malla de tierras no tiene las suficientes picas no podemos asegurar que $K_{ii}=1$, por lo que debemos calcularlo sabiendo que:

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

Siendo n el numero equivalente de conductores en paralelo que forma la malla, que en nuestro caso será:

$$n = \frac{2Lc}{Lp} \sqrt{\frac{Lp}{4\sqrt{S}}} = \frac{2 * 7828}{508} \sqrt{\frac{508}{4\sqrt{15504}}} = 31,125$$

Siendo:

- Lc : longitud total de conductores de la malla= 7828m (ya calculado)
- Lp : longitud perimetral= 508m
- S : superficie cubierta por la malla= 15504 m²

Por lo que:

$$K_{ii} = 0,767$$

Por lo que:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D_{sep}^2}{16 * h * d} + \frac{(D_{sep}^2 + 2h)^2}{8 * D_{sep} * d} - \frac{h}{4 * d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right] = 0.794$$



Al ser mayor en los extremos se debe tener en cuenta el factor de corrección K_i que tiene en cuenta las irregularidades de la densidad de corriente.

$$K_i = 0,644 + 0,148 * n = 0,644 + 0,148 * 31,125 = 5,25$$

La longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto se podría decir que es prácticamente L_c . Por lo que:

$$U'_c = \frac{\rho * K_m * K_i * I_{EB}}{L_m} = \frac{150 * 0,794 * 5,25 * 23,217}{7828} = 1854 \text{ V}$$

Por último, para obtener la tensión de paso partimos de la siguiente expresión:

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

Siendo:

- K_s : Factor geométrico de espaciado entre conductores para tensión de paso.
- L_s : Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso.

Obtenemos que:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,378$$

$$L_s = 0,75 * L_c + 0,85 * L_r = 0,75 * 7828 + 0,85 * 0 = 5871 \text{ m}$$

Así pues:

$$U'_p = \frac{\rho * K_s * K_i * I_{EB}}{L_s} = \frac{150 * 0,345 * 5,25 * 23,217}{5871} = 1074,4 \text{ V}$$

2.6. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Para seleccionar los distintos equipos de transformadores de tensión para los distintos niveles hemos optado por seleccionar la misma marca y modelo con las diferentes prestaciones para cada uno.

El equipo seleccionado se trata de un TT de la marca ABB, modelo CPB 72-800 kV:

CPB 72-800 kV Transformador de tensión capacitivo

El CPB está diseñado para la medición de entrada y la protección en redes de alta tensión. La moderna fabricación automatizada de la más alta calidad de los elementos del condensador proporciona una calidad uniforme que garantiza su fiabilidad y rendimiento a largo plazo. Gracias a las proporciones optimizadas de los componentes dieléctricos combinados, los elementos del condensador están sometidos a una tensión eléctrica baja con una gran estabilidad bajo variaciones de temperatura extremas. El CPB ha sido diseñado para una amplia gama de condiciones cambiantes, incluyendo climas desérticos y polares.



Sumario de datos de rendimiento

Instalación	Exterior
Diseño	Tipo de condensador, cumple con las normas IEC
Aislamiento	
CVD	Papel de aluminio / papel / capa de polipropileno, aceite sintético
EMU	Papel – aceite mineral
Tensión más elevada para el equipo	72 - 800 kV
Factor de tensión (V)	Hasta 1,9/8 horas
Aisladores	Porcelana / caucho de sílica (SIR)
Distancia de fuga	≥ 25 mm/kV (Más larga, previa petición)
Condiciones de servicio	
Temperatura ambiente	-40 °C a +40 °C (Otras, bajo pedido)
Altitud de diseño	Máximo 1.000 m (Otras altitudes, bajo pedido)

Carga total máxima aproximada en VA

Clase más alta	Devanado de medición			
	Factor de tensión 1,5 ⁹⁾		Factor de tensión 1,9 ⁹⁾	
	CPB(L)	CPB	CPB(L)	CPB
0,2	50	100	40	80
0,5	100	200	80	200
1,0/3P T1	200	400	120	400
	Devanado de pérdida a tierra, sin considerar el factor de tensión			
3P T1/6P T1	100	100	100	100

⁹⁾ Las normas establecen como valores normalizados para sistemas con conexión a tierra eficaz 1,5/30 seg. Para los sistemas sin conexión a tierra eficaz con desconexión automática por fallos, 1,9/ 30 seg. Sistemas con punto neutro de aislamiento sin desconexión automática por fallos 1,9/ 8 horas.

Ilustración 42 Tabla presentación TT



Tensiones de prueba: IEC 61869-5

Tipo	Tensión más elevada para el equipo (Um) kV	1 min mojado/seco kV	LIWL 1,2/50 μs kV	Impulso de conmutación 250/2500 μs kV	Tensión de prueba PD kV	Nivel PD máx. pC*	Tensión de prueba RIV kV Máx.	Nivel RIV μV
CPB 72	72,5	140/140	325	-	1,2 x U _m	10	-	-
CPB 123	123	230/230	550	-	1,2 x U _m	10	78	≤ 2500
CPB 145	145	275/275	650	-	1,2 x U _m	10	92	≤ 2500
CPB 170	170	325/325	750	-	1,2 x U _m	10	108	≤ 2500
CPB 245	245	460/460	1050	-	1,2 x U _m	10	156	≤ 2500
CPB 300	300	460/460	1050	850	1,2 x U _m	10	190	≤ 2500
CPB 362	362	510/510	1175	950	1,2 x U _m	10	230	≤ 2500
CPB 420	420	630/630	1425	1050	1,2 x U _m	10	267	≤ 2500
CPB 550	525	680/680	1550	1175	1,2 x U _m	10	333	≤ 2500
CPB 800	800	975/975	2100	1550	1,2 x U _m	10	486	≤ 2500

Las tensiones de prueba indicadas arriba son válidas para altitudes ≤ 1.000 metros sobre el nivel del mar.
* 5 pC en tensión de prueba 1,2 x U_m/√3

Ilustración 43 Tabla especificaciones técnicas TT

2.6.1. Nivel de 220kV

En primer lugar, vamos a calcular se relación de transformación. Sabiendo que el secundario de TT es de 110V tenemos que:

$$rt = \frac{220000V/\sqrt{3}}{110V/\sqrt{3}} = 2000$$

También sabemos porque ha sido previamente calculada la corriente de cortocircuito, que es: I_{cc}= 22,27kA.

Y para seleccionar los TT debemos conocer antes los valores de aislamiento, ya vistos en la instrucción técnica RAT ITC-12.

Por lo que el transformador de tensión seleccionado es de la marca ABB modelo CPB-245.

2.6.2. Nivel de 132kV

En primer lugar, vamos a calcular se relación de transformación. Sabiendo que el secundario de TT es de 110V tenemos que:

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

También sabemos porque ha sido previamente calculada la corriente de cortocircuito, que es: I_{cc}= 26,21kA.

Y para seleccionar los TT debemos conocer antes los valores de aislamiento, ya vistos en la instrucción técnica RAT ITC-12.

Por lo que el transformador de tensión seleccionado es de la marca ABB modelo CPB-145.



2.6.3. Cálculo de los secundarios de los transformadores de tensión

2.6.3.1 Nivel de 220 kV

Para obtener las cargas sobre los transformadores de tensión, tenemos que conocer las cargas consumidas por cada equipo, las cuales las facilita el fabricante en sus especificaciones. Por lo que sabemos que:

- Carga de equipos de medida: 1,5VA
- Carga de equipo de control o protección de bahía (relé SEL-451): 0,5 VA
- Carga de equipo de protección diferencial 1 (relé SEL-411L): 0,1 VA
- Carga de equipo de protección diferencial 2 (relé ZIV IRF): 0,1 VA

De esta manera la carga de los secundarios de tensión será:

$$St = S_{medida} + S_{protección} = 1,5 + 0,5 + 0,1 + 0,1 = 2,2 \text{ VA}$$

De acuerdo con la tabla del catálogo del TT los secundarios quedaran:

- Medida: 245kV, $\frac{220/\sqrt{3}}{0,11/\sqrt{3}}$, 50VA, 0,2 factor de tensión 1,5
- Protección: 245kV, $\frac{220/\sqrt{3}}{0,11/\sqrt{3}}$, 100VA, 0,5/3P factor de tensión 1,5
- Protección tierra: 245kV, $\frac{220/\sqrt{3}}{0,11/\sqrt{3}}$, 100VA, 3P factor de tensión 1,5

2.6.3.2 Nivel 132 kV

De igual manera que el apartado anterior debemos conocer las cargas consumidas por cada equipo, las cuales facilita el fabricante:

- Carga de equipos de medida: 1,5VA
- Carga de equipo de control o protección de bahia (relé SEL-451): 0,5 VA
- Carga de equipo de protección diferencial 1 (relé SEL-411L): 0,1 VA
- Carga de equipo de protección diferencial 2 (relé ZIV IRF): 0,1 VA

De esta manera la carga de los secundarios de tensión será:

$$St = S_{medida} + S_{protección} = 1,5 + 0,5 + 0,1 + 0,1 = 2,2 \text{ VA}$$

De acuerdo con la tabla del catálogo del TT los secundarios quedaran:

- Medida: 145kV, $\frac{132/\sqrt{3}}{0,11/\sqrt{3}}$, 50VA, 0,2 factor de tensión 1,5
- Protección: 145kV, $\frac{132/\sqrt{3}}{0,11/\sqrt{3}}$, 100VA, 0,5/3P factor de tensión 1,5
- Protección tierra: 145kV, $\frac{132/\sqrt{3}}{0,11/\sqrt{3}}$, 100VA, 3P factor de tensión 1,5

2.7. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Como con los transformadores de tensión para los transformadores de corriente recurrimos también a la misma marca y modelo, seleccionado luego el equipo específico para cada punto en función de las prestaciones necesarias.

El equipo seleccionado se trata de un TI de la marca ABB, modelo IMB 36-800kV

IMB 36-800 kV

Transformador de intensidad tipo tanque IMB

Para la protección y medición de entrada en redes de alta tensión, el transformador de intensidad con aislamiento de aceite y papel IMB es el más vendido del mundo.

- Diseñado para condiciones climáticas extremas, desde climas polares a desérticos
- El diseño flexible tipo tanque permite alojar numerosos núcleos y de gran tamaño

El exclusivo relleno de cuarzo reduce al mínimo la cantidad de aceite y proporciona soporte mecánico a los núcleos y al devanado primario.

Debido a su bajo centro de gravedad, el IMB es muy adecuado para lugares con una gran actividad sísmica. A partir de estudios internacionales, podemos ver que el diseño del IMB es un producto fiable (porcentaje de averías más de 4 veces inferior a la media), sin necesidad de un mantenimiento regular.



Sumario de datos de rendimiento

Instalación	Exterior
Diseño	Tipo tanque (Horquilla)
Aislamiento	Aceite-papel-cuarzo
Tensión más elevada para el equipo	36 - 800 kV
Intensidad primaria Máx.	Hasta 4.000 A
Intensidad de cortocircuito	Hasta 63 kA/1 seg
Aisladores	Porcelana Caucho de silicona (SIR), previa petición
Distancia de fuga	≥ 25 mm/kV (Más larga, previa petición)
Condiciones de servicio	
Temperatura ambiente	-40 °C a +40 °C (Otras, previa petición)
Altitud de diseño	Máximo 1.000 m (Otras, previa petición)

Tensiones de prueba IEC 61869-2

Tipo	Máxima tensión para el equipo (Um)	Prueba de tensión de CA, 1 minuto, mojado/seco	Impulso de descarga de rayo 1,2/50 µs	Impulso de conmutación 250/2500 µs	Tensión de prueba RIV	Nivel RIV máximo
	kV	kV	kV	kV	kV Máx.	µV
IMB 36	36	70/70	170	-	-	-
IMB 72	72,5	140/140	325	-	-	-
IMB 123	123	230/230	550	-	78	2500
IMB 145	145	275/275	650	-	92	2500
IMB 170	170	325/325	750	-	108	2500
IMB 245	245	460/460	1050	-	156	2500
IMB 300	300	-/460	1050	850	191	2500
IMB 362	362	-/510	1175	950	230	2500
IMB 420	420	-/630	1425	1050	267	2500
IMB 550	550	-/680	1550	1175	334	2500
IMB 800	800	-/975	2100	1550	486	2500

Las tensiones de prueba indicadas arriba se aplican a ≤ 1.000 metros sobre el nivel del mar

Ilustración 44 Tabla presentación TI



Intensidad primaria continua máxima e intensidad de cortocircuito						
Tipo	Corriente normal	Bridas de refrigeración	Refrigerador	Máxima intensidad de cortocircuito 1 seg	Máxima intensidad de cortocircuito 3 seg	Máxima intensidad dinámica
	A	A	A	kA	kA	Valor de cresta kA
IMB 36-72 ¹⁾	1200	-	-	40	31,5	108
IMB 36-72 ¹⁾	2000	-	-	40	31,5	108
IMB 84-123 ¹⁾	720	-	-	31,5	12,5	78,8
IMB 84-123 ¹⁾	1440	-	-	40	31,5	108
IMB 36-170 ²⁾	2400	-	3150	63	40	170
	1200	-	1500	40	40	108
	400	-	-	31,5	18	85
	150	-	-	16	9	43
IMB 245 ³⁾	1600	-	2000	40	40	108
IMB 245 ³⁾	2000	2400	3150	63	63	170
	1000	1200	1500	40	40	108
	300	-	-	31,5	18	85
	150	-	-	16	9	45
IMB 300-420 ⁴⁾	2500	-	3150	63	63	170
	1200	-	1500	40	40	108
IMB 420-550 ^{4,5)}	2500	-	4000	63	40	170
	1200	-	2000	40	40	108
IMB 800 ⁵⁾	-	-	4000	63	40	170

¹⁾Tanque ligero, ²⁾Tanque normal, ³⁾Tanque pesado, ⁴⁾Tanque octogonal, ⁵⁾Tanque de alta tensión

Ilustración 45 Especificaciones técnicas TI

2.7.1. Líneas de entrada de 220kV (L1 y L2)

Para conocer la relación de transformación que deberá tener el equipo tenemos que conocer la corriente que circulará utilizando la potencia máxima de la línea como valor límite.

Como los transformadores de potencia son de 150MVA cada uno, las dos líneas de entrada deben soportar cada una la suma de la potencia de los dos, por lo que:

$$S = \sqrt{3} * U * I \rightarrow 300MVA = \sqrt{3} * 220kV * I \rightarrow I = 787,296 A$$

Por lo que la relación de transformación de nuestros transformadores de intensidad a seleccionar debe ser como mínimo de 800/5 A.

2.7.1.1. Secundario de Medida

Para conocer el secundario de Medida sabemos que la carga de los equipos de medida (contadores) será de 0,125 VA para el secundario de 5 A.

Con un conductor de 10 mm de sección tenemos una carga de 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,125 + 5,4 = 5,525 VA$$

Recordando que la corriente de cortocircuito es $I_{cc}=22,278$ kA obtenemos las características del secundario de medida:

- Medida: 245 kV, 800/5 A, 30VA, cl. 0,2s, FS5, $I_{cc}= 40$ kA

2.7.1.2. Secundario de Medida y Control

A la hora de calcular el secundario de medida y control procedemos de igual manera, del catálogo del relé obtenemos el consumo del relé, en este caso el SEL-451, que será de 0,5VA y las pérdidas del conductor al ser de la misma sección serán las mismas por lo que:



$$S = 0,5 + 5,4 = 5,9 \text{ VA}$$

De esta manera el secundario de medida y control tendrá las siguientes características:

- Medida y control: 245 kV, 800/5 A, 30VA, cl. 0,5, FS5, $I_{cc} = 40 \text{ kA}$

2.7.1.3. Secundario de Protección I

A continuación, calcularemos el secundario de protección I, el equipo seleccionado es el relé SEL-411L el cual tiene un consumo de 0,5 VA. Las pérdidas de los conductores las conocemos, serán 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,5 + 5,4 = 5,9 \text{ VA}$$

El secundario de protección será de tipo 5P y a continuación vamos a elegir el factor de protección ALF.

En primer lugar, calculamos cuantas veces es mayor la corriente de cortocircuito respecto la intensidad del transformador:

$$\frac{I_{cc}}{I_{tr}} = \frac{22278}{800} = 27,8475$$

La resistencia de la potencia perdida en el devanado tiene un valor de 0,005 Ω /vuelta, de tal forma que el número de vueltas será:

$$\frac{800 \text{ A en 1 vuelta}}{5 \text{ A en } n \text{ vueltas}} \rightarrow 160 \text{ vueltas}$$

Por lo que:

$$R_{ct} = 0,005 * 160 = 0,8 \Omega$$

Y por consiguiente:

$$S_{ct} = I^2 * R_{ct} = 5^2 * 0,8 = 20 \text{ VA}$$

Con la siguiente expresión obtendremos el ALF real:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{30 + 20}{5,9 + 20} = 57,91 > 27,8475$$

Por lo que el secundario de protección I propuesto presentara las siguientes características:

- Protección I: 245 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, $I_{cc} = 40 \text{ kA}$

2.7.1.4. Secundario de Protección II

De igual manera sucederá con el secundario de protección II, con la única diferencia que el consumo del relé ZIV IRF en lugar de ser 0,5 como es el de la SEL-411L es de 0,2. Lo que dará una carga total:



$$S = 0,2 + 5,4 = 5,6 \text{ VA}$$

Por lo que el procedimiento es el mismo y obtenemos prácticamente el mismo resultado:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{30 + 20}{5,6 + 20} = 57,91 > 27,8475$$

De esta manera el secundario de protección II quedará definido de la siguiente manera:

- Protección II: 245 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, Icc= 40 kA

2.7.1.5. Resumen de selección de Secundarios

En definitiva, el transformador de corriente seleccionado es de la marca ABB modelo IMB-245 800/5 A equipado con los siguientes secundarios:

- Medida: 245 kV, 800/5 A, 30VA, cl. 0,2s, FS5, Icc= 40 kA
- Medida y control: 245 kV, 800/5 A, 30VA, cl. 0,5, FS5, Icc= 40 kA
- Protección I: 245 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, Icc= 40 kA
- Protección II: 245 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, Icc= 40 kA

2.7.2. Líneas de los primarios de los transformadores T1 y T2 (LpT1 y LpT2)

Para conocer la relación de transformación que deberá tener el equipo tenemos que conocer la corriente que circulará utilizando la potencia máxima de la línea como valor límite.

Como los transformadores de potencia son de 150MVA cada línea deberá soportar como mínimo esa potencia, por lo que:

$$S = \sqrt{3} * U * I \rightarrow 150MVA = \sqrt{3} * 220kV * I \rightarrow I = 394,648 \text{ A}$$

Por lo que la relación de transformación de nuestros transformadores de intensidad a seleccionar debe ser como mínimo de 400/5 A.

2.7.2.1. Secundario de Medida y Control

Para calcular los secundarios de los transformadores, en primer lugar, debemos conocer la carga total que van a soportar, que será:

$$S = 5,4 + 0,5 = 5,9 \text{ VA}$$

Calculado anteriormente.

Recordar que la Icc en este punto será igual a 38,695 kA, por lo que el secundario de medida tendrá las siguientes características:

- Medida: 245kV, 400/5 A 30 VA, cl 0,5 Icc= 40 kA



2.7.2.2. Secundario de Protección I

A continuación, calcularemos el secundario de protección I, utilizamos un equipo SEL-487B el cual tiene un consumo de 0,1 VA. Las pérdidas de los conductores las conocemos, serán 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,1 + 5,4 = 5,5 \text{ VA}$$

El secundario de protección será de tipo 5P y a continuación vamos a elegir el factor de protección ALF.

En primer lugar, calculamos cuantas veces es mayor la corriente de cortocircuito respecto la intensidad del transformador:

$$\frac{I_{cc}}{I_{tr}} = \frac{38695}{400} = 96,737$$

La resistencia de la potencia perdida en el devanado tiene un valor de 0,005 Ω /vuelta, de tal forma que el número de vueltas será:

$$\frac{400 \text{ A en 1 vuelta}}{5 \text{ A en } n \text{ vueltas}} \rightarrow 80 \text{ vueltas}$$

Por lo que:

$$R_{ct} = 0,005 * 80 = 0,4 \Omega$$

Y por consiguiente:

$$S_{ct} = I^2 * R_{ct} = 5^2 * 0,4 = 10 \text{ VA}$$

Con la siguiente expresión obtendremos el ALF real:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{50 + 10}{5,9 + 10} = 113,207 > 96,737$$

Por lo que el secundario de protección I propuesto presentara las siguientes características:

- Protección I: 245 kV, 400/5 A, 50VA, 5P30, I_{cc} = 40 kA

2.7.2.3. Secundario de Protección II

De igual manera sucederá con el secundario de protección II, con la única diferencia que el consumo del relé ZIV IRV en lugar de ser 0,1 como es el de la SEL-487B es de 0,2. Lo que dará una carga total:

$$S = 0,2 + 5,4 = 5,6 \text{ VA}$$

Por lo que el procedimiento es el mismo y obtenemos prácticamente el mismo resultado:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{50 + 10}{5,9 + 10} = 113,207 > 96,737$$



De esta manera el secundario de protección II quedará definido de la siguiente manera:

- Protección II: 245 kV, 400/5 A, 50VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA

2.7.2.4. Resumen de selección de Secundarios

En definitiva, el transformador de corriente seleccionado es de la marca ABB modelo IMB-400/5 A equipado con los siguientes secundarios:

- Medida y control: 245 kV, 400/5 A, 30VA, cl. 0,5, FS5, I_{cc}= 40 kA
- Protección I: 245 kV, 400/5 A, 50VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA
- Protección II: 245 kV, 400/5 A, 50VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA

2.7.3. Líneas de los secundarios de los transformadores T1 y T2 (LsT1 y LsT2)

Para conocer la relación de transformación que deberá tener el equipo tenemos que conocer la corriente que circulará utilizando la potencia máxima de la línea como valor límite.

Como los transformadores de potencia son de 150MVA cada línea deberá soportar como mínimo esa potencia, por lo que:

$$S = \sqrt{3} * U * I \rightarrow 150MVA = \sqrt{3} * 132kV * I \rightarrow I = 656,08 A$$

Por lo que la relación de transformación de nuestros transformadores de intensidad a seleccionar debe ser como mínimo de 800/5 A.

2.7.3.1. Secundario de Medida y Control

Para calcular los secundarios de los transformadores, en primer lugar, debemos conocer la carga total que van a soportar, que será:

$$S = 5,4 + 0,5 = 5,9 VA$$

Calculado anteriormente.

Recordar que la I_{cc} en este punto será igual a 32,228 kA, por lo que el secundario de medida tendrá las siguientes características:

- Medida: 145kV, 800/5 A 30 VA, cl 0,5 I_{cc}= 40 kA

2.7.3.2. Secundario de Protección I

A continuación, calcularemos el secundario de protección I, utilizamos un equipo SEL-487B el cual tiene un consumo de 0,1 VA. Las pérdidas de los conductores las conocemos, serán 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,1 + 5,4 = 5,5 VA$$

El secundario de protección será de tipo 5P y a continuación vamos a elegir el factor de protección ALF.



En primer lugar, calculamos cuantas veces es mayor la corriente de cortocircuito respecto la intensidad del transformador:

$$\frac{I_{cc}}{I_{tr}} = \frac{32228}{800} = 40,285$$

La resistencia de la potencia perdida en el devanado tiene un valor de 0,005 Ω /vuelta, de tal forma que el número de vueltas será:

$$\frac{800 \text{ A en 1 vuelta}}{5 \text{ A en } n \text{ vueltas}} \rightarrow 160 \text{ vueltas}$$

Por lo que:

$$R_{ct} = 0,005 * 160 = 0,8 \Omega$$

Y por consiguiente:

$$S_{ct} = I^2 * R_{ct} = 5^2 * 0,8 = 20 \text{ VA}$$

Con la siguiente expresión obtendremos el ALF real:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{30 + 20}{5,9 + 20} = 57,915 > 40,285$$

Por lo que el secundario de protección I propuesto presentara las siguientes características:

- Protección I: 145 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA

2.7.3.3. Secundario de Protección II

De igual manera sucederá con el secundario de protección II, con la única diferencia que el consumo del relé ZIV IRV en lugar de ser 0,1 como es el de la SEL-487B es de 0,2. Lo que dará una carga total:

$$S = 0,2 + 5,4 = 5,6 \text{ VA}$$

Por lo que el procedimiento es el mismo y obtenemos prácticamente el mismo resultado:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{30 + 20}{5,9 + 20} = 57,915 > 40,285$$

De esta manera el secundario de protección II quedará definido de la siguiente manera:

- Protección II: 145 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA



2.7.3.4. Resumen de selección de Secundarios

En definitiva, el transformador de corriente seleccionado es de la marca ABB modelo IMB-145 800/5 A equipado con los siguientes secundarios:

- Medida y Control: 145 kV, 800/5 A, 30VA, cl. 0,2s, FS5, I_{cc}= 40 kA
- Protección I: 145 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA
- Protección II: 145 kV, 800/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA

2.7.4. Líneas de salida en nivel 132kV (L3, L4, L5, L6)

Para conocer la relación de transformación que deberá tener el equipo tenemos que conocer la corriente que circulará utilizando la potencia máxima de la línea como valor límite.

Como se explica en el apartado 2.2. VALORES NOMINALES DE INTENSIDAD. Circulará una potencia de 100MVA por cada una de las líneas, por lo que:

$$S = \sqrt{3} * U * I \rightarrow 100MVA = \sqrt{3} * 132kV * I \rightarrow I = 437,387 A$$

Por lo que la relación de transformación de nuestros transformadores de intensidad a seleccionar debe ser como mínimo de 500/5 A.

2.7.4.1. Secundario de Medida

Para conocer el secundario de Medida sabemos que la carga de los equipos de medida (contadores) será de 0,125 VA para el secundario de 5 A.

Con un conductor de 10 mm de sección tenemos una carga de 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,125 + 5,4 = 5,525 VA$$

Recordando que la corriente de cortocircuito es I_{cc}=26,21 kA obtenemos las características del secundario de medida:

- Medida: 145 kV, 500/5 A, 30VA, cl. 0,2s, FS5, I_{cc}= 40 kA

2.7.4.2. Secundario de Medida y Control

A la hora de calcular el secundario de medida y control procedemos de igual manera, del catálogo del relé obtenemos el consumo del relé, en este caso el SEL-451, que será de 0,5VA y las pérdidas del conductor al ser de la misma sección serán las mismas por lo que:

$$S = 0,5 + 5,4 = 5,9 VA$$

De esta manera el secundario de medida y control tendrá las siguientes características:

- Medida y control: 145 kV, 500/5 A, 30VA, cl. 0,5, FS5, I_{cc}= 40 kA



2.7.4.3. Secundario de Protección I

A continuación, calcularemos el secundario de protección I, el equipo seleccionado es el relé SEL-411L el cual tiene un consumo de 0,5 VA. Las pérdidas de los conductores las conocemos, serán 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,5 + 5,4 = 5,9 \text{ VA}$$

El secundario de protección será de tipo 5P y a continuación vamos a elegir el factor de protección ALF.

En primer lugar, calculamos cuantas veces es mayor la corriente de cortocircuito respecto la intensidad del transformador:

$$\frac{I_{cc}}{I_{tr}} = \frac{26213}{500} = 52,426$$

La resistencia de la potencia perdida en el devanado tiene un valor de 0,005 Ω /vuelta, de tal forma que el número de vueltas será:

$$\frac{500 \text{ A en 1 vuelta}}{5 \text{ A en } n \text{ vueltas}} \rightarrow 100 \text{ vueltas}$$

Por lo que:

$$R_{ct} = 0,005 * 100 = 0,5 \Omega$$

Y por consiguiente:

$$S_{ct} = I^2 * R_{ct} = 5^2 * 0,5 = 12,5 \text{ VA}$$

Con la siguiente expresión obtendremos el ALF real:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{30 + 12,5}{5,9 + 12,5} = 69,293 > 52,426$$

Por lo que el secundario de protección I propuesto presentara las siguientes características:

- Protección I: 145 kV, 500/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc} = 40 kA

2.7.4.4. Secundario de Protección II

De igual manera sucederá con el secundario de protección II, con la única diferencia que el consumo del relé ZIV IRF en lugar de ser 0,5 como es el de la SEL-411L es de 0,2. Lo que dará una carga total:

$$S = 0,2 + 5,4 = 5,6 \text{ VA}$$

Por lo que el procedimiento es el mismo y obtenemos prácticamente el mismo resultado:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{30 + 12,5}{5,9 + 12,5} = 69,293 > 52,426$$



De esta manera el secundario de protección II quedará definido de la siguiente manera:

- Protección II: 145 kV, 500/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA

2.7.4.5. Resumen de selección de Secundarios

En definitiva, el transformador de corriente seleccionado es de la marca ABB modelo IMB-145 400/5 A equipado con los siguientes secundarios:

- Medida: 145 kV, 500/5 A, 30VA, cl. 0,2s, FS5, I_{cc}= 40 kA
- Medida y control: 145 kV, 500/5 A, 30VA, cl. 0,5, FS5, I_{cc}= 40 kA
- Protección I: 145 kV, 500/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA
- Protección II: 145 kV, 500/5 A, 30VA, 5P30, I_{cc}= 40 kA

2.7.5. Línea del primario del transformador T3 (LpT3)

Para conocer la relación de transformación que deberá tener el equipo tenemos que conocer la corriente que circulará utilizando la potencia máxima de la línea como valor límite.

Como el transformador de potencia es de 25 MVA la potencia que debe soportar la línea será como mínimo de 25 MVA, por lo que:

$$S = \sqrt{3} * U * I \rightarrow 25MVA = \sqrt{3} * 132kV * I \rightarrow I = 109,35 A$$

Por lo que la relación de transformación de nuestros transformadores de intensidad a seleccionar debe ser como mínimo de 250/5 A.

2.7.5.1. Secundario de Medida y Control

Para calcular los secundarios de los transformadores, en primer lugar, debemos conocer la carga total que van a soportar, que será:

$$S = 5,4 + 0,5 = 5,9 VA$$

Calculado anteriormente.

Recordar que la I_{cc} en este punto será igual a 34,27 kA, por lo que el secundario de medida tendrá las siguientes características:

- Medida: 145kV, 250/5 A 30 VA, cl 0,5 I_{cc}= 40 kA

2.7.5.2. Secundario de Protección I

A continuación, calcularemos el secundario de protección I, utilizamos un equipo SEL-487B el cual tiene un consumo de 0,1 VA. Las pérdidas de los conductores las conocemos, serán 5,4 VA, por lo que:

$$S = 0,1 + 5,4 = 5,5 VA$$

El secundario de protección será de tipo 5P y a continuación vamos a elegir el factor de protección ALF.



En primer lugar, calculamos cuantas veces es mayor la corriente de cortocircuito respecto la intensidad del transformador:

$$\frac{I_{cc}}{I_{tr}} = \frac{34262}{250} = 137,048$$

La resistencia de la potencia perdida en el devanado tiene un valor de 0,005 Ω /vuelta, de tal forma que el número de vueltas será:

$$\frac{250 \text{ A en 1 vuelta}}{5 \text{ A en } n \text{ vueltas}} \rightarrow 50 \text{ vueltas}$$

Por lo que:

$$R_{ct} = 0,005 * 50 = 0,25 \Omega$$

Y por consiguiente:

$$S_{ct} = I^2 * R_{ct} = 5^2 * 0,25 = 6,25 \text{ VA}$$

Con la siguiente expresión obtendremos el ALF real:

$$k_r = k * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{50 + 6,25}{5,5 + 6,25} = 143,61 > 137,048$$

Por lo que el secundario de protección I propuesto presentara las siguientes características:

- Protección I: 145 kV, 250/5 A, 50VA, 5P30, I_{cc} = 40 kA

2.7.5.3. Secundario de Protección II

De igual manera sucederá con el secundario de protección II, con la única diferencia que el consumo del relé ZIV IRV en lugar de ser 0,1 como es el de la SEL-487B es de 0,2. Lo que dará una carga total:

$$S = 0,1 + 5,4 = 5,6 \text{ VA}$$

Por lo que el procedimiento es el mismo y obtenemos prácticamente el mismo resultado:

$$k_r = * \frac{S_N + S_{CT}}{S_B + S_{CT}} = 30 * \frac{50 + 6,25}{5,5 + 6,25} = 143,61 > 137,048$$

De esta manera el secundario de protección II quedará definido de la siguiente manera:

- Protección II: 145 kV, 250/5 A, 50VA, 5P30, I_{cc} = 40 kA

2.7.5.4. Resumen de selección de Secundarios

En definitiva, el transformador de corriente seleccionado es de la marca ABB modelo IMB-250/5 A equipado con los siguientes secundarios:

- Medida y control: 145 kV, 250/5 A, 30VA, cl. 0,5, FS5, Icc= 40 kA
- Protección I: 145 kV, 250/5 A, 50VA, 5P30, Icc= 40 kA
- Protección II: 245 kV, 250/5 A, 50VA, 5P30, Icc= 40 kA

2.8. AISLADORES

Los aisladores deben ser diseñados de tal forma que sean capaces de resistir la influencia de todas las condiciones climatológicas y siempre cumpliendo todas las especificaciones que marca la norma.

Según la ITC-LAT 07 deben cumplir los siguientes requisitos:

- Debe respetar las tensiones soportadas según esta ITC propiamente dicha.
- Deben cumplir con los requisitos especificados para su comportamiento bajo polución.
- Debe satisfacer los requisitos mecánicos determinados para cada instalación.
- Deben ser resistentes a la corrosión atmosférica que puede afectar a su correcto funcionamiento, por lo que se debe tener en cuenta el material utilizado.

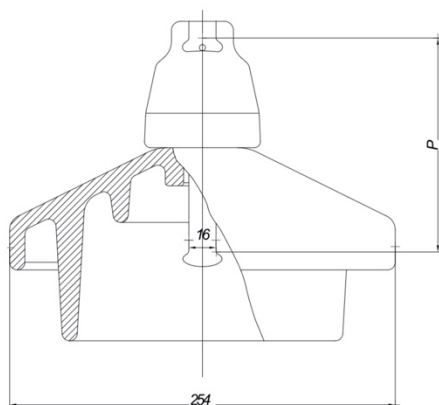
Las características y dimensiones de los aisladores utilizados siempre deben cumplir con las especificaciones técnicas de la norma UNE-EN 60071-1.

Dicho lo cual procedemos a seleccionar los aisladores para los niveles de 220 y 132 kV.

2.8.1. Aisladores 220 kV

La cadena seleccionada se trata de aisladores tipo caperuza-vástago NB 100P con las siguientes características y dimensiones.

Aislador NB 100P



Material: Vidrio templado.	
Peso neto aproximado	4,800 kg
Línea de fuga	390 mm
Paso:	146 mm
Tensión de perforación en aceite:	130 kV
Carga de rotura electromecánica:	120 kN
Esfuerzo de prueba sistemática:	60 kN
Esfuerzo mantenido:	70 kN
Impacto mecánico:	45 Nm.
Dimensiones	mm
Ensayos según Publicación IEC-383.	

Ilustración 46 Imagen Aislador

A continuación, debemos calcular el número de aisladores encadenados vamos a colocar. Para ello debemos tener en cuenta las tensiones de aislamiento ya presentadas en la tabla 2.

Tras comprobar con las especificaciones dadas por el fabricante la cadena que debemos formar será de 17 aisladores que soportan las siguientes tensiones:

MODELOS ESTÁNDAR TENSIONES SOPORTADAS									CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383 y BS 137 PARTE 1									
ØxP: 175 x 100 mm			ØxP: 255 x 127 mm			KV ØxP: 255 x 146 mm			ØxP: 280 x 146 mm			ØxP: 280 x 170 mm			ØxP: 320 x 195 mm			
Nº	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	50	32	70	70	40	100	70	40	100	75	45	110	75	45	110	85	50	130
2	92	54	133	120	72	190	130	75	190	130	75	190	135	75	205	150	85	225
3	130	78	195	165	105	260	180	110	270	180	110	270	190	110	285	215	120	315
4	165	102	255	205	135	320	225	140	340	225	140	340	240	145	360	275	160	405
5				245	165	380	270	175	410	270	175	410	290	185	440	330	200	495
6				285	195	435	315	210	480	315	210	480	335	220	520	385	235	580
7				325	225	490	360	245	550	360	245	550	380	255	600	440	270	665
8				365	260	550	405	280	620	405	280	620	430	290	675	490	310	745
9				400	290	615	450	310	690	450	310	690	475	325	755	540	350	830
10				440	320	675	490	345	760	490	345	760	520	360	835	590	385	910
11				475	345	735	530	375	830	530	375	830	565	390	915	645	420	990
12				510	370	795	570	405	900	570	405	900	610	420	990	695	455	1070
13				545	395	860	610	435	970	610	435	970	655	450	1065	740	490	1150
14				580	425	925	650	465	1035	650	465	1035	695	485	1140	785	525	1230
15				615	450	985	690	495	1100	690	495	1100	740	515	1215	830	560	1315
16				650	475	1045	725	525	1165	725	525	1165	785	550	1290	875	590	1395
17				685	500	1105	765	555	1230	765	555	1230	830	580	1360	925	625	1475
18				715	525	1165	800	585	1295	800	585	1295	875	610	1435	970	655	1555
19				750	550	1225	840	610	1360	840	610	1360	920	640	1510	1015	690	1640
20				780	575	1280	875	640	1425	875	640	1425	965	670	1580	1060	720	1720
21				815	600	1340	915	670	1490	915	670	1490	1005	700	1650	1110	755	1795
22				850	625	1400	950	700	1565	950	700	1565	1050	730	1725	1155	785	1875
23				880	650	1455	985	725	1620	985	725	1620	1095	760	1795	1200	820	1950
24				915	675	1510	1025	755	1680	1025	755	1680	1140	790	1870	1245	850	2025
25				945	700	1570	1060	785	1745	1060	785	1745	1180	820	1940	1290	880	2100
26				975	725	1625	1100	815	1805	1100	815	1805	1225	845	2010	1330	910	2175
27				1010	750	1680	1135	840	1870	1135	840	1870	1270	875	2080	1375	940	2250
28				1040	775	1730	1170	865	1935	1170	865	1935	1310	900	2150	1420	970	2320
29				1070	800	1780	1205	895	2000	1205	895	2000	1355	930	2220	1460	1000	2400
30				1100	825	1835	1240	920	2060	1240	920	2060	1395	955	2290	1505	1030	2475

A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50

Ilustración 47 Especificaciones técnicas aislador

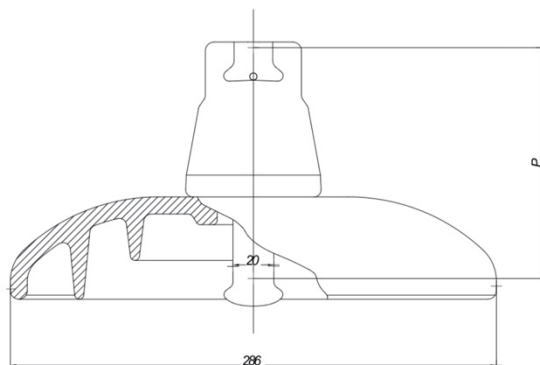
con una longitud igual a:

$$17 \text{ aisladores} * 146 \text{ mm} = 2,49 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$$

2.8.2. Aisladores 132 kV

En este caso la cadena de aisladores también se trata de aisladores tipo caperuza-vástago E 160.

Aislador E 160



Clase: U 160 BS, U 160 BL (IEC - 305).
Material: Vidrio templado.
Peso neto aproximado 6,300 kg
Línea de fuga 370 mm
Paso: 146 -170 mm
Tensión de perforación en aceite: 130 kV
Carga de rotura electromecánica: 160 kN
Dimensiones mm
Ensayos según Publicación IEC -383.

Ilustración 48 Imagen Aislador

A continuación, debemos calcular el número de aisladores encadenados vamos a colocar. Para ello debemos tener en cuenta las tensiones de aislamiento ya presentadas en la tabla 2.



Tras comprobar con las especificaciones dadas por el fabricante la cadena que debemos formar será de 10 aisladores que soportan las siguientes tensiones:

MODELOS ESTANDAR TENSIONES SOPORTADAS				CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383 y BS 137 PARTE 1																	
				KV																	
				ØxP: 175 x 100 mm			ØxP: 255 x 127 mm			ØxP: 255 x 146 mm			ØxP: 280 x 146 mm			ØxP: 280 x 170 mm			ØxP: 320 x 195 mm		
Nº	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	50	32	70	70	40	100	70	40	100	75	45	110	75	45	110	85	50	130			
2	92	54	133	120	72	190	130	75	190	130	75	190	135	75	205	150	85	225			
3	130	78	195	165	105	260	180	110	270	180	110	270	190	110	285	215	120	315			
4	165	102	255	205	135	320	225	140	340	225	140	340	240	145	360	275	160	405			
5				245	165	380	270	175	410	270	175	410	290	185	440	330	200	495			
6				285	195	435	315	210	480	315	210	480	335	220	520	385	235	580			
7				325	225	490	360	245	550	360	245	550	380	255	600	440	270	665			
8				365	260	550	405	280	620	405	280	620	430	290	675	490	310	745			
9				400	290	615	450	310	690	450	310	690	475	325	755	540	350	830			
10				440	320	675	490	345	760	490	345	760	520	360	835	590	385	910			
11				475	345	735	530	375	830	530	375	830	565	390	915	645	420	990			
12				510	370	795	570	405	900	570	405	900	610	420	990	695	455	1070			
13				545	395	860	610	435	970	610	435	970	655	450	1065	740	490	1150			
14				580	425	925	650	465	1035	650	465	1035	695	485	1140	785	525	1230			
15				615	450	985	690	495	1100	690	495	1100	740	515	1215	830	560	1315			
16				650	475	1045	725	525	1165	725	525	1165	785	550	1290	875	590	1395			
17				685	500	1105	765	555	1230	765	555	1230	830	580	1360	925	625	1475			
18				715	525	1165	800	585	1295	800	585	1295	875	610	1435	970	655	1555			
19				750	550	1225	840	610	1360	840	610	1360	920	640	1510	1015	690	1640			
20				780	575	1280	875	640	1425	875	640	1425	965	670	1580	1060	720	1720			
21				815	600	1340	915	670	1490	915	670	1490	1005	700	1650	1110	755	1795			
22				850	625	1400	950	700	1565	950	700	1565	1050	730	1725	1155	785	1875			
23				880	650	1455	985	725	1620	985	725	1620	1095	760	1795	1200	820	1950			
24				915	675	1510	1025	755	1680	1025	755	1680	1140	790	1870	1245	850	2025			
25				945	700	1570	1060	785	1745	1060	785	1745	1180	820	1940	1290	880	2100			
26				975	725	1625	1100	815	1805	1100	815	1805	1225	845	2010	1330	910	2175			
27				1010	750	1680	1135	840	1870	1135	840	1870	1270	875	2080	1375	940	2250			
28				1040	775	1730	1170	865	1935	1170	865	1935	1310	900	2150	1420	970	2320			
29				1070	800	1780	1205	895	2000	1205	895	2000	1355	930	2220	1460	1000	2400			
30				1100	825	1835	1240	920	2060	1240	920	2060	1395	955	2290	1505	1030	2475			

A: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco

B: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia

C: Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50

Ilustración 49 Especificaciones técnicas aislador

con una longitud igual a:

$$17 \text{ aisladores} * 146\text{mm} = 2,49\text{m} \approx 2,5 \text{ m}$$

2.9. CONDUCTORES

Antes de empezar a realizar los cálculos necesarios debemos diferenciar entre dos partes dentro de la S.E.T. En primer lugar, nos encontramos la zona a intemperie donde los conductores desnudos de Aluminio-Acero recubierto de aluminio tipo HALCON siguiendo la norma UNE 21018. En segundo lugar, los conductores de la parte de 15 kV serán conductores aislados de tipo VOLTALENE.

2.9.1. Método de calculo

Debemos conocer la densidad de corriente, mediante la siguiente formula:

$$\delta = \frac{I}{S}$$

Siendo:

- δ : Densidad de corriente
- I : Corriente máxima en régimen permanente que circula por el conductor
- S : Sección del conductor

Seguidamente se comprueba la densidad de corriente máxima admita por cada sección total de conductor en la tabla 11 de la instrucción técnica ITC-LAT 07



Sección nominal mm ²	Densidad de corriente A/mm ²		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Ilustración 50 Densidad de corriente máxima en los conductores en régimen permanente

Para los conductores de Aluminio-Acero se toman como conductores de aluminio por lo que se multiplicaran por un factor de corrección:

- 0,96 para la composición 30+7
- 0,937 para la composición 6+1 y 26+7
- 0,95 para la composición 54+7
- 0,97 para la composición 45+7

2.9.2. Líneas de entrada L1 y L2 Nivel 220kV

El conductor seleccionado será de Aluminio-Acero LA-380 siguiendo las indicaciones de la norma UNE21018.

Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diam.		Diám. ext. mm	Peso unitario			Carga de rotura KN	Resist. eléct. a 20°C ohm/km	
	mm ²	mm ²	mm ²		mm ²	Nº x mm		Nº x mm	kg/km	kg/km			kg/km
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total			
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794	
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136	
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261	
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066	
LA-145	119,5	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	216,0	546,0	54,10	0,2422	
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962	
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194	
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857	
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718	
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596	
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511	

Ilustración 51 Características conductor

La corriente máxima en régimen permanente que circula por estas dos líneas es:

$$I = 787,296 \text{ A}$$

Por lo que la densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{787,296}{381} = 2,06 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$



Se multiplica por el factor de corrección y la densidad de corriente final será:

$$\delta = 0,95 * 2,06 = 1,957 \frac{A}{mm^2}$$

El resultado se queda muy poco por encima de la densidad de corriente admitida por el reglamento por lo que se opta por poner dos conductores en paralelo por faso para así reducir a la mitad la densidad de corriente y dar servicio de forma correcta.

$$\delta = \frac{1,957}{2} = 0,978 \frac{A}{mm^2}$$

2.9.3. Embarrado 220 kV

Para el embarrado del nivel de tensión de 220kV el conductor seleccionado será tubo de aluminio 60603 T6 de 100mm de diámetro exterior con las características siguientes:

Denominación / Denominação	Características físicas / Características físicas				Características eléctricas / Características eléctricas		Características estáticas / Características estáticas	
	Ø ext / Ø int / Ø ext. (mm) / Ø ext. (mm)	Espesor (mm) / Espessura (mm)	Sección (mm ²) / Secção (mm ²)	Peso (g/m) / Peso (g/m)	Intensidad adm. desde 65°C (A) / Intensidade adm. desde 65°C (A)	Intensidad adm. desde 85°C (A) / Intensidade adm. desde 85°C (A)	Momento inercia (cm ⁴) / Momento inércia (cm ⁴)	Momento de elasticidad (cm ²) / Momento de elasticidade (cm ²)
40/36	40	2	239	645	559	742	4,40	2,20
40/34		3	349	942	675	869	6,10	3,10
40/32		4	452	1.221	770	1.014	7,60	3,80
40/30		5	550	1.484	821	1.111	8,80	4,40
40/28		6	641	1.730	869	1.208	9,70	4,90
45/40	45	3	334	901	569	752	7,56	3,36
50/44	50	3	443	1.196	773	1.063	12,50	5,00
50/42		4	578	1.561	918	1.208	15,70	6,30
50/40		5	707	1.909	1.014	1.353	18,50	7,40
50/38		6	829	2.239	1.111	1.449	20,80	8,30
50/34		8	1.056	2.850	1.256	1.642	24,60	9,80
50/30		10	1.257	3.393	1.353	1.787	27,20	10,90
60/50	60	5	864	2.333	1.024	1.354	32,93	10,98
63/57	63	3	565	1.527	966	1.304	26,00	8,20
63/55		4	741	2.002	1.111	1.497	33,00	10,50
63/53		5	911	2.460	1.256	1.642	39,30	12,50
63/51		6	1.074	2.901	1.353	1.787	44,90	14,30
63/47		8	1.382	3.732	1.546	2.077	54,40	17,30
68/60	68	4	804	2.171	1.038	1.371	41,34	12,16
70/60	70	5	1.021	2.757	1.182	1.563	54,24	15,50
80/74	80	3	726	1.959	1.208	1.594	54,90	13,70
80/72		4	955	2.579	1.353	1.836	70,40	17,60
80/70		5	1.178	3.181	1.497	2.077	84,80	21,20
80/68		6	1.395	3.766	1.642	2.222	97,90	24,50
80/64		8	1.810	4.886	1.884	2.560	121,00	30,20
80/60		10	2.199	5.938	2.077	2.802	140,00	35,00
90/80	90	5	1.335	3.605	1.491	1.971	121,00	26,89
100/94	100	3	914	2.468	1.449	1.932	110,00	21,90
100/92		4	1.206	3.257	1.642	2.222	142,00	28,40
100/90		5	1.492	4.029	1.836	2.512	172,00	34,40
100/88		6	1.772	4.784	1.980	2.705	200,00	40,00

Ilustración 52 Características tubo de barras

La corriente máxima en régimen permanente que circula por el embarrado es:

$$I = 787,296 A$$

Como podemos apreciar cumple sobradamente con los valores mínimos de corriente nominal a soportar.

2.9.4. Líneas de primarios de transformadores T1 Y T2

El conductor seleccionado será de Aluminio-Acero LA-380 siguiendo las indicaciones de la norma UNE21018.

Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu. mm²	Nº de alambres y diam.		Diám. ext. mm	Peso unitario			Carga de rotura KN	Resist. eléct. a 20°C ohm/km
	mm²	mm²	mm²		Nº x mm	Nº x mm		kg/km	kg/km	kg/km		
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total		
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	216,0	546,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

Ilustración 53 Características conductor

La corriente máxima en régimen permanente que circula por estas dos líneas es:

$$I = 393,648 \text{ A}$$

Por lo que la densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{393,648}{381} = 1,033 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Se multiplica por el factor de corrección y la densidad de corriente final será:

$$\delta = 0,95 * 1,033 = 0,981 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Cumpliendo así holgadamente con la densidad máxima admisible que debe circular por el conductor.

2.9.5. Líneas de secundario de transformadores T1 Y T2

El conductor seleccionado será de Aluminio-Acero LA-380 siguiendo las indicaciones de la norma UNE21018.

Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu. mm²	Nº de alambres y diam.		Diám. ext. mm	Peso unitario			Carga de rotura KN	Resist. eléct. a 20°C ohm/km
	mm²	mm²	mm²		Nº x mm	Nº x mm		kg/km	kg/km	kg/km		
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total		
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	216,0	546,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

Ilustración 54 Características conductor



La corriente máxima en régimen permanente que circula por estas dos líneas es:

$$I = 656,08 \text{ A}$$

Por lo que la densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{656,08}{381} = 1,721 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Se multiplica por el factor de corrección y la densidad de corriente final será:

$$\delta = 0,95 * 1,721 = 1,63 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Cumpliendo así holgadamente con la densidad máxima admisible que debe circular por el conductor.

2.9.6. Embarrado 132 kV

Como con el embarrado de 220kV para este, el conductor seleccionado será tubo de aluminio 60603 T6 de 100mm de diámetro exterior con las características siguientes:

Denominación / Denominação	Características físicas / Características físicas				Características eléctricas / Características eléctricas		Características estáticas / Características estáticas	
	Ø ext. (mm) / Ø ext. (mm)	Espesor (mm) / Espessura (mm)	Sección (mm ²) / Secção (mm ²)	Peso (g/m) / Peso (g/m)	Intensidad adm. desde 65°C (A) / Intensidade adm. desde 65°C (A)	Intensidad adm. desde 85°C (A) / Intensidade adm. desde 85°C (A)	Momento inercia (cm ⁴) / Momento inércia	Momento de elasticidad (cm ³) / Momento de elasticidade
40/36	40	2	239	645	559	742	4,40	2,20
40/34		3	349	942	675	869	6,10	3,10
40/32		4	452	1.221	770	1.014	7,60	3,80
40/30		5	550	1.484	821	1.111	8,80	4,40
40/28		6	641	1.730	869	1.208	9,70	4,90
45/40	45	3	334	901	569	752	7,56	3,36
50/44	50	3	443	1.196	773	1.063	12,50	5,00
50/42		4	578	1.561	918	1.208	15,70	6,30
50/40		5	707	1.909	1.014	1.353	18,50	7,40
50/38		6	829	2.239	1.111	1.449	20,80	8,30
50/34		8	1.056	2.850	1.256	1.642	24,60	9,80
50/30	10	1.257	3.393	1.353	1.787	27,20	10,90	
60/50	60	5	864	2.333	1.024	1.354	32,93	10,98
63/57	63	3	565	1.527	966	1.304	26,00	8,20
63/55		4	741	2.002	1.111	1.497	33,00	10,50
63/53		5	911	2.460	1.256	1.642	39,30	12,50
63/51		6	1.074	2.901	1.353	1.787	44,90	14,30
63/47		8	1.382	3.732	1.546	2.077	54,40	17,30
68/60	68	4	804	2.171	1.038	1.371	41,34	12,16
70/60	70	5	1.021	2.757	1.182	1.563	54,24	15,50
80/74	80	3	726	1.959	1.208	1.594	54,90	13,70
80/72		4	955	2.579	1.353	1.836	70,40	17,60
80/70		5	1.178	3.181	1.497	2.077	84,80	21,20
80/68		6	1.395	3.766	1.642	2.222	97,90	24,50
80/64		8	1.810	4.886	1.884	2.560	121,00	30,20
80/60		10	2.199	5.938	2.077	2.802	140,00	35,00
90/80	90	5	1.335	3.605	1.491	1.971	121,00	26,89
100/94	100	3	914	2.468	1.449	1.932	110,00	21,90
100/92		4	1.206	3.257	1.642	2.222	142,00	28,40
100/90		5	1.492	4.029	1.836	2.512	172,00	34,40

Ilustración 55 Características tubo de barras

La corriente máxima en régimen permanente que circula por el embarrado es:

$$I = 1312,159 \text{ A}$$

Como podemos apreciar cumple con los valores mínimos de corriente nominal a soportar.

2.9.7. Líneas de salida L3, L4, L5 y L6

El conductor seleccionado será de Aluminio-Acero LA-380 siguiendo las indicaciones de la norma UNE21018.

CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO											NORMA UNE 21018	
Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diam.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. eléct. a 20°C
	mm ² Aluminio	mm ² Acero	mm ² Total		mm ²	Nº x mm Aluminio		Nº x mm Acero	kg/km Aluminio	kg/km Acero		
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

Ilustración 56 Características conductor

La corriente máxima en régimen permanente que circula por estas cuatro líneas es:

$$I = 437,387 \text{ A}$$

Por lo que la densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{437,387}{381} = 1,147 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Se multiplica por el factor de corrección y la densidad de corriente final será:

$$\delta = 0,95 * 1,147 = 1,09 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Cumpliendo así holgadamente con la densidad máxima admisible que debe circular por el conductor.

2.9.8. Línea de primario del transformador T3

El conductor seleccionado será de Aluminio-Acero LA-280 siguiendo las indicaciones de la norma UNE21018.



Denominación	Sección trans.			Equiv.Cu.	Nº de alambres y diam.		Diám. ext.	Peso unitario			Carga de rotura	Resist. eléct. a 20°C
	mm²	mm²	mm²		Nº x mm	Nº x mm		kg/km	kg/km	kg/km		
	Aluminio	Acero	Total		Aluminio	Acero		Aluminio	Acero	Total		
LA- 30	26,7	4,4	31,1	17	6X2,38	1X2,38	7,14	73,2	34,7	107,9	9,90	1,0794
LA- 56	46,8	7,8	54,6	30	6X3,15	1X3,15	9,45	128,3	60,8	189,1	16,40	0,6136
LA- 78	67,4	11,2	78,6	42	6X3,78	1X3,78	11,34	185,0	87,0	272,0	23,10	0,4261
LA-110	94,2	22,0	116,2	60	30X2,00	7X2,00	14,00	260,4	172,3	433,0	43,10	0,3066
LA-145	119,3	27,8	147,1	75	30X2,25	7X2,25	15,75	330,0	218,0	548,0	54,10	0,2422
LA-180	147,3	34,3	181,6	93	30X2,50	7X2,50	17,50	407,0	269,0	676,0	63,90	0,1962
LA-280	241,7	39,4	281,1	152	26X3,44	7X2,68	21,80	667,0	310,0	977,0	84,50	0,1194
LA-380	337,3	43,7	381,0	212	54X2,82	7X2,82	25,38	932,0	343,0	1.275,0	106,50	0,0857
LA-455	402,3	52,2	454,5	253	54X3,08	7X3,08	27,72	1.112,0	409,0	1.521,0	124,00	0,0718
LA-545	484,5	62,8	547,3	305	54X3,38	7X3,38	30,42	1.340,0	492,0	1.832,0	148,50	0,0596
LA-635	565,0	71,6	636,6	365	54X3,65	19X2,19	32,85	1.562,0	563,0	2.125,0	175,00	0,0511

Ilustración 57 Características conductor

La corriente máxima en régimen permanente que circula por esta línea es:

$$I = 109,35 \text{ A}$$

Por lo que la densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{109,35}{281,1} = 0,389 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Se multiplica por el factor de corrección y la densidad de corriente final será:

$$\delta = 0,937 * 0,389 = 0,365 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$$

Cumpliendo así holgadamente con la densidad máxima admisible que debe circular por el conductor.

2.9.9. Línea de secundario del transformador T3

A la salida del transformador T3 accedemos directamente al interior del edificio de obra civil donde se encuentran alojadas las celdas de 15 kV el transformador de SSAA y todos los armarios y equipos de protección. Por lo que la salida del transformador se hace ya directamente con un conductor aislado.

La corriente máxima en régimen permanente es:

$$I = 962,25 \text{ A}$$

El conductor seleccionad es un conductor de Aluminio VOLTALENE H COMPACT. AL RH5Z1 1x400 (Normalizado por ENESA)

AL VOLTALENE H COMPACT AL RH5Z1 (NORMALIZADO POR ENDESA)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV
Norma diseño: UNE 211620
Designación genérica: AL RH5Z1



DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) (mm ²)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE BAJO EL TUBO Y ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DIRECTAMENTE ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE AL AIRE** (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR DURANTE 1s (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA DURANTE 1s*** (A)	
					12/20 kV y 18/30 kV	18/30 kV (pant, 25 mm ²)
1 x 95 (1)	190	205	255	8930	2240	2690
1 x 150 (2)	245	260	335	14100	2540	2990
1 x 240 (2)	370	345	455	22560	2990	3440
1 x 400 (2)	415	445	610	37600	3440	3890

Ilustración 58 Características conductor

Dado que la corriente máxima admisible directamente enterrado es 445 A se opta por colocar 3 conductores en paralelo por fase para garantizar así un seguro y correcto funcionamiento.

2.9.10. Embarrado 15 kV

Para el embarrado de 15 kV se colocará una pletina de cobre, con una intensidad máxima soportada de 1500 A. Capaz de soportar la intensidad nominal en régimen normal de funcionamiento que es 962,25 A.

Hasta el embarrado de 15 kV desde el terminal de empalme se llevará a través de conductores de las mismas características de los conductores aislados del secundario del transformador T3.

2.9.11. Líneas de salida L7, L8, L9, L10, L11

La corriente máxima en régimen permanente para estas líneas es:

$$I = 240,562A$$

El conductor seleccionado es un conductor de Aluminio VOLTALENE H COMPACT. AL RH5Z1 1x240 (Normalizado por ENESA)

AL VOLTALENE H COMPACT AL RH5Z1 (NORMALIZADO POR ENDESA)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV
Norma diseño: UNE 211620
Designación genérica: AL RH5Z1



DATOS TÉCNICOS

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

1x SECCIÓN CONDUCTOR (Al) (mm ²)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE BAJO EL TUBO Y ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DIRECTAMENTE ENTERRADO* (A)	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE AL AIRE** (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR DURANTE 1s (A)	INTENSIDAD MÁXIMA DE CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA DURANTE 1s*** (A)	
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV (pant, 16 mm ²)	18/30 kV (pant, 25 mm ²)
1 x 95 (1)	190	205	255	8930	2240	2690
1 x 150 (2)	245	260	335	14100	2540	2990
1 x 240 (2)	320	345	455	22560	2990	3440
1 x 400 (2)	415	445	610	37600	3440	3890

Ilustración 59 Características conductor

Dado que la corriente máxima admisible directamente enterrado es 345 A y la de nuestras líneas es de 240,562 A vemos que cumple perfectamente, por lo que se opta por un conductor por línea.

2.10. HILOS DE GUARDA Y DISTANCIAS MÍNIMAS

2.10.1. Hilos de Guarda

Los hilos de guarda son instalados en las S.E.T para garantizar la protección sobre todo los equipos y conductores bajo tensión, los cuales deben estar a una determinada altura la cual vamos a calcular ahora.

Para determinar estos valores debemos tener en cuenta varias cosas:

- Las distancias serán tales que permitan el paso de personal bajo los elementos en tensión sin riesgo.
- Deberán permitir paso de vehículos de transporte y elevación necesarios para el mantenimiento de elementos en descargo.

Para calcular la altura de los hilos de guarda se utilizará la siguiente formula, aplicando el método Lanfreh:

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

Siendo:

- H: Altura de los hilos de guarda
- h: Altura de los conductores al terreno
- a: Ancho de la calle

También, en la ITC 12 del reglamento técnico de instalaciones eléctricas de alta tensión se establece que las distancias mínimas de aislamiento en aire fase tierra por lo que debemos comprobar:

$$H \geq D_{min_{L-E}} + h$$

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185	450	900
	230	550	1100
145	185	450	900
	230	550	1100
	275	650	1300
170	230	550	1100
	275	650	1300
	325	750	1500
245	325	750	1500
	360	850	1700
	395	950	1900
	460	1050	2100

Ilustración 60 Tabla de distancias máximas de aislamiento

A continuación, se muestra una tabla con algunas distancias utilizadas por REE habitualmente.

	400 kV	220 kV	132 kV
Anchura de calle	20,50 m	13,50 m	12,00 m
Altura de embarrados de interconexión entre aparatos	7,50 m	6,00 m	4,50 m
Altura de embarrados principales altos	13,50	10,50 m	7,50 m
Altura de tendidos altos	20,50	15,00 m	11,00 m

- Nivel 220 kV

La entrada a la S.E.T es en 220 kV por lo que la altura de los tendidos (h) es de 15m y la anchura de la calle (2a) es de 13,5m, por tanto:

$$H \geq \frac{-4h\sqrt{16h^2 - 12(h^2 - a^2)}}{6} = \frac{60 \pm 38,04}{6} = \rightarrow \begin{cases} 16,34m \\ 3,66m \end{cases}$$

Y debe cumplir:

$$H \geq D_{min_{L-E}} + h = 2,1 + 15 = 17,1 m$$

Por lo que como la altura mínima calculada no supera la altura mínima estipulada por el reglamento tomamos como válida la altura mínima del reglamento. H=17,1m.

- Nivel 132 kV

En el nivel de 132kV la altura de los tendidos (h) es de 11m y la anchura de la calle (2a) es de 12m, por tanto:



$$H \geq \frac{-4h\sqrt{16h^2 - 12(h^2 - a^2)}}{6} = \frac{44 \pm 30,27}{6} = \rightarrow \begin{cases} 12,38m \approx 12,4m \\ 2,29m \end{cases}$$

Y debe cumplir:

$$H \geq D_{min_{L-E}} + h = 1,3 + 11 = 12,3 m$$

Por lo que en este caso la altura mínima calculada será la seleccionada puesto que nos permite mejorar la seguridad de nuestra S.E.T.

2.10.2. Distancias mínimas

De acuerdo con el reglamento todos los elementos en tensión deben cumplir unas distancias mínimas, tanto entre sí, como para permitir un tránsito seguro del personal.

- Distancias de pasillos

La anchura de los pasillos de acuerdo con las instrucciones ITC-RAT 14 e ITC-RAT 15 tiene que ser suficiente para permitir la fácil inspección de las instalaciones, así se definen las siguientes distancias:

- Pasillos de maniobras con elementos en tensión a un solo lado 1m
- Pasillos de maniobras con elementos en tensión a ambos lados 1,2m
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado 0,8m
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados 1m

- Altura mínima

Según la instrucción técnica ITC-RAT 15 los elementos en tensión no protegidos que se encuentre sobre pasillos deberán estar a una altura mínima medida en centímetros igual a $H = 250 + d$, siendo "d" la distancia ya mostrada anteriormente de la ITC-12.

- Nivel 220kV

Siendo:

$$d = 210 \text{ cm}$$

$$H = 250 + d = 460 \text{ cm}$$

Por lo que para el nivel de 220 kV se respetara una altura mínima no inferior a 550cm, que cumple con las especificaciones y además nos permite un pequeño margen.

- Nivel 132 kV

Siendo:

$$d = 130 \text{ cm}$$

$$H = 250 + d = 380 \text{ cm}$$



Por lo que para el nivel de 132 kV se respetara una altura mínima no inferior a 450cm, que cumple con las especificaciones y además nos permite un pequeño margen.

- **Alturas de los soportes**

Como hemos visto en el aparatado anterior todos los elementos deben estar a una altura mínima que garantice la seguridad y la correcta accesibilidad a la S.E.T. Por lo que es necesario colocar unos soportes de celosía para elevar dichos equipos.

2.11. SERVICIOS AUXILIARES (SSAA)

Para garantizar el servicio básico y necesario dentro de la S.E.T se destina una salida de 15 kV para los servicios auxiliares la cual tendrá un transformador de potencia de 160 kVA.

- Alumbrado exterior 1 y 2 (ALE1 y ALE2)

Por potencia y superficie se divide en 2 circuitos idénticos compuestos por 6 focos halógenos de 250 W cada uno. Su finalidad no es alumbrar homogéneamente la S.E.T, si no, permitir dar una iluminación aceptable en caso de cualquier situación anormal que pueda ocurrir.

Por lo que la potencia será:

- $F_{dp}=0,9$
- $F_c=1,8$
- 6 focos de 250W

$$P = 6 * 250 * 0,9 * 1,8 = 2430W$$

- Alumbrado interior 1 y 2 (ALI1 y ALI2)

En este caso es por recomendación del grupo Enel por lo que se divide en dos líneas el alumbrado interior. Se tratan de 7 cajas con 2 tubos fluorescentes estancos por línea de 36 W cada uno, dentro del edificio de obra civil para poder dar una correcta iluminación en el interior.

Por lo que la potencia será:

- $F_{dp}=0,9$
- $F_c=1,8$
- 7 cajas x 2 Fluorescentes de 36 W

$$P = 7 * 2 * 36 * 1,8 * 0,9 = 816,48W$$

- Alumbrado exterior de emergencia (ALE3)

Este circuito será exclusivamente para caso de emergencias en los que por obligada necesidad se necesario utilizarlo. Ya sea para poder efectuar maniobras con mejor visibilidad o para garantizar un tránsito seguro y correcto dentro de la S.E.T. Estará compuesto de 8 focos de 250 W.

Por lo que la potencia será:

- $F_{dp}=0,9$



- $F_c=1,8$
- 8 Focos de 250W

$$P = 8 * 250 * 0,9 * 1,8 = 3240W$$

- Alumbrado interior de emergencia (ALI3)

Este circuito será exclusivamente para caso de emergencias en los que por obligada necesidad se necesario utilizarlo. Ya sea para poder efectuar maniobras con mejor visibilidad o cualquier otra causa con necesidad de mayor visibilidad. Estará compuesto de 4 cajas con 2 fluorescentes de 36 W.

Por lo que la potencia será:

- $F_{dp}=0,9$
- $F_c=1,8$
- 4 cajas con 2 Fluorescentes de 36 W

$$P = 4 * 2 * 36 * 1,8 * 0,9 = 466,56W$$

- Tomas schucko (T1)

Se tratan de enchufes estancos que serán colocados dentro del edificio prefabricado para poder garantizar el funcionamiento de elementos que no forman parte de la S.E.T como herramientas eléctricas que pueden ser utilizadas.

$$P = 3680W$$

- Alumbrado edificio prefabricado (ALE4)

Al igual que todos los circuitos de alumbrado exterior estará compuesto por focos halógenos de 250W. Su finalidad es dejar el edificio correctamente iluminado para facilitar el acceso al interior de el en caso de cualquier emergencia.

- $F_{dp}=0,9$
- $F_c=1,8$
- 6 Focos de 250W

$$P = 6 * 250 * 0,9 * 1,8 = 2430W$$



- Aire acondicionado (AAC)

Puesto que en el interior del edificio prefabricado se pueden alcanzar temperaturas elevadas es necesario la instalación de un equipo de aire acondicionado que consumirá una potencia de:

$$P = 2500W$$

En la siguiente tabla presentamos un resumen de las líneas y de la potencia total necesaria:

		Potencia (W)
Alumbrado exterior 1	ALE1	2430
Alumbrado exterior 2	ALE2	2430
Alumbrado emerg ext	ALE3	3240
Alumbrado interior 1	ALI1	816,48
Alumbrado interior 2	ALI2	816,48
Alumbrado emerg int	ALI3	466,56
Tomas schuck	T1	3680
Alumbrado edificio	ALE4	2430
Aire acondicionado	AAC	2500
	Potencia Total	18.809,52

Se instalará un transformador de potencia destinado únicamente a estos servicios que será de 160 kVA. Estará sobredimensionado, pero esto permite que este transformador trabaje muy por debajo de su carga máxima y a su vez nos permita una posible ampliación con holgura.

Dicho transformador se encontrará en el interior del edificio prefabricado equipado con un cubeto de recogida de aceite y guijarros. Estará protegido por una reja y cumplirá todas las distancias de seguridad exigidas por Endesa.

2.12. BATERIA DE CONDENSADORES

Puesto que la mayoría de los equipos contienen bobinas, nos encontramos con un consumo de potencia reactiva en la S.E.T. Con la intención de reducir al máximo la incidencia de esta potencia reactiva sobre la red se coloca una batería de condensadores y así compensar el factor de potencia.

En este caso debemos estudiar la capacidad de dicha batería de condensadores con unos sencillos pasos:

La potencia del transformador el cual vamos a estudiar es de 25MVA y consideramos un factor de potencia muy desfavorable, como podría ser 0,85. Por lo tanto:

- Condiciones iniciales:

$$S = 25 \text{ MVA}$$
$$\cos(\varphi) = 0,85$$

$$Q = 25MVA * \sin \varphi = 13,17 \text{ MVar}$$

- Condiciones esperadas

S= 25 MVA
Cos(φ): 0,95

$$Q = 25MVA * \text{sen } \varphi = 7,806MVAr$$

- Valor a rectificar:

$$Q_c = Q_i - Q_f = 5,37 MVAr$$

Tras obtener estos resultados, la batería recomendada por ENEL es de 6MVAr la cual cumplirá holgadamente.

2.13. BATERIA DE CORRIENTE CONTINUA

En primer lugar, para calcular la potencia necesaria de las baterías de corriente continua debemos tener en cuenta varios factores como: $V_{cc} = 125$ V, el número de maniobras a realizar es 3 y el tiempo que tarda en tensarse el resorte es de 1 minuto.

Por lo que, en la situación más desfavorable, que sería abrir los 21 interruptores que hay en la subestación, haciendo 3 maniobras por cada uno, tardando un minuto por maniobra:

$$T = 21 * 3 * 1 = 63 \text{ min}$$

Ahora, vamos a calcular la potencia que va a ser consumida por todos los relés y motores del sistema.

Tenemos 13 Interruptores de AT y 8 interruptores de MT que consumen una potencia por interruptor de 200W y 100W respectivamente.

La potencia consumida por los relés se considera de 400W.

Por lo que la potencia total consumida es:

$$P = 13 * 200 + 8 * 100 + 400 = 3800 \text{ W}$$

Consumiendo una intensidad de:

$$I = \frac{3800}{125} = 30,4 \text{ A}$$

Por lo que la capacidad de la batería será:

$$Q = 30,4 * 1,03h = 31,312 \frac{A}{h}$$

Para cubrir dichas necesidades el equipo seleccionado es un rectificador–cargador conmutado modular del fabricante ZOGOR modelo MIT NG 3 Compuesto por un módulo de baterías de Ni-Cd con las siguientes características:

- Tensión nominal de entrada: 400 V
- Tensión nominal de salida: 12/24/48/110/125/220V



- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión de rizado con baterías: <1%
- Tensión de rizado sin baterías: <2%
- Estabilidad de tensión: +- 1/2%
- Limitación de corriente de carga: configurable (se configura a 30 A)



3. PLIEGO DE CONDICIONES



3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	109
3.1. OBJETO	111
3.2. CAMPO DE APLICACIÓN	111
3.3. DISPOSICIONES GENERALES.....	111
3.4. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.....	111
3.5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO	112
3.6. SEGURIDAD PUBLICA	112
3.7. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	112
3.7.1. <i>Datos de la Obra</i>	112
3.7.2. <i>Replanteo de la obra</i>	113
3.8. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO	113
3.8.1. <i>Recepción del material</i>	113
3.8.2. <i>Organización</i>	113
3.8.3. <i>Facilidades para la inspección</i>	113
3.8.4. <i>Ensayos</i>	114
3.8.4. <i>Ejecución de las obras</i>	114
3.9. SUBCONTRATACION DE LA OBRA	114
3.10. PLAZO DE EJECUCION.....	114
3.11. RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	115
3.12. PERIODOS DE GARANTÍA	115
3.13. RECEPCIÓN DEFINITIVA	115
3.14. PAGO DE OBRAS.....	115
3.15. DISPOSICION FINAL.....	116
3.16. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	116
3.16.1. <i>Edificios</i>	116
3.16.2. <i>Obra Civil</i>	116
3.16.3. <i>Condiciones de la ejecución de las obras</i>	117
3.16.4. <i>Hormigones</i>	117
3.16.5. <i>Excavaciones</i>	117
3.16.6. <i>Encofrados</i>	117
3.16.7. <i>Estructuras metálicas</i>	117
3.16.8. <i>Red de tierras</i>	117
3.16.9. <i>Embarrados y conexiones</i>	118
3.16.10. <i>Aparamenta</i>	118
3.16.11. <i>Transformadores y sus Ensayos</i>	118
3.16.12. <i>Cables de fuerza y control</i>	119
3.16.13. <i>Cuadro eléctrico</i>	119
3.16.14. <i>Alimentación subterránea</i>	120
3.16.15. <i>Celdas de M.T.</i>	120
3.17. CONCLUSION	120



3.1. OBJETO

Este pliego de condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente proyecto.

3.2. CAMPO DE APLICACIÓN

Este pliego de condiciones se refiere a la construcción de subestaciones redes aéreas de alta tensión y redes subterráneas de media tensión.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.3. DISPOSICIONES GENERALES

El contratista debe estar clasificado, según orden del Ministerio de Hacienda, en el grupo, subgrupo y categoría correspondiente al proyecto y que se fijara en el pliego de condiciones particulares, en caso de que proceda.

También, está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

3.4. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

Además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, deberá regirse también por lo especificado en:

- Decreto de 1 de Diciembre de 2000 por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias Decreto 842/2002 de 2 de Agosto.
- Decreto de 9 de Mayo de 2014 por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 1627/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía según Real Decreto 724/1979 de 20 de Febrero y modificación a dicho Reglamento según Real Decreto 1725/1984 de 18 de Julio (B.O.E. de 25-9-84).
- Reglamento sobre Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión aprobado por Decreto 3151 de 28 de Noviembre de 1968 (B.O.E. número 311 de 27-12-68 y B.O.E. número 58 de 8-3-69)



3.5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

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

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; metros, reglas mangos de aceiteras, útiles de limpieza, etc. que se utilicen no deben ser material conductor.

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

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

E director de Obra podrá exigir al contratista en cualquier omento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.6. SEGURIDAD PUBLICA

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

El contratista mantendrá póliza de seguros que proteja suficiente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el contratista o para terceros, como consecuencia d la ejecución de los trabajos.

3.7. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El contratista ordenara los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de estos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

3.7.1. Datos de la Obra

Se entrega al contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.



El contratista se hace responsable de la buena conservación de los documentos originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al director de la obra. En un plazo máximo de dos meses tras finalizar los trabajos, el contratista debe actualizar los diversos planos y documentos, de acuerdo con las características de la obra terminada.

Salvo que este aprobado previamente por escrito del director de obra, no se harán modificaciones en el proyecto por parte del contratista.

3.7.2. Replanteo de la obra

Una vez el contratista este en posesión del proyecto y antes de comenzar, el director de obra debe hacer el replanteo de estas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al contratista referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de estos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el director de obra y por el representante del contratista.

3.8. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

De no ser ordenadas expresamente por escrito por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución, no se considerarán como mejoras ni variaciones del proyecto.

3.8.1. Recepción del material

El director de obra de acuerdo con el contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del contratista.

3.8.2. Organización

El contratista actuará de patrón legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, antes o durante la ejecución de la obra.

La organización y la determinación de la procedencia de la obra corre de cargo del contratista como queda estipulado en el pliego de condiciones.

No obstante, el contratista debe informar de todos los planes de organización técnica de la obra, la procedencia de los materiales al director de la obra.

El contratista debe dar parte diario al director de obra de la admisión de personal, compras de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya efectuado.

3.8.3. Facilidades para la inspección

El contratista debe proporcionar al director de obra toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e



incluso a los talleres o fabricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

3.8.4. Ensayos

Todos los gastos en ensayos y pruebas correrán a cuenta del contratista y deberán ser verificados antes por la dirección técnica.

3.8.4. Ejecución de las obras

Las obras serán ejecutadas conforme al proyecto y a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y en el pliego particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas.

El contratista no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el proyecto como en las condiciones técnicas.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

3.9. SUBCONTRATACION DE LA OBRA

La obra debe ser ejecutada por el adjudicatario, podrá este concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La subcontratación estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Debe darse conocimiento por escrito al director de obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquel lo autorice previamente
- Las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual con el subcontratista o cualquier subcontratación de obras no eximirá al contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al contratante.

3.10. PLAZO DE EJECUCION

Los plazos de ejecución indicados en el contrato empezaran a contar en la fecha del replanteo.

El contratista debe cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y será improrrogable.

Por otra parte, los plazos podrán modificados cuando así corresponda debido a cambios determinados por el director de obra determinados a exigencias de la realización de las



obras y siempre que los cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por motivos ajenos al contratista, no se pudiera empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el director de obra, la prórroga estrictamente necesaria.

3.11. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras, a los 15 días siguientes a la petición del contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el contratante, requiriendo para ello la presencia del director de obra y del representante del contratista, levantándose la correspondiente acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Para dar la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con especificaciones dadas en el pliego de condiciones técnicas y en el proyecto correspondiente, dicho Acta deberá estar firmada por el director de obra y el representante del contratista.

Si la obra no está en estado de ser recibida, se hará constar en el Acta y se dará al contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución.

3.12. PERIODOS DE GARANTÍA

Este estará indicado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de recepción.

El contratista será responsable de la conservación de la obra hasta que tenga lugar la recepción definitiva, estando a su cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

3.13. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Con la finalización del plazo de garantía señalado en el contrato se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del director de obra y del representante del contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado, quedando firmado por el director de obra y el representante del contratista y ratificada por el contratante y contratista.

3.14. PAGO DE OBRAS

El pago de las obras se hará sobre certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos

Las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas debe realizarlas el contratista, si no se ha advertido al director de obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de estas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la dirección técnica estime preciso.



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

3.15 DISPOSICION FINAL

La concurrencia a cualquier subasta, concurso o concurso-subasta cuyo proyecto incluya el presente pliego de condiciones generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

3.16 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Para la realización de los trabajos de forma correcta y ordenada se procederá a dividir los trabajos en fases:

- Recopilación de documentación existente
- Realización de especificaciones técnicas de materiales y equipos
- Emisión de órdenes de compra
- Fase de construcción
- Supervisión del seguimiento del diseño de ingeniería
- Recepción de compra de equipos
- Ejecución de obra civil
- Ejecución de obra electromecánica
- Ejecución de obra de control y eléctrica
- Control de unidades de construcción
- Puesta en servicio

3.16.1. Edificios

Los edificios, locales o recintos destinados a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en las instrucciones técnicas del MIE RAT-14 del reglamento de seguridad en centrales eléctricas. Estos edificios estar contruidos enteramente con materiales no inflamables.

Ninguna de las aberturas del centro deberá permitir el paso de cuerpos solidos de más de 12mm de diámetro y las aperturas próximas a elementos en tensión no deberán dejar pasar cuerpos de diámetros superiores a 2,5mm con disposición laberíntica que impida tocar el objeto en tensión.

Para le ejecución y preparación del edificio en el interior de la subestación deben aplicarse todas las normas UNE y las prescripciones fijadas en las recomendaciones UNESA, referentes a estos temas.

Para cualquier cuestión no especificada en las normas anteriores se aplicaran también las normas CEI.

3.16.2. Obra Civil



Los rellenos de las zanjas se realizarán con zahorra seleccionada, en capas que no superen los 30cm de espesor, compactados hasta conseguir el 95% del ensayo Proctor modificado según el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).

Para la aplicación del hormigón se aplicará la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EHE (Real decreto 2661, de 1998,

3.16.3. Condiciones de la ejecución de las obras

El contratista deberá desarrollar la documentación necesaria para las fases de adquisición de material, construcción y montaje y someterla a la aprobación del director de obra antes de comenzar esta fase. Sera responsable de cualquier error que hubiera podido evitar si no informa a su debido tiempo de el.

3.16.4. Hormigones

La superficie de contacto entre hormigón nuevo y hormigón endurecido debe ser limpiada correctamente a través de chorro de agua y aire a presión. Sera compactado por vibraciones hasta cerciorarse de haber llenado todos los huecos.

3.16.5. Excavaciones

Se realizarán siguiendo las normativas establecidas dependiendo de las características particulares del terreno.

Los sobrantes tras realizar los rellenos deberán ser depositados en vertederos de interés autorizados.

3.16.6. Encofrados

Deberán ser estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, serán indeformables bajo carga para la que están previstos y no presentaran irregularidades bruscas.

Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá ser superior a 6mm.

3.16.7. Estructuras metálicas

Deberán ser sometidas a un proceso de galvanizado en caliente, una vez construidas, todas las estructuras metálicas, herrajes y tornillerías destinados a la sujeción de cables, con el objetivo de asegurar una eficaz protección contra la corrosión.

3.16.8. Red de tierras

Cualquier elemento que no soporte tensión deberá estar conectado a la red de tierras. Las conexiones de los conductores de tierra deberán hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad, con contacto firme y seguro.

Se deberá realizar una comprobación al finalizar la ejecución de la obra y asegurar que el valor de resistencia a tierra queda dentro de los valores indicados.

Para una correcta puesta a tierra se realizará de la forma indicada en el presente proyecto, debiendo cumplir lo referente a separación de circuitos, forma de constitución



y valores deseados para las puestas a tierra. En todo momento se aplicará la vigente norma MIE RAT-13

3.16.9. Embarrados y conexiones

Los embarrados de tubo se preparan en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes y taladros. Para los tubos de aluminio tener presente la necesidad de un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. El izado y montaje de los diferentes tramos se realizarán con todo esto preparado.

3.16.10. Aparamenta

Recoge aparamenta como interruptores automáticos, seccionadores, autoválvulas, etc. Deberá tenerse en cuenta la situación, nivelación, regulación y fijación de los soportes correspondientes y en donde sea necesario se comprobarán los niveles de presión y gases, así como las conducciones hasta las cajas de centralización.

3.16.11. Transformadores y sus Ensayos

Deberán prepararse las cubas para efectuar el vacío completo y serán del tipo convencional.

Todos los transformadores se probarán individualmente según las normas UNE. Los ensayos a realizar son los siguientes:

ENSAYOS TIPO:

- Ensayo de temperatura.
- Ensayo de impulso tipo rayo.

ENSAYOS DE RUTINA:

- Medida de resistencia de los bobinados.
- Medida de tensión de impedancia, impedancia de cortocircuito y pérdidas en carga.
- Medida de relación de transformación y control del grupo de conexión.
- 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 ESPECIALES

- Nivel de ruidos.
- Prueba de cortocircuito.
- Comprobación de fugas.
- Medición de armónico.
- Prueba de conmutación en carga.
- Prueba de equipos auxiliares.
- Medida de impedancia.
- Prueba PD. Prueba de onda truncada.

3.16.12 Cables de fuerza y control

Los cables serán fijados en los extremos mediante prensastopas o grapas de presión. Todos los cables deberán estar correctamente identificados y marcados. Cada hilo será igualmente identificado en sus dos extremos y marcado con la numeración correspondiente. Esta numeración quedará reflejada en la documentación que se deberá presentar a la finalización de la obra por parte del contratista.

3.16.13. Cuadro eléctrico

Todo el cable debe llevarse por el interior de cajetines debidamente ranurados para su ventilación y será ejecutado con cable de cobre, con aislamiento pastico en diferentes colores y secciones, agrupándolos en mazos debidamente fijados a la estructura del cuadro.

La entrada y salida de cables se realizará por la parte inferior en los armarios de suelo.

Las conexiones deben estar debidamente marcadas y distinguidas con terminales y trozos plásticos. Cada conductor debe llevar un numerador con el numero correspondiente que lo identifique según su circuito correspondiente, de acuerdo con los esquemas.

Todos los aparatos situados al frente deben estar debidamente rotulados con la identificación del equipo que se trata mediante placas de plástico con las letras grabadas en blanco sobre fondo negro y fijados con tornillos.

Los armarios de tipo suelo instalados en una superficie no registrable deberán llevar un zócalo metálico de robustez suficiente para poder soportar su propio peso y poder ser anclado mediante pernos en la obra civil. Los armarios de suelo colocados a intemperie se construirá una fundación de hormigón que tendrá como mínimo 15 cm de altura.

Los cuadros deben llegar a obra en perfecto estado y habiéndoles realizado pruebas en el taller, de tal manera que solo haya que realizar el conexionado a bornas de los conductores exteriores en campo.

Los cuadros eléctricos deben cumplir con el reglamento electrotécnico español para baja tensión y las normas UNE.



3.16.14. Alimentación subterránea

Todos los cables de alimentación con acceso subterráneo al interior del edificio deberán hacerlo por medio de una canal o tubo. Las secciones de estas canales o tubos deben permitir la colocación de los cables con la mayor facilidad posible debiendo ser de una superficie por lo menos 1,6 veces el diámetro del cable. El radio de curvatura máxima será tal que los radios de curvatura a los que se someten los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 60 cm.

Tras la colocación de los cables debe obstruirse el orificio de paso para evitar la entrada de roedores o incluso agua, se incorporará materiales duros que no dañen el cable.

3.16.15. Celdas de M.T

Se tratan de un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y cote en SF6, compartiendo un embarrado que se consigue utilizando elementos de uso específico, consiguiendo una unión única apantallada, e insensible a las condiciones externas. Deben cumplir con las normativas UNE 20099 y 21339 y recomendaciones UNESA 6407.

3.17. CONCLUSION

Tras todo lo expuesto con anterioridad se da por supuesto que todos los apartados quedan totalmente definidos.

En zaragoza, 23 de Septiembre de 2022.

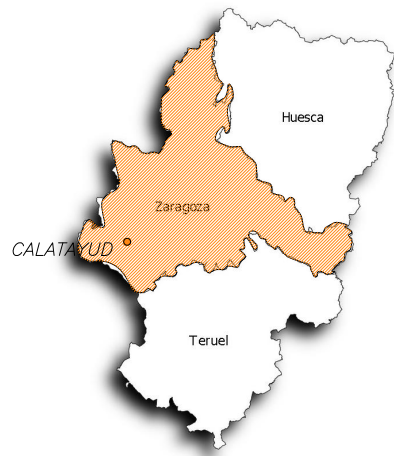
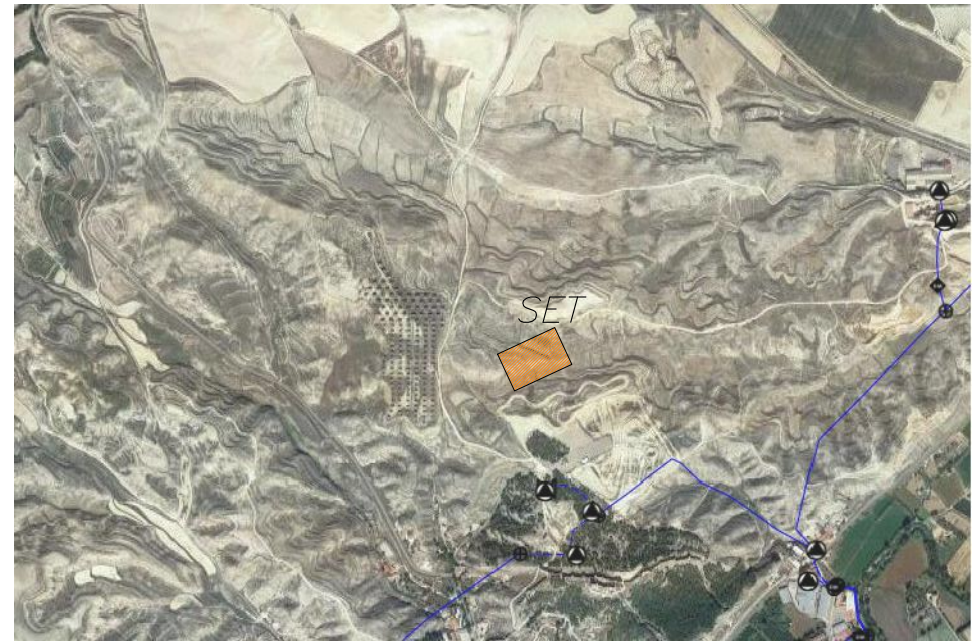
Fco. Javier Sánchez Hernández



4. PLANOS



4. PLANOS	121
4.1. PLANO DE SITUACION	123
4.2. ESQUEMA UNIFILAR.....	124
4.3. PLANTA SET.....	125
4.4. CABINAS MT 15 kV	126
4.5. ESQUEMA PROTECCIÓN DE LINEA 220 kV	127
4.6. ESQUEMA PROTECCIÓN DE TRAF0 150 MVA.....	128
4.7. ESQUEMA PROTECCIÓN DE LINEA 132 kV	129
4.8. ESQUEMA PROTECCIÓN DE TRAF0 25 MVA.....	130
4.9. ESQUEMA PROTECCION DE BARRAS 220 kV	131
4.10. ESQUEMA PROTECCION DE BARRAS 132 kV	132
4.11. CUADRO DE PROTECCIÓN Y MANDO	133
4.12. PERFIL LINEA DE ENTRADA 220 kV	134
4.13. PERFIL LINEA DE TRAF0 220/132 kV.....	135
4.14. PERFIL LINEA SALIDA 132 kV.....	136
4.15. PERFIL LINEA TRANSFORMADOR 132/15 kV	137
4.16. EDIFICIO DE CONTROL	138
4.17. RED DE TIERRAS	139
4.18. DETALLE DE CANALIZACIÓN.....	140



PARCELA CATASTRAL 50067A00800292

Croquis

Fotografía fachada

Polígono 8 Parcela 292
 BLANQUILLAS. CALATAYUD (ZARAGOZA)
 22.635 m²

[Más información de la parcela](#) ▾

INFORMACIÓN DE LOS INMUEBLES ⓘ

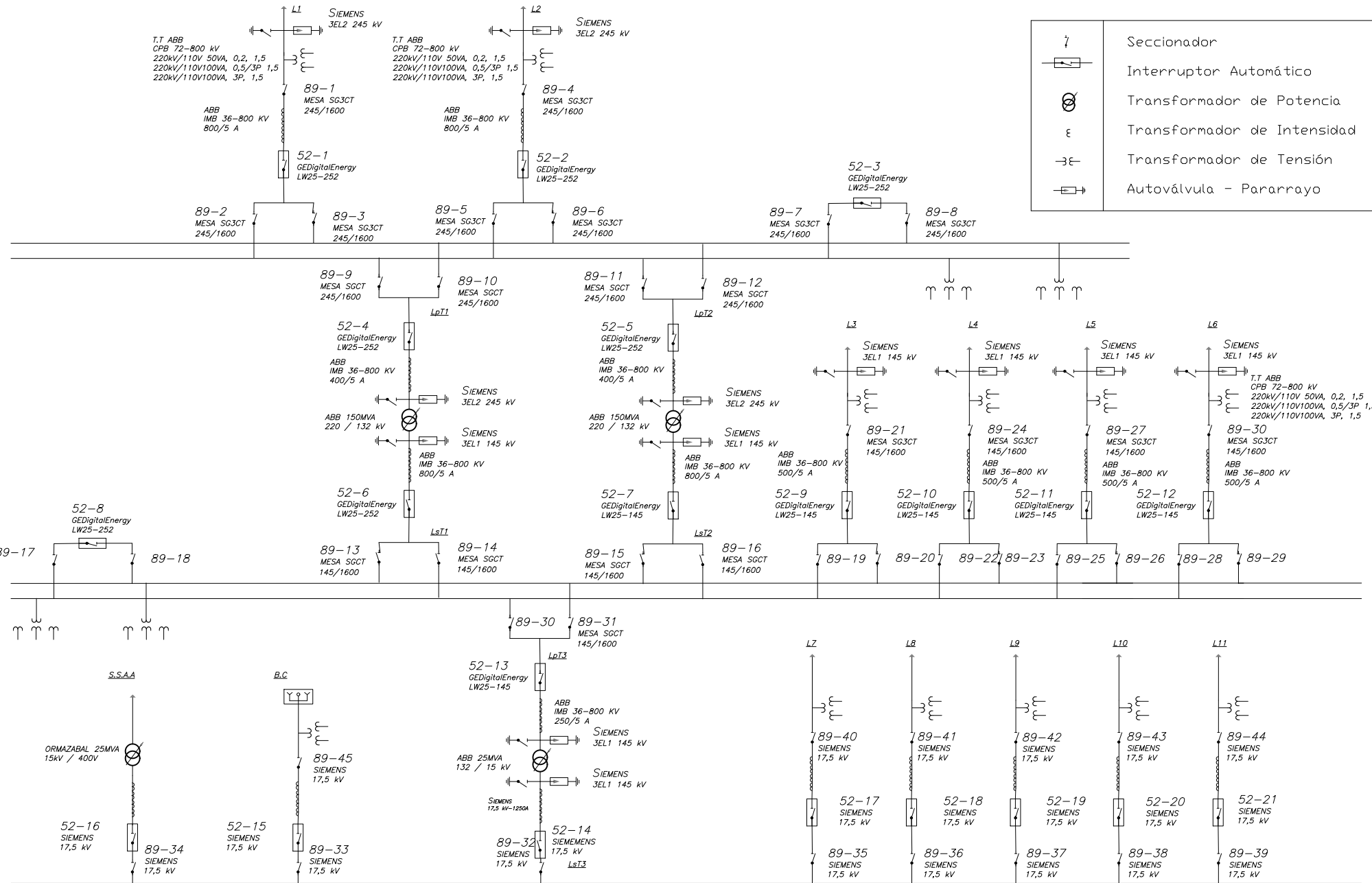
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	PLANO SITUACIÓN		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 1

220 kV

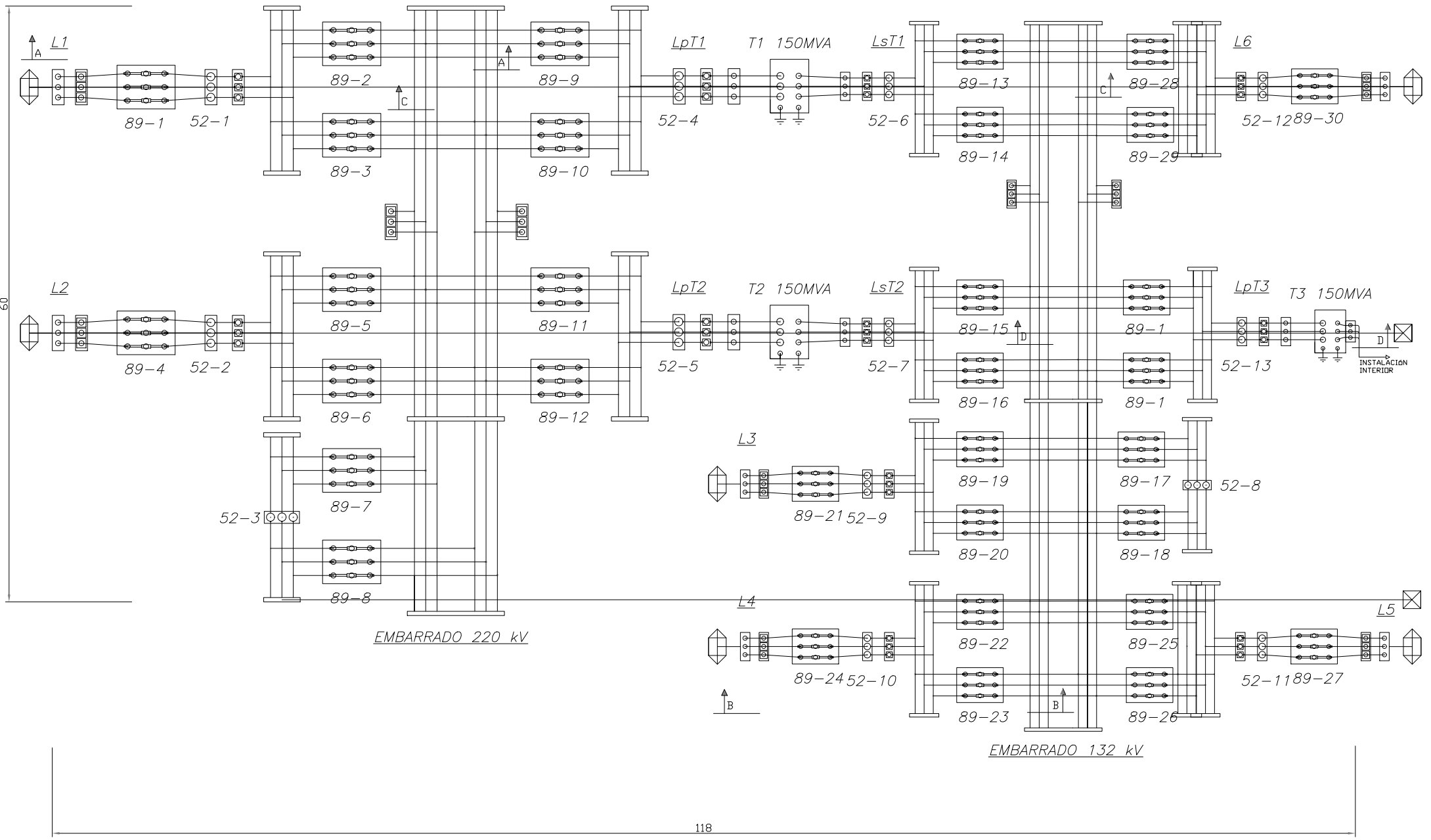
132 kV

15 kV



	Seccionador
	Interruptor Automático
	Transformador de Potencia
	Transformador de Intensidad
	Transformador de Tensión
	Autoválvula - Pararrayo



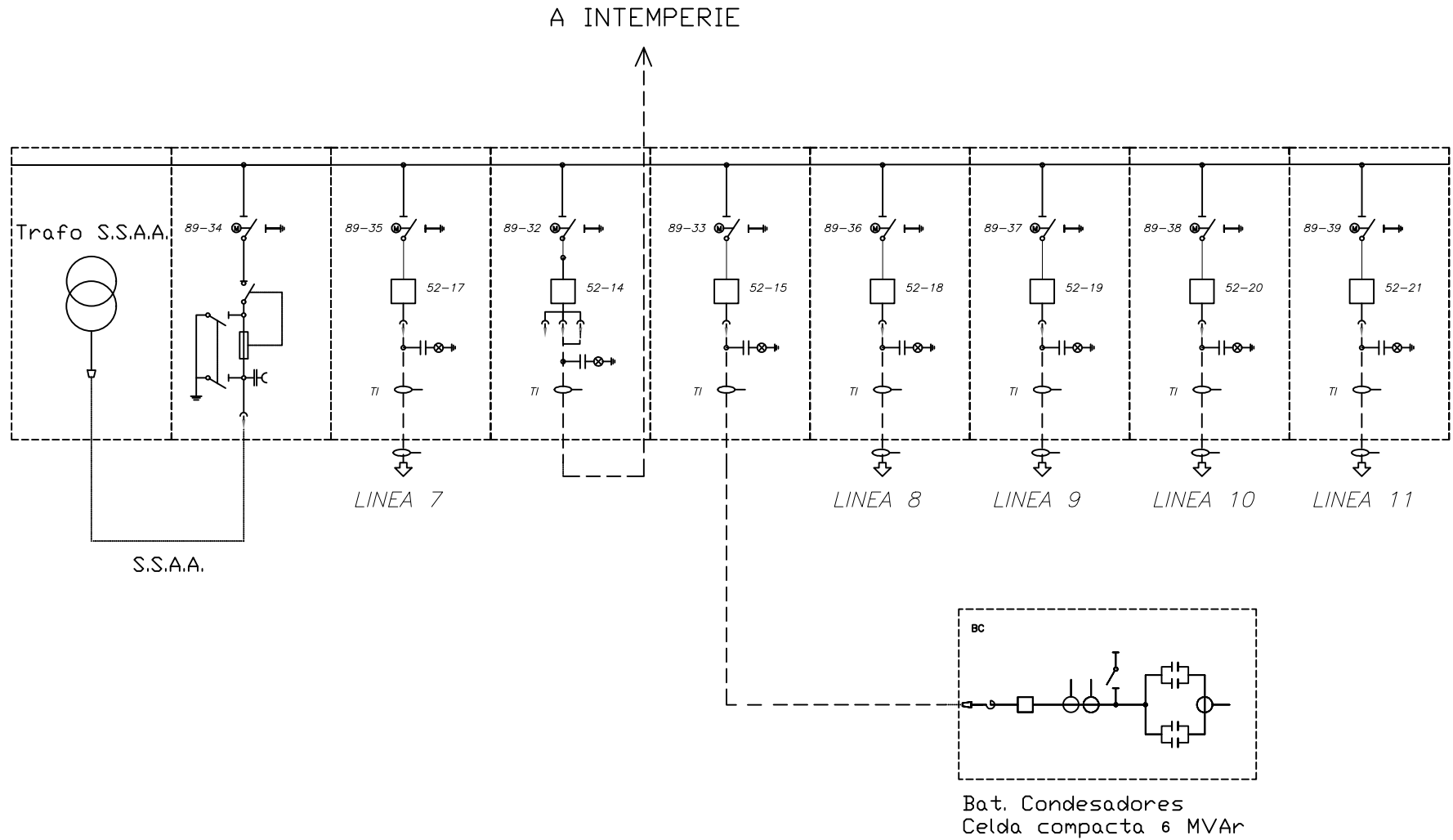
	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Titulo ESQUEMA UNIFILAR			NIA 741369
	Proyecto S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV			Curso 4º
				Plano Nº 2





* COTAS EN METROS

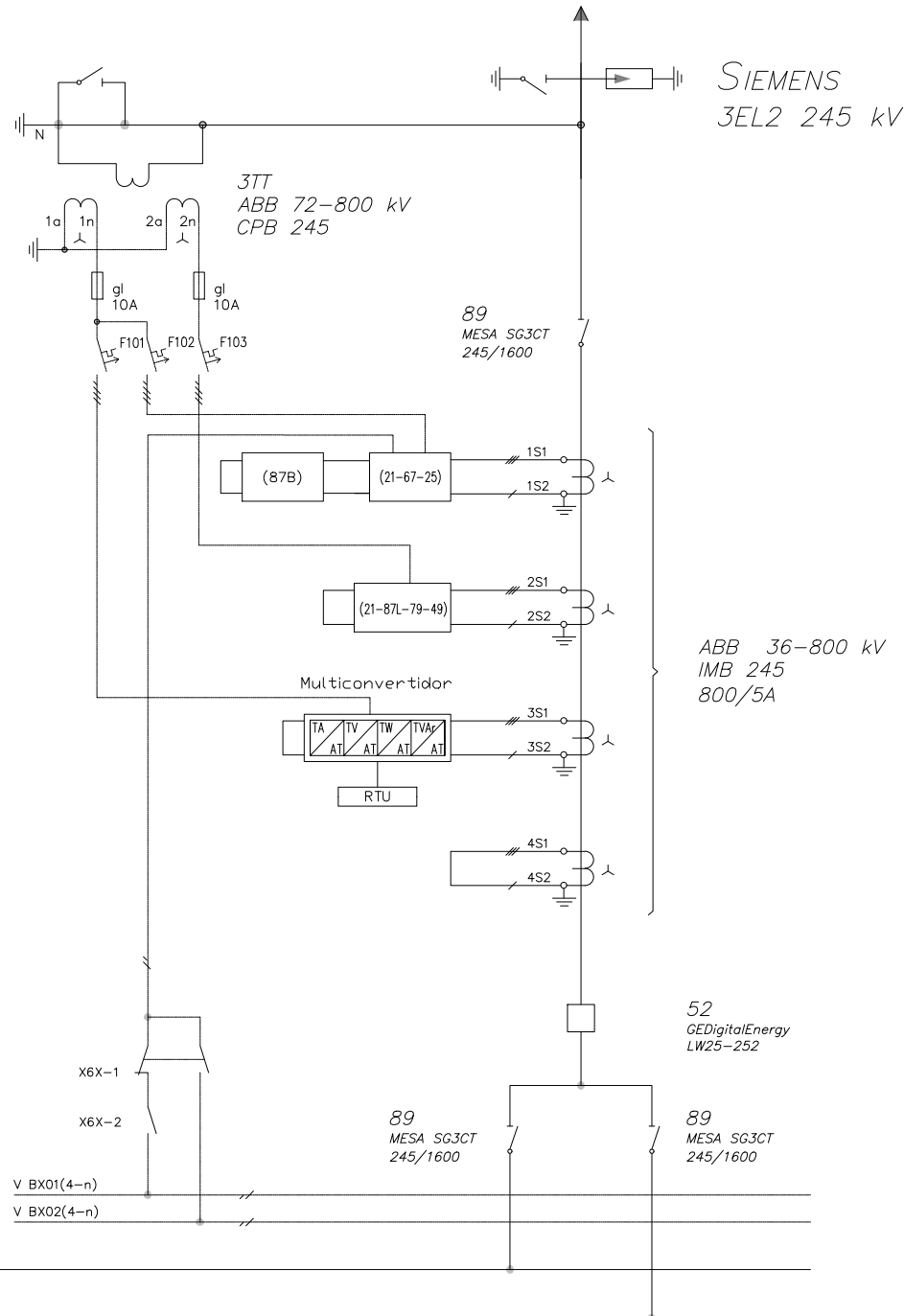
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	PLANTA SET	NIA	741369
1:500	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV	Curso	4º
			Plano Nº	3

NIVEL DE MEDIA TENSION 15 kV



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez			
Comprobado					
Escala	Título	CABINAS MT 15 kV		NIA	741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso	4º
				Plano Nº	4

LINEA 220 kV



TI MEDIDA Y PROTECCIÓN 220 kV

Arrollamiento	Características
1S1-1S2	Protección 30VA, clase 5P30
2S1-2S2	Protección 30VA, clase P30
3S1-3S2	Medida 30VA, clase 0.2 S FS < 5
4S1-4S2	Medida 30VA, clase 0.2 S FS < 5

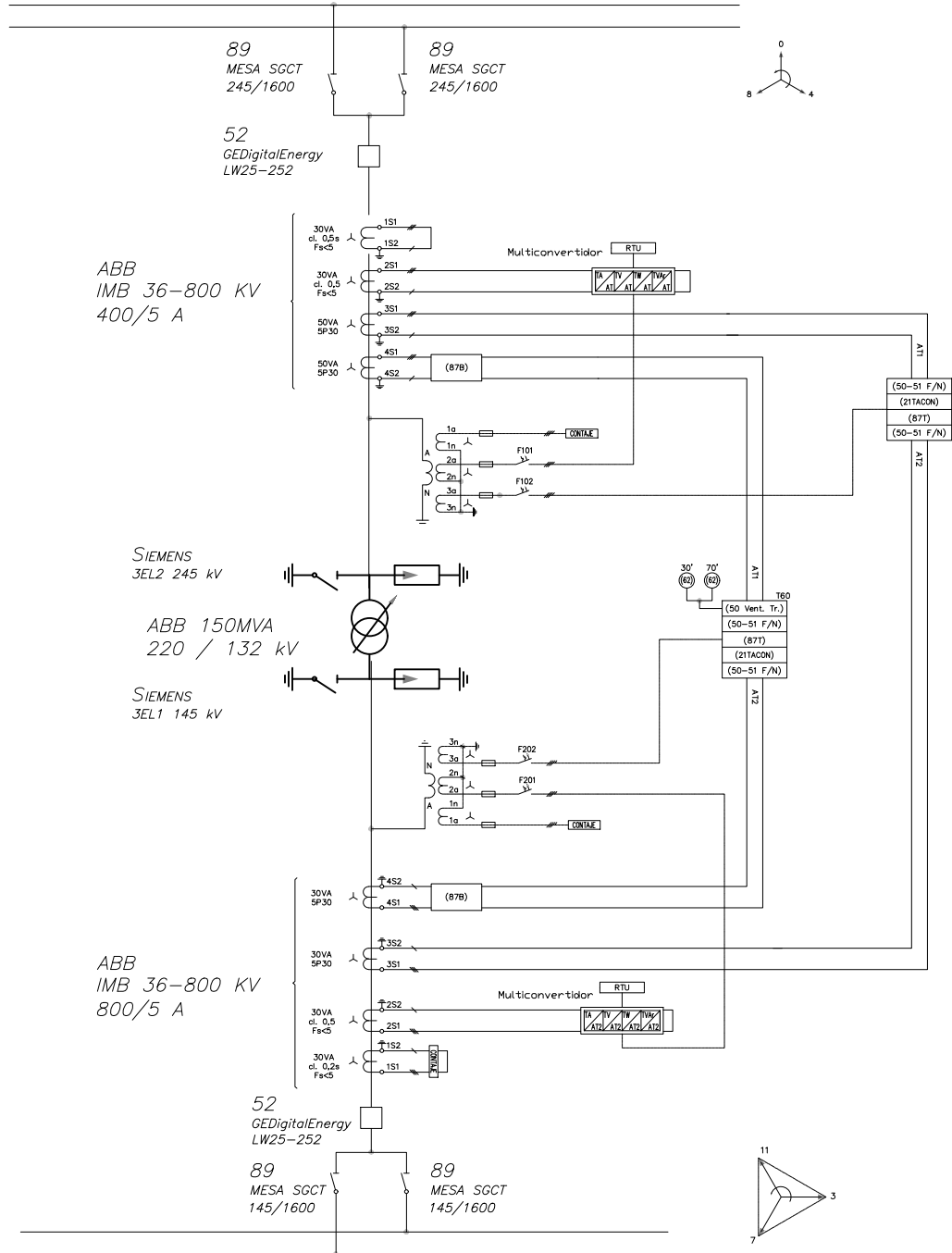
TT MEDIDA Y PROTECCIÓN 220 kV

Arrollamiento	Características
1a-1n	Medida 50VA, clase 0,2
2a-2n	Protección 100VA, clase 3P

EMBARRADO 220 kV

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA PROTECCIÓN LÍNEA 220 kV		NIA
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		741369
				Curso
				4º
				Plano Nº
				5

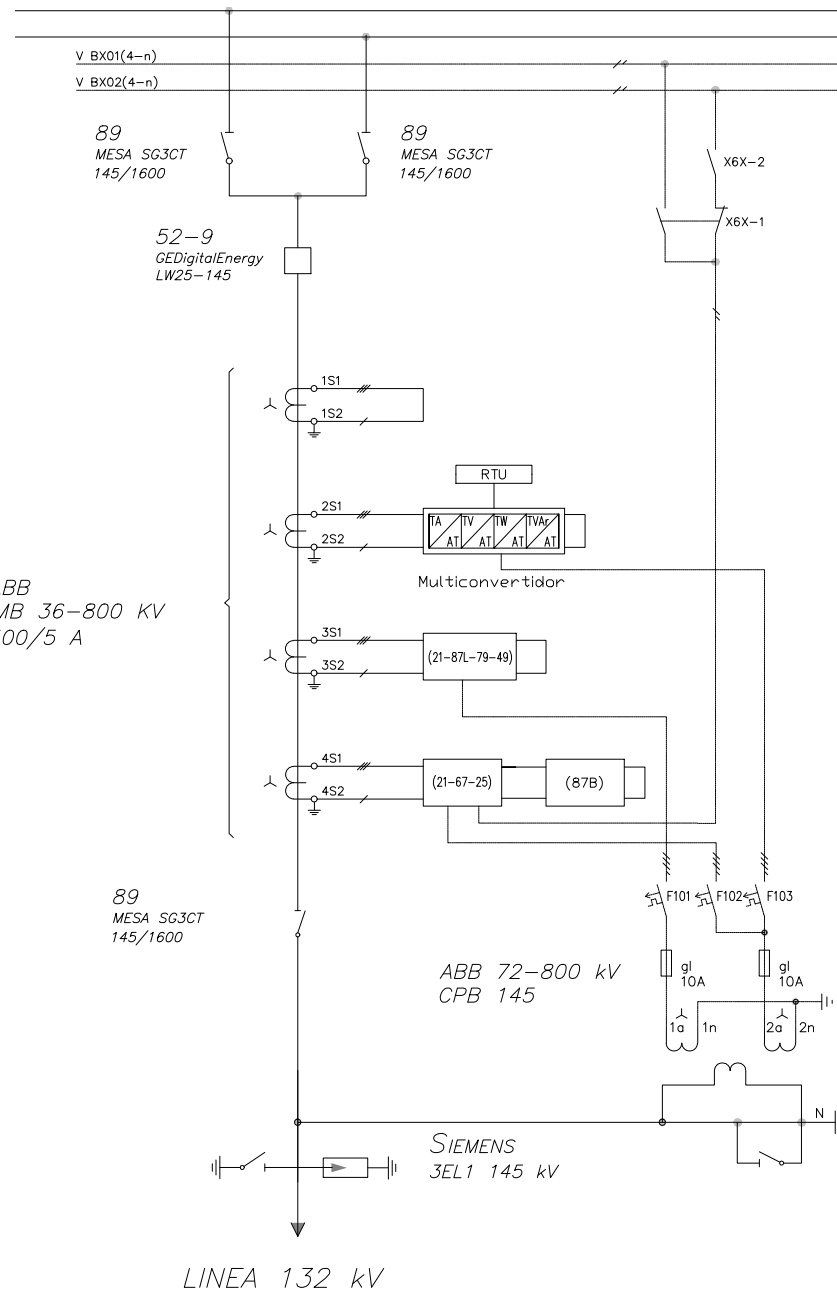
EMBARRADO 220 kV



EMBARRADO 132 kV

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA PROTECCIÓN DE TRAF0 150MVA		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 6

EMBARRADO 132 kV

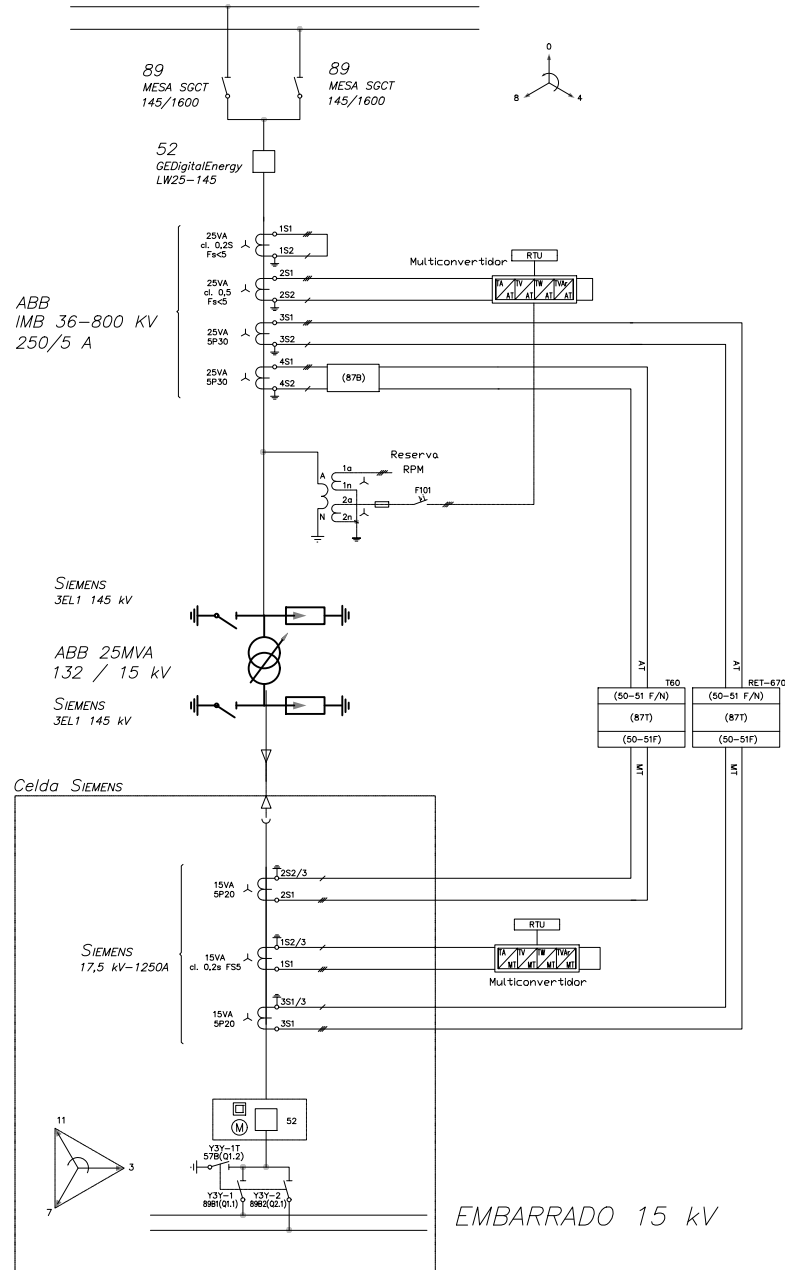




TI MEDIDA Y PROTECCIÓN 132 kV	
Arrollamiento	Características
1S1-1S2	Medida 30VA, clase 0.2 S FS < 5
2S1-2S2	Medida 30VA, clase 0.5 FS < 5
3S1-3S2	Protección 30VA, clase 5P30
4S1-4S2	Protección 30VA, clase 5P30

TT MEDIDA Y PROTECCIÓN 132 kV	
Arrollamiento	Características
1a-1n	Medida 50VA, clase 0,2
2a-2n	Protección 100VA, clase 3P

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA PROTECCIÓN DE LÍNEA 132 kV		NIA
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		741369
				Curso
				4º
				Plano Nº
				7

EMBARRADO 132 kV



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA PROTECCIÓN DE TRAF0 25 MVA		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 8

EMBARRADO 220 kV

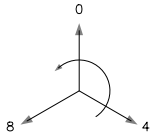
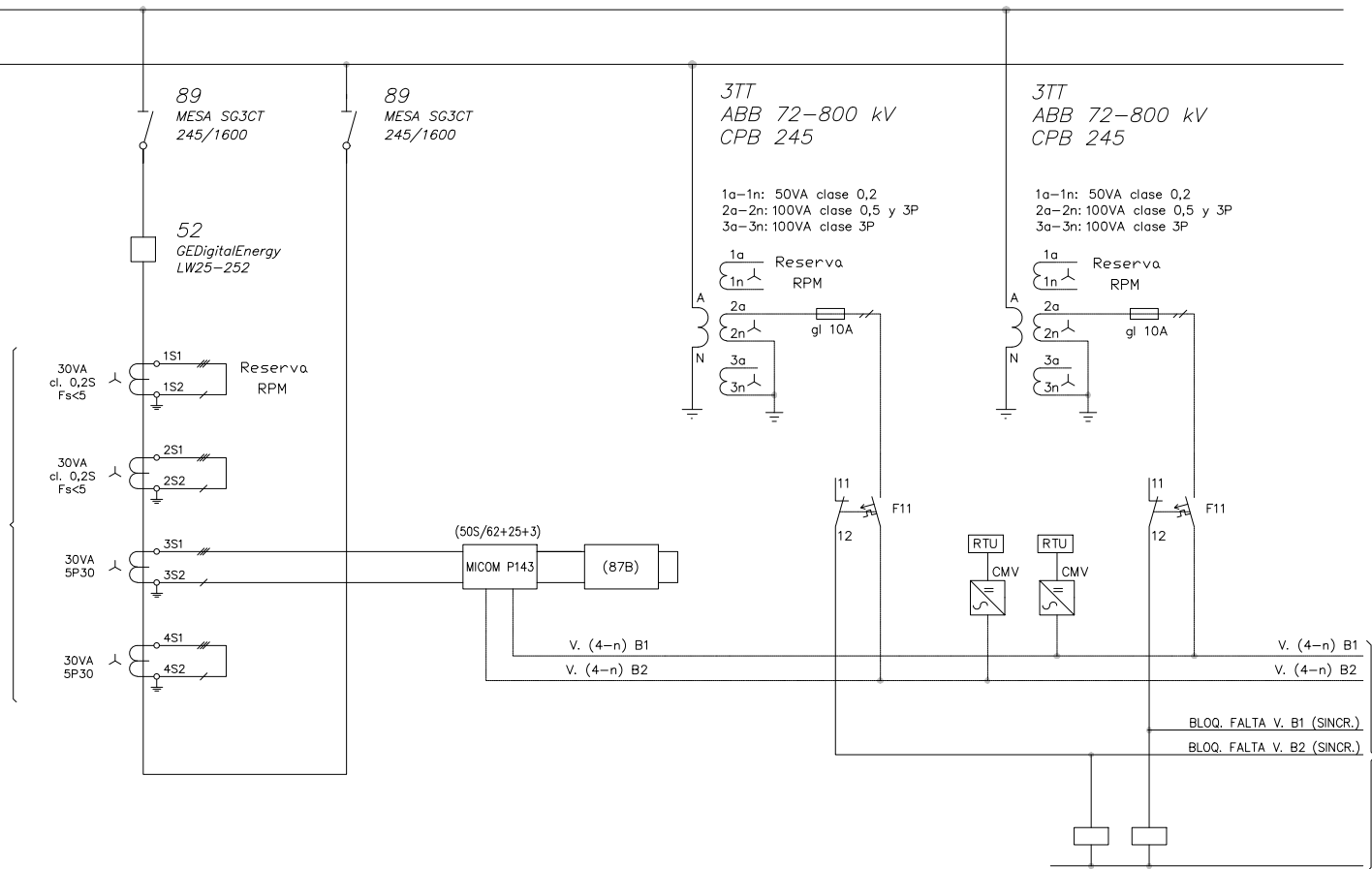


ABB 36-800 kV
IMB 245
800/5A



A OTROS TERMINALES

	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA PROTECCIÓN DE BARRAS 220 kV		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 9

EMBARRADO 132 kV

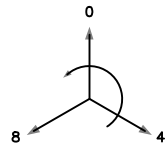
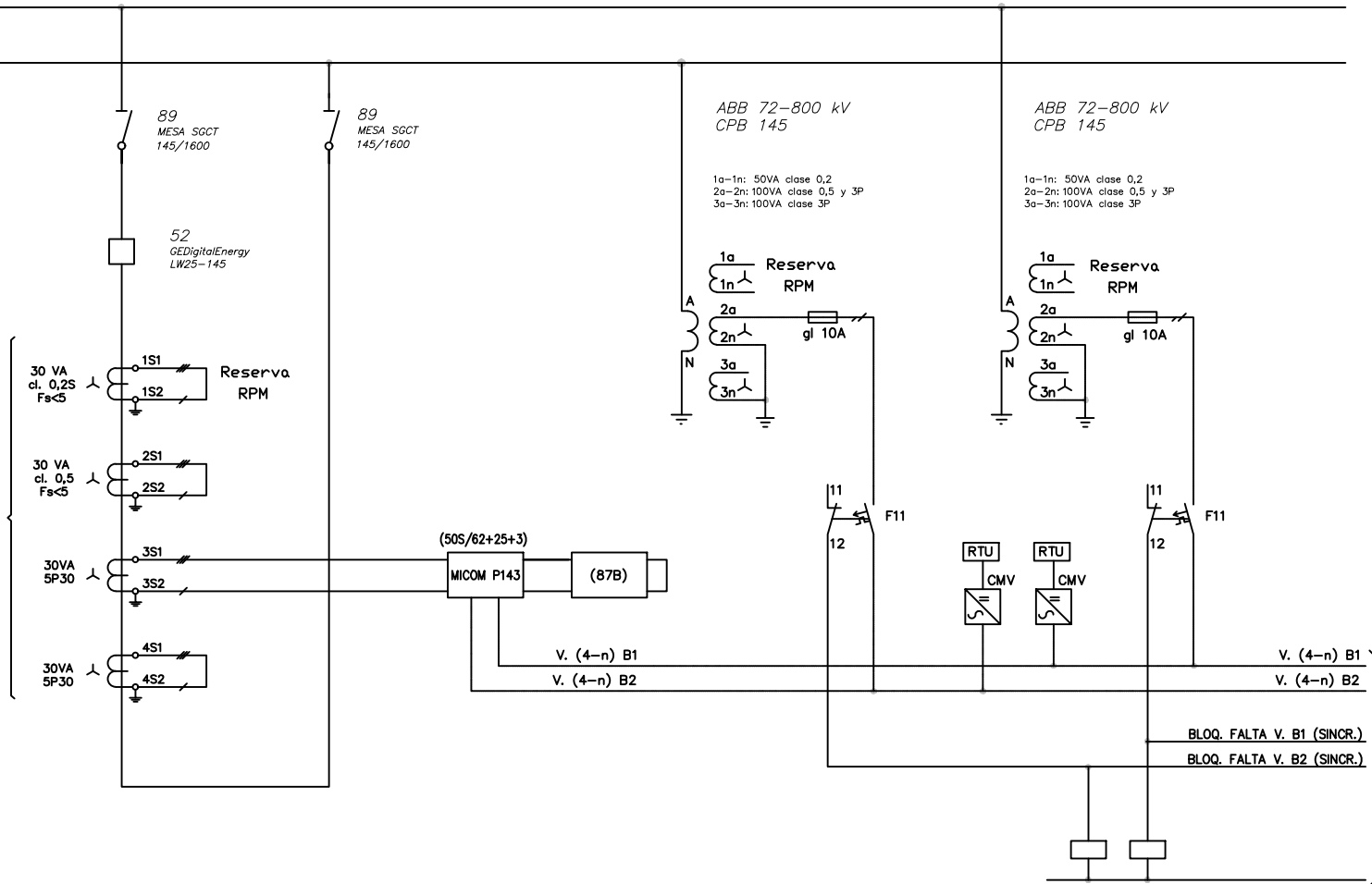




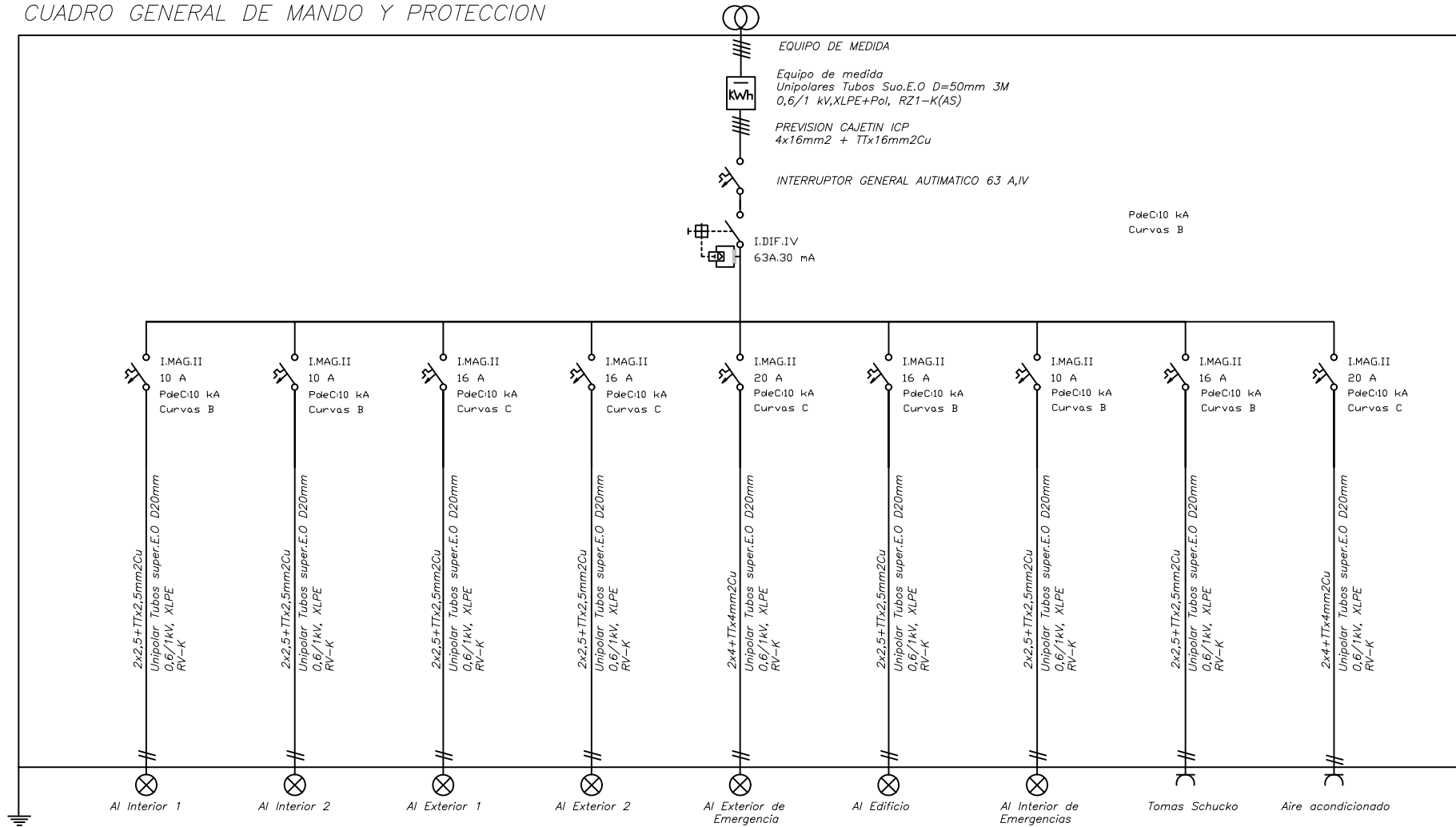
ABB
IMB 36-800 KV
500/5 A



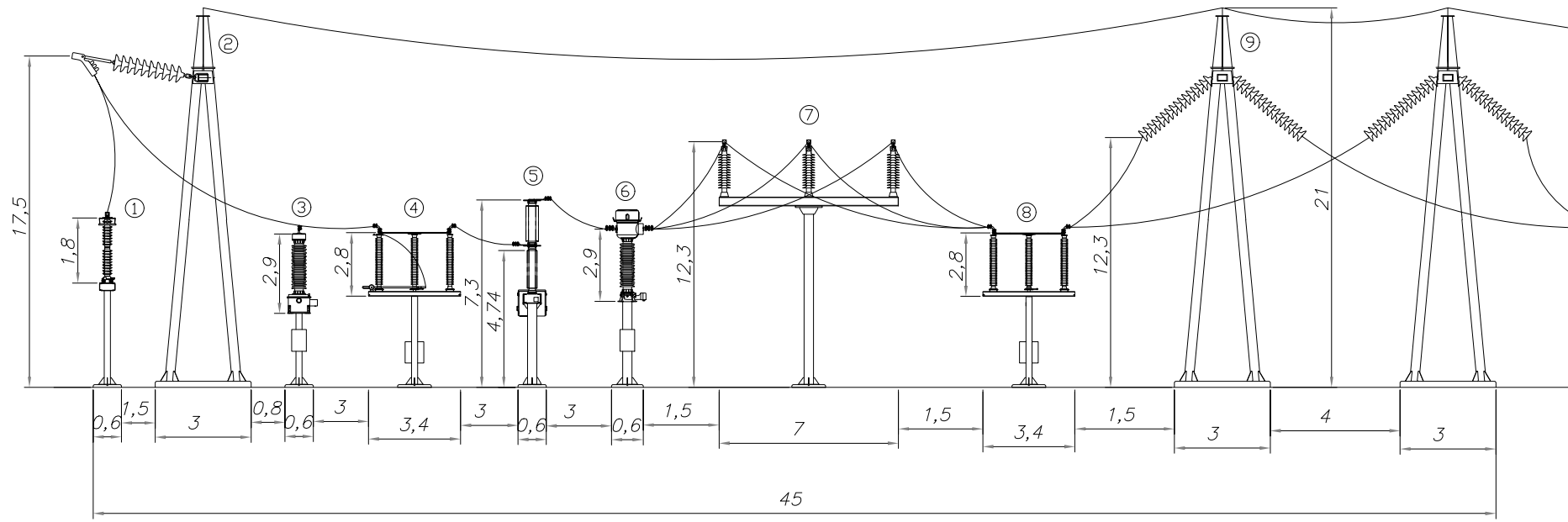
A OTROS
TERMINALES

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	ESQUEMA PROTECCIÓN DE BARRAS 132 kV		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 10

CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION





	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título CUADRO DE PROTECCIÓN Y MANDO		NIA	741369
	Proyecto S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso	4º
			Plano Nº	11

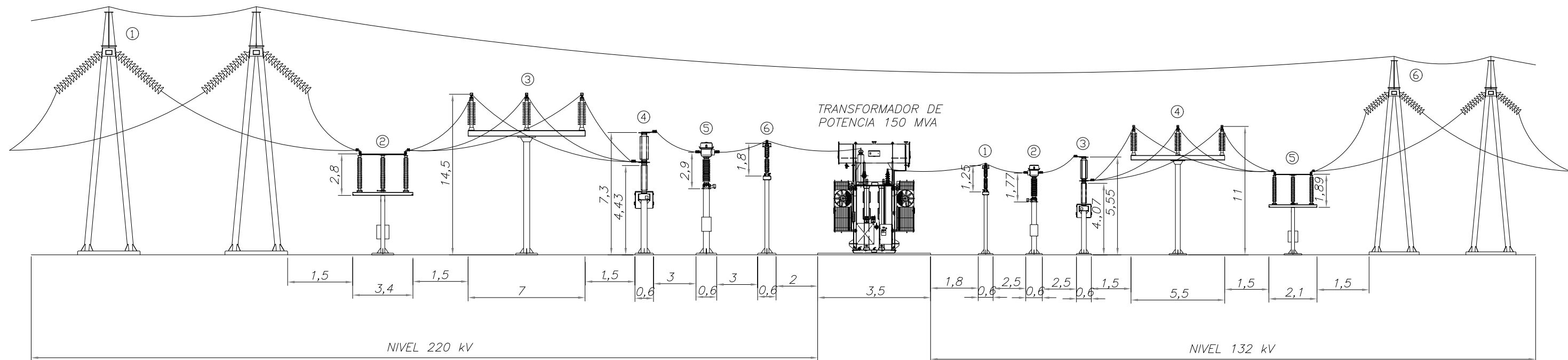


NIVEL 220 kV

1	Autoválvula
2	Torre de entrada
3	Transformador tensión
4	Seccionador entrada con TT
5	Disyuntor
6	Transformador intensidad
7	Barra de separación
8	Seccionador de línea
9	Embarrado doble 220 kV

* COTAS EN METROS

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	PERFIL LÍNEA DE ENTRADA 220 kV		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 12



NIVEL 220 kV

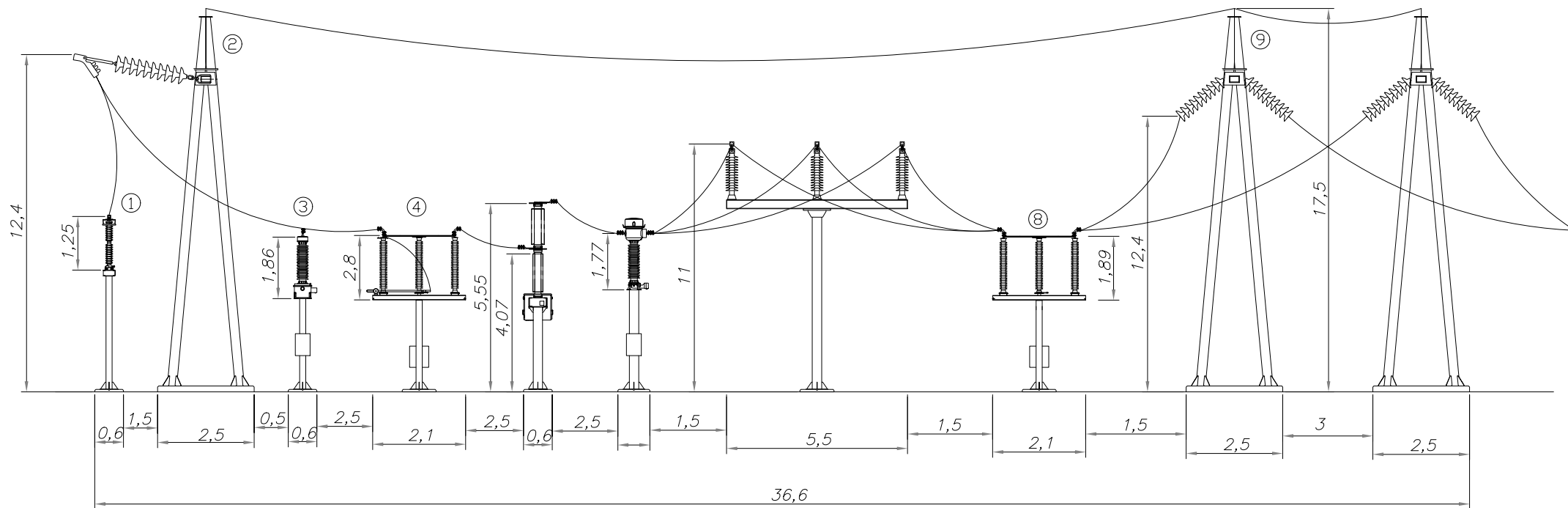
1	Embarado doble
2	Seccionador de trafa
3	Barras de separación
4	Disyuntor
5	Transformador de intensidad
6	Autoválvula

* COTAS EN METROS

NIVEL 132 kV

1	Autoválvula
2	Transformador de intensidad
3	Disyuntor
4	Barras de separación
5	Seccionador de trafa
6	Embarado doble



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	
Comprobado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Escala	Titulo	PERFIL LÍNEA TRAF0 220/132 KV	NIA	741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 KV	Curso	4º
			Plano Nº	13

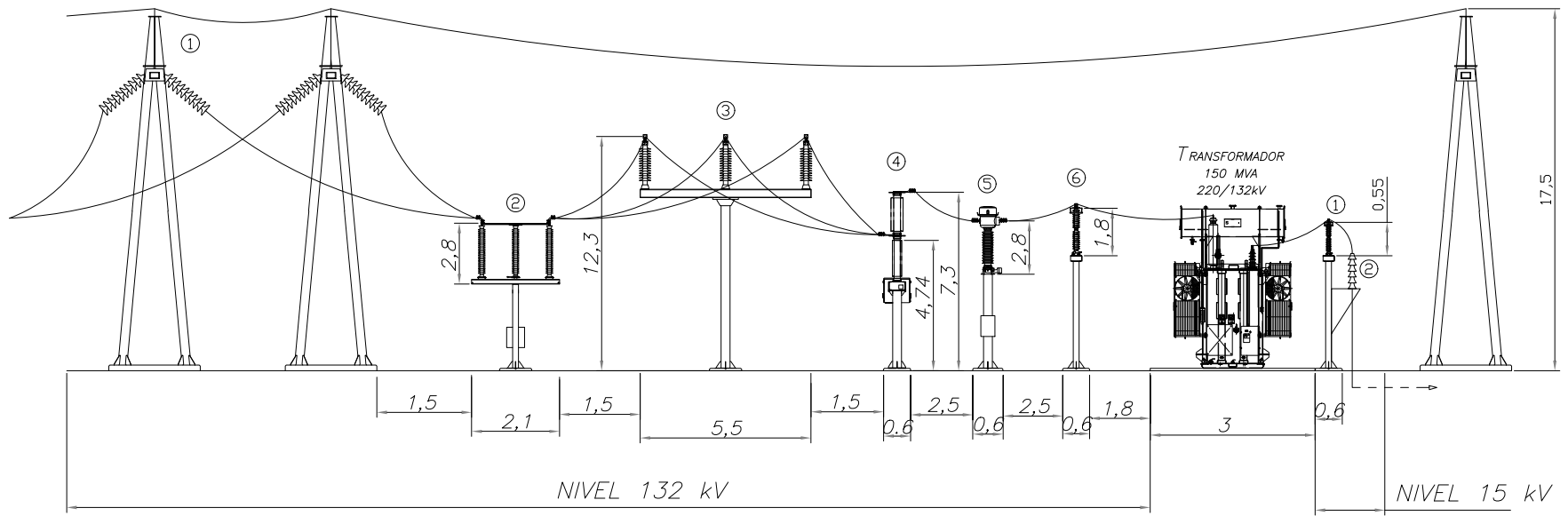


NIVEL 132 kV

- | | |
|---|---------------------------|
| 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	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	PERFIL LÍNEA DE SALIDA 132 kV		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 14



NIVEL 132 kV

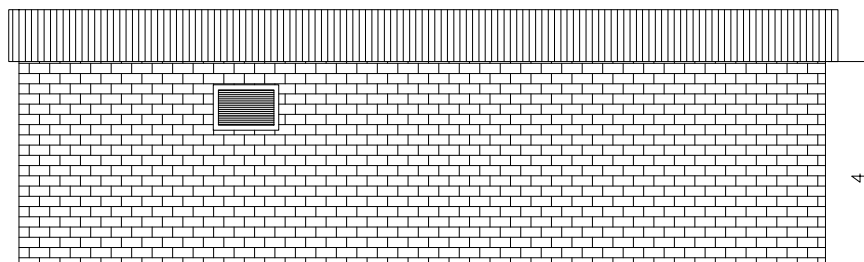
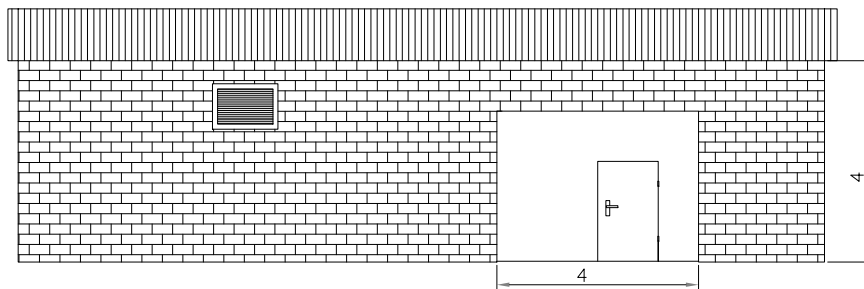
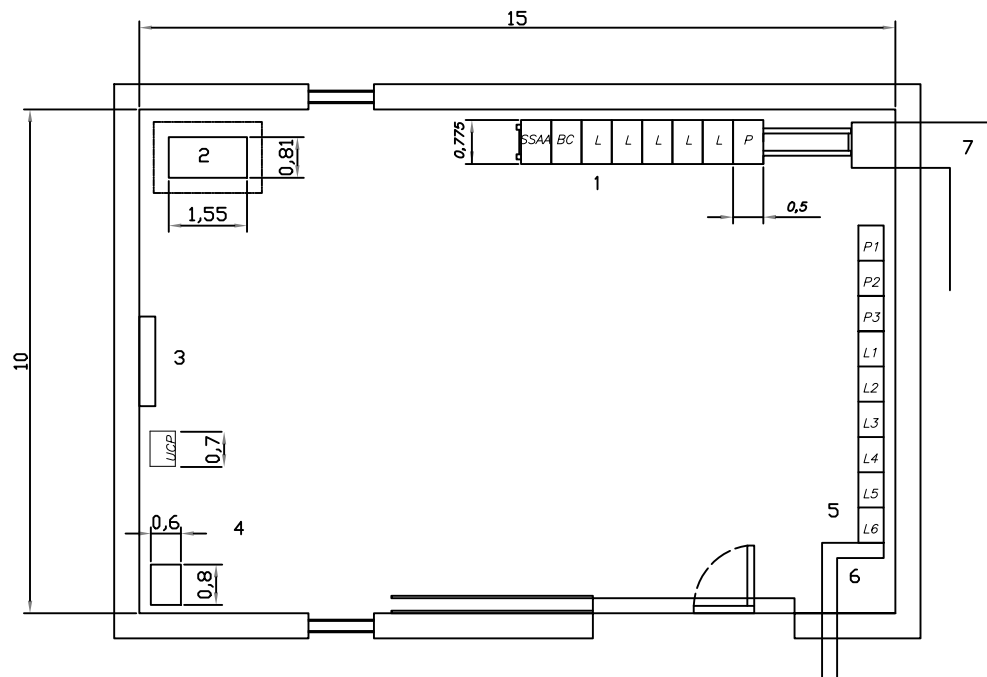
1	Embarrado doble
2	Seccionador de trafa
3	Barras de separación
4	Disyuntor
5	Transformador de intensidad
6	Autoválvula

* COTAS EN METROS

NIVEL 15 kV

1	Autoválvula
2	Terminal de empalme



	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	PERFIL LÍNEA TRANSFORMADOR 132/15 kV		NIA 741369
	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 15

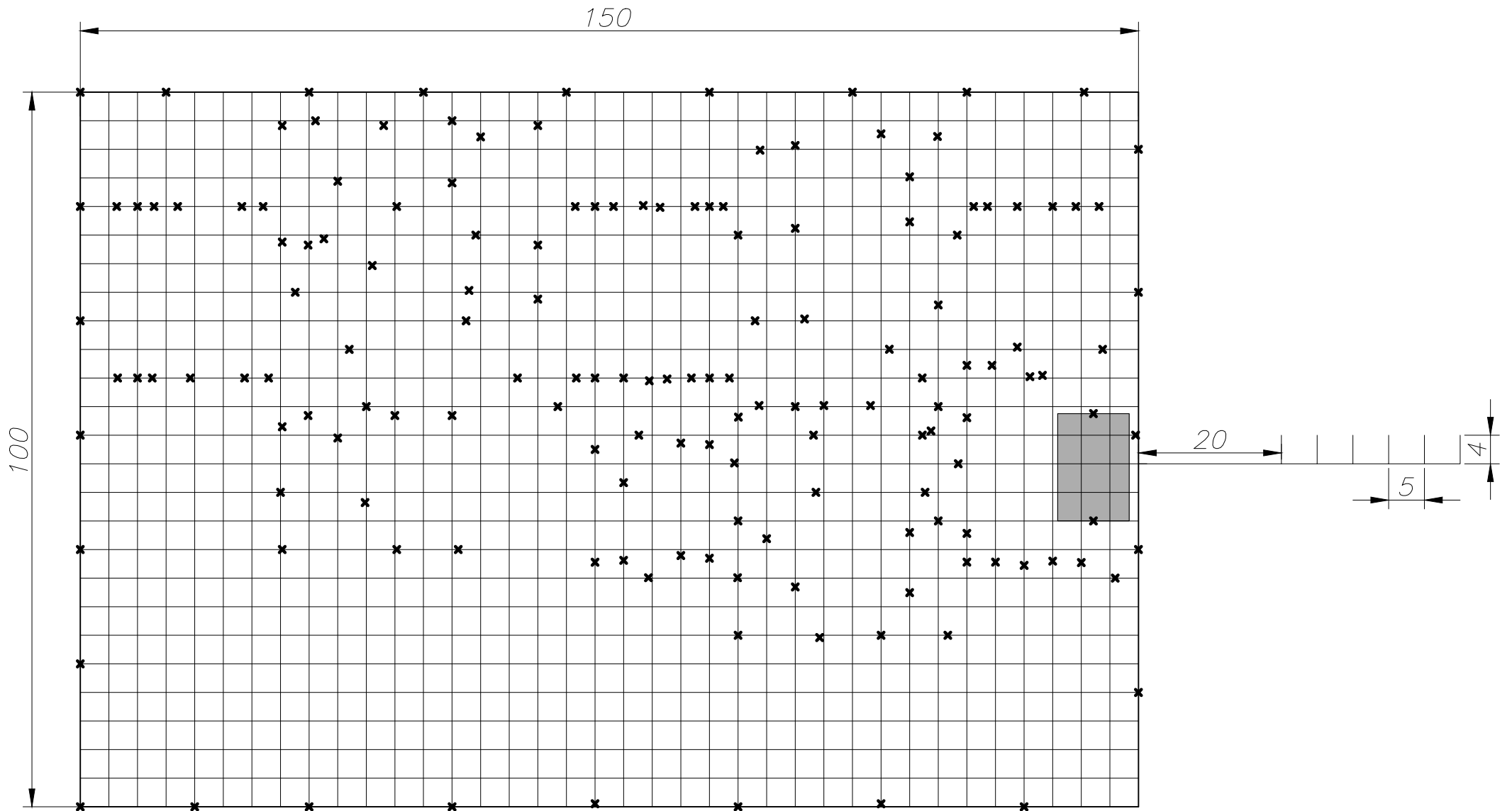




LEYENDA

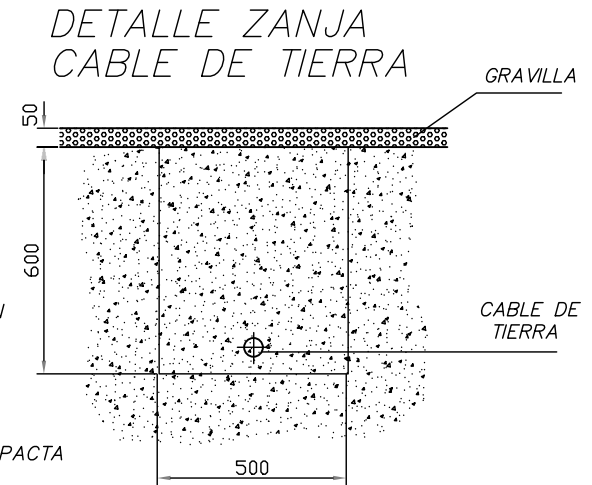
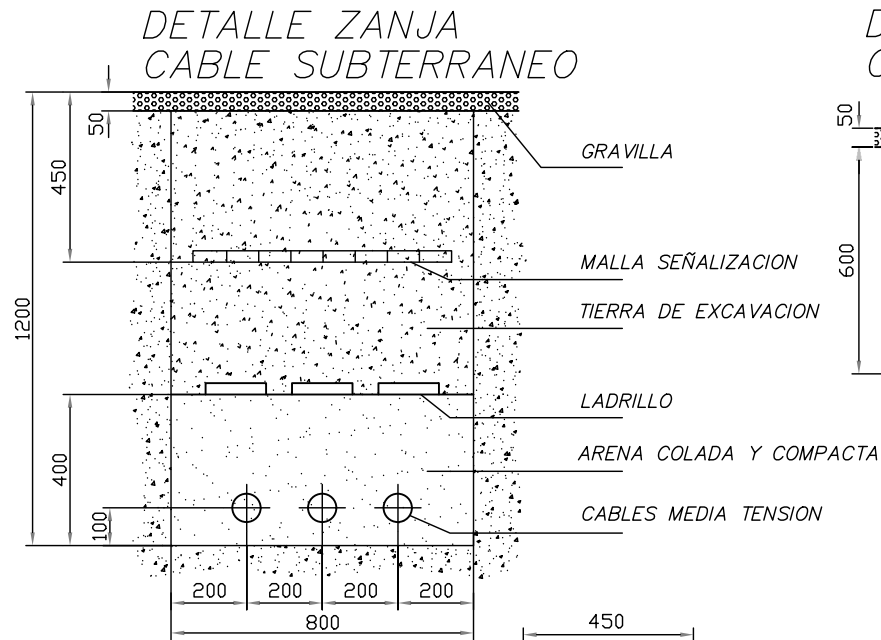
- 1 CELDAS MT
- 2 TRANSFORMADOR SS.AA.
- 3 CUADRO BT
- 4 BLOQUE BATERÍAS CC
- 5 RELÉS Y PANELES
- 6 ENTRADA CABLES DE MANDO (ATARJEJA)
- 7 ENTRADA CABLES DE MT (SUBTERRÁNEA)



*COTAS EN metros

	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	EDIFICIO DE CONTROL		NIA 741369
1:150	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 16



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título	RED DE TIERRAS		NIA 741369
1:750	Proyecto	S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV		Curso 4º
				Plano Nº 17



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	Sept. 2022	Francisco Javier Sánchez		
Comprobado				
Escala	Título DETALLE DE CANALIZACIÓN			NIA 741369
1:20	Proyecto S.E.T. CALATAYUD 220/132/15 kV			Curso 4º
				Plano Nº 18



5. SEGURIDAD Y SALUD



5. SEGURIDAD Y SALUD	141
5.1. OBJETO	143
5.2. NORMATIVA	143
5.3. ALCANCE	143
5.4. DATOS GENERALES	143
5.4.1. Tipo de trabajo	143
5.4.2. Actividades principales	143
5.4.3. Climatología	144
5.4.4. Plazo de ejecución	144
5.4.5. Operarios previstos y oficios	144
5.4.4. Maquinaria utilizada	144
5.5. ANALISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS	145
5.5.1 Protecciones colectivas	145
5.5.2. Riesgos y medidas específicas	145
5.6. EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIS)	146
5.7. FORMACION PERSONAL.....	146
5.7.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra.....	146
5.7.2. Charlas sobre riesgos especificos	147
5.8. MEDIOS DE ACTUACIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS	147
5.9. REVISIONES TECNICAS DE SEGURIDAD	147



5.1. OBJETO

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud Laboral tiene por objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir en lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales así como la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan durante la ejecución de los trabajos del proyecto objeto de estudio.

5.2. NORMATIVA

Para la realización del presente estudio básico se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre sobre los criterios de planificación, control y desarrollo de los medios y medidas de seguridad y salud que deben tenerse presentes en la ejecución de los Proyectos de Construcción.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9 de Marzo de 1971), en los Capítulos y artículos no derogados por la Ley 31/95.
- Notificación de accidentes de trabajo (O.M. 16 de Diciembre de 1987)

5.3. ALCANCE

Las medidas contempladas en este estudio Básico alcanzan a todos los trabajos a realizar en el presente proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas que intervengan en la ejecución de los mismos.

5.4. DATOS GENERALES

5.4.1. Tipo de trabajo

El trabajo en la ejecución de la “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA TRANSFORMADORA 220/132/15 KV” consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes fases principales de construcción:

- Obra civil
- Montaje de estructuras metálicas
- Tendido y montaje conductor y accesorios
- Desmontaje instalaciones existentes
- Pruebas y puesta en marcha de los distintos equipos y sistemas

5.4.2. Actividades principales

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

- Replanteo, Excavación y Cimentación
- Manipulación de materiales
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra
- Montaje de estructuras y cerramientos
- Maniobra de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales



- Tendido y conexionado de cables
- Montaje de instalaciones
- Suelos y acabados

Mas adelante analizaremos los riesgos previsibles inherentes a los mismos, y describiremos las medidas de protección previstas en cada caso.

5.4.3. Climatología

La climatología de la zona es de tipo continente, con inviernos fríos y veranos calurosos.

5.4.4. Plazo de ejecución

EL periodo de tiempo estimado para la ejecución de las obras del citado proyecto es de 240 días

5.4.5. Operarios previstos y oficios

El número aproximado de trabajadores previstos, para realizar las distintas actividades del Proyecto, serán unos 10, esperando una punta máxima de 15.

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

- Jefes de equipo
- Albañiles
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas
- Soldadores
- Cableadores
- Maquinistas
- Especialistas de acabados diversos
- Ayudantes

5.4.4. Maquinaria utilizada

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevé utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente estudio son los que se nombran a continuación:

- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de soldadura oxiacetilénica -oxicorte.
- Camión de transporte.
- Grúa móvil.
- Camión grúa.
- Cabrestante de izado.
- Pistolas de fijación.
- Taladradoras de mano.
- Cortatubos.
- Curvadoras de tubos.
- Radiales y esmeriladoras.
- Tracteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc
- Martillo rompedor y picador, etc.
- Entre los medios auxiliares cabe mencionar los siguientes:



- Escaleras de tijera.
- Cuadros eléctricos auxiliares.
- Instalaciones eléctricas provisionales.
- Herramientas de mano.
- Bancos de trabajo
- Equipos de medida
- Comprobador de secuencia de fases
- Medidor de aislamiento
- Medidor de tierras.
- Pinzas amperimétricas.

5.5. ANALISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación, analizamos los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Siempre que sea posible se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales. Sin excluir el uso de estas últimas.

5.5.1 Protecciones colectivas

Se montará Protección Mecánica en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.

En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.

Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material ignífugo.

Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona ignífuga.

Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.

Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.

5.5.2. Riesgos y medidas específicas

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto anterior más los específicos de su actividad. A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas:

- Trabajos con Ferralla
- Trabajos de encofrado y desencofrado



- Trabajos de hormigón
- Maniobras de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales
- Máquinas y medios auxiliares
- Instalaciones eléctricas provisionales

5.6. EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso en mayor o menor medida de las siguientes protecciones individuales:

- Casco
- Pantalla facial transparente
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactínico
- Mascarillas faciales según necesidad
- Mascarillas desechables de papel
- Guantes de varios tipos
- Cinturón de seguridad
- Absorbedores de energía
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero
- Gafas de varios tipos
- Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos
- Protecciones auditivas
- Ropa de trabajo

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

Todos los equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.D. 1470/92 de 20 de Noviembre, y modificaciones posteriores, por el que se adoptan en Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.I. España los criterios de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Dispondrán del consiguiente certificado y contendrá de forma visible el sello (CE) correspondiente.

5.7. FORMACION PERSONAL

Su objetivo es informar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, darles a conocer las técnicas previstas y mantener el espíritu de seguridad de todo el personal.

5.7.1. Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra.

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



5.7.2. Charlas sobre riesgos específicos

Dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajadores o Técnicos de Seguridad.

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

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

- Riesgos eléctricos
- Trabajos en alturas
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte
- Uso de máquinas, manejo de herramientas
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos
- Empleo de escaleras

5.8. MEDIOS DE ACTUACIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS

La primera asistencia médica a los posibles accidentes será realizada por los Servicios Médicos de la Mutua concertada por cada contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera por los servicios de Urgencias de los Hospitales Públicos o Privados más próximos.

En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata y de un Botiquín y, además, habrá personal con unos conocimientos básicos de Primeros Auxilios, con el fin de actuar en caso de urgente necesidad.

Así mismo se dispondrá, igualmente, en obra de una “nota” escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a todos los contratistas, que contendrá una relación con las direcciones y teléfonos de los Hospitales, ambulancias y médicos locales.

5.9. REVISIONES TECNICAS DE SEGURIDAD

Con el fin de comprobar la correcta aplicación del Plan de seguridad, el coordinador de seguridad durante la obra realizará cuantas visitas e inspecciones considere oportunas.

En el caso de efectuarse alguna anotación en el libro de incidencias el coordinador de seguridad estará obligado a remitir en el plazo de 24 horas una copia a la inspección de trabajo y seguridad social de la provincia en que se realice la obra.



6.PRESUPUESTO



6.PRESUPUESTO	148
6.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	150
6.2. LÍNEAS DE ENTRADA 1 Y 2 DE 220 kV	150
6.3. LÍNEAS DE LOS TRANSFORMADORES DE 150 MVA.....	150
6.4. LÍNEA DEL TRANSFORMADOR DE 25 MVA	150
6.5. LÍNEAS DE SALIDA 3, 4, 5,6 DE 132 kV	151
6.6. EMBARRADOS DE 220 Y 132 kV	151
6.7. EDIFICIO Y OBRA CIVIL.....	151
6.8. CABINAS DE MT DE 15 kV	151
6.9. ESTRUCTURAS.....	152
6.10. RED DE TIERRAS	152
6.11. SERVICIOS AUXILIARES.....	152
6.12. EQUIPOS DE PROTECCION MEDIDA Y MANDO	152
6.13. AISLADORES, CONECTORES, EMPALMES Y UTILLAJES VARIOS.....	153
6.14. RESUMEN PRESUPUESTO	153



6.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Transformador de potencia 150 MVA	900.000,00 €	2	1.800.000,00 €
Transformador de potencia 25 MVA	700.000,00 €	1	700.000,00 €
TOTAL			2.500.000,00 €

6.2. LÍNEAS DE ENTRADA 1 Y 2 DE 220 kV

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Seccionador columna giratoria centra MESA SG3CT-245/1600	20.000,00 €	6	120.000,00 €
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-252	35.000,00 €	2	70.000,00 €
Autoválvula SIEMENS 3EL2	2.800,00 €	6	16.800,00 €
Transformador de intensidad ABB IMB 36-800 kV	9.000,00 €	6	54.000,00 €
Transformador de tensión CPB 72-800 kV	5.200,00€	6	31.200,00 €
TOTAL			292.000,00 €

6.3. LÍNEAS DE LOS TRANSFORMADORES DE 150 MVA

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Seccionador giratorio de apertura central centra MESA SGCT-245/1600	18.000,00 €	4	72.000,00 €
Seccionador giratorio de apertura central centra MESA SGCT-145/1600	17.000,00€	4	68.000,00€
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-252	35.000,00 €	2	70.000,00 €
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-145	32.000,00 €	2	64.000,00 €
Autoválvula SIEMENS 3EL2	2.800,00 €	6	16.800,00 €
Autoválvula SIEMENS 3EL1	2.000,00 €	6	12.000,00 €
Transformador de intensidad ABB IMB 36-800 kV	9.000,00 €	12	108.000,00 €
TOTAL			410.800,00 €

6.4. LÍNEA DEL TRANSFROMADOR DE 25 MVA

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Seccionador giratorio de apertura central centra MESA SGCT-145/1600	17.000,00€	2	34.000,00€
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-145	32.000,00 €	1	32.000,00 €
Autoválvula SIEMENS 3EL1	2.000,00 €	6	12.000,00 €
Transformador de intensidad ABB IMB 36-800 kV	9.000,00 €	3	27.000,00 €
TOTAL			105.000,00 €



6.5. LÍNEAS DE SALIDA 3, 4, 5,6 DE 132 kV

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Seccionador columna giratoria centra MESA SG3CT-145/1600	19.000,00€	8	152.000,00€
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-145	32.000,00 €	4	128.000,00 €
Autoválvula SIEMENS 3EL1	2.000,00 €	12	24.000,00 €
Transformador de intensidad ABB IMB 36-800 kV	9.000,00 €	12	108.000,00 €
Transformador de tensión CPB 72-800 kV	5.200,00 €	12	62.400,00 €
TOTAL			474.400,00 €

6.6. EMBARRADOS DE 220 Y 132 kV

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Seccionador giratorio de apertura central centra MESA SGCT-245/1600	18.000,00€	2	36.000,00€
Seccionador giratorio de apertura central centra MESA SGCT-145/1600	17.000,00 €	2	34.000,00 €
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-252	35.000,00 €	1	35.000,00 €
Interruptor Automático GEDigitalEnergy LW25-145	32.000,00 €	1	32.000,00 €
Transformador de tensión CPB 72-800 kV	5.200,00 €	6	31.200,00 €
TOTAL			168.200,00 €

6.7. EDIFICIO Y OBRA CIVIL

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Edificio de control	250.000,00€	1	250.000,00€
Obra civil - cimentaciones	100.000,00 €		100.000,00 €
TOTAL			350.000,00 €

6.8. CABINAS DE MT DE 15 kV

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Celda de línea SIEMENS 24kV	30.000,00€	6	180.000,00€
Celda de transformador SIEMENS 24kV	35.000,00 €	2	70.000,00 €
TOTAL			250.000,00 €



6.9. ESTRUCTURAS

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Estructuras metálicas y montaje	92.800,00€		92.800,00€
TOTAL			92.800,00 €

6.10. RED DE TIERRAS

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Malla de red de tierras	57.250,00€		57.250,00€
TOTAL			57.250,00 €

6.11. SERVICIOS AUXILIARES

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Transformador de Potencia 160 kVA ORMAZABAL	250.000,00 €	1	250.000,00 €
Aire Acondicionado 2500 W	3.500,00€	1	3.500,00€
Foco 250 W	500,00 €	26	13.000,00 €
Lampara fluorescente 2x36 W	120,00 €	18	2.160,00 €
Batería de CC	4.500,00 €	1	4.500,00 €
Cableado y conductores varios	5.750,00 €		5.750,00 €
Interruptores magnetotérmicos	690,00 €		690,00 €
TOTAL			279.600,00 €

6.12. EQUIPOS DE PROTECCION MEDIDA Y MANDO

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Relé de protección SEL 411L	9.710,00 €	2	19.420,00 €
Relé de protección ZIV IRF	7.000,00€	2	14.000,00€
Relé de protección SEL 487B	8.130,00 €	2	16.260,00 €
Relé de protección ZIV IRL-Z	5.000,00 €	2	10.000,00 €
Relé de protección SEL 487E	7.310,00 €	3	21.930,00 €
Relé de protección ZIV IDF	4.500,00 €	3	13.500,00 €
Contadores y equipos de medida	900,00 €		900,00 €
Unidad de control de posición SEL 451-5	5.010,00 €	1	5.010,00 €
TOTAL			101.020,00 €



6.13. AISLADORES, CONECTORES, EMPALMES Y UTILLAJES VARIOS

Detalle	Prec. unitario	Uds	Importe
Varios	33.700,00 €		33.700,00 €
TOTAL			33.700,00 €

6.14. RESUMEN PRESUPUESTO

A continuación, se mostrará un resumen del presupuesto total del costo de dicho proyecto:

APARTADO	IMPORTE
1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA	2.500.000,00 €
2. LINEAS DE ENTRADA 1 Y 2 DE 220 KV	292.000,00 €
3. LINEAS DE LOS TRANSFORMADORES DE 150 MVA	410.800,00 €
4. LINEA DEL TRANSFORMADOR DE 25 MVA	105.000,00 €
5. LINEAS DE SALIDA 3,4,5,6 DE 132 KV	474.400,00 €
6. EMBARRADOS DE 220 Y 132 KV	168.200,00 €
7. EDIFICIO Y OBRA CIVIL	350.000,00 €
8. CABINAS DE MT DE 15 KV	250.000,00 €
9. ESTRUCTURAS	92.800,00 €
10. RED DE TIERRAS	57.250,00 €
11. SERVICIOS AUXILIARES	279.600,00 €
12. EQUIPOS DE PROTECCION, MEDIDA Y MANDO	101.020,00 €
13. AISLADORES, CONECTORES, EMPALME Y UTILLAJE	33.700,00 €
TOTAL	5.114.770,00 €

Presupuesto	5.114.700,00 €
13% Gastos generales	664.920,10 €
6% Beneficio industrial	306.882,00 €
Suma	6.086.572,10 €
21% IVA	1.278.180,141 €
Presupuesto total de ejecución	7.364.752,25 €

El presupuesto de ejecución del presente proyecto asciende a la expresada cantidad de SIETE MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y CUATRO SETECIENTOS CINCUENTA Y DOS CON VEINTICINCO EUROS.

En Zaragoza, 23 de septiembre de 2022.

Fco. Javier Sánchez Hernández.