

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400 / 220 kV

COMUNIDAD AFECTADA

Aragón

TÉRMINO MUNICIPAL

Peñalba

	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 202404750	FECHA DE VISADO 02/12/2024
VISADO	
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA	
COLEGIADO/A Nº:	NOMBRE
11729 COIIM DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU	

Madrid, noviembre de 2024

Rfª: TI.S/2023/J-00G3-S0227

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

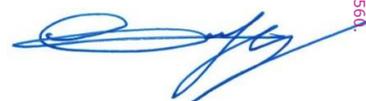
AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

ÍNDICE

		Nº DE PÁGINAS
DOCUMENTO 1	MEMORIA	29
ANEXO 1	CÁLCULOS PEÑALBA 400 KV	40
ANEXO 2	CÁLCULOS PEÑALBA 220 KV	40
DOCUMENTO 2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	09
ANEXO 1	REQUISITOS AMBIENTALES. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	17
ANEXO 2	ESTUDIO DE SEGURIDAD	16
DOCUMENTO 3	PLANOS	31
DOCUMENTO 4	PRESUPUESTO	06
DOCUMENTO 5 A	ESTUDIO CAMPOS MAGNÉTICOS PEÑALBA 400 KV	12
DOCUMENTO 5 B	ESTUDIO CAMPOS MAGNÉTICOS PEÑALBA 220 KV	12
DOCUMENTO 6	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS	4

Madrid, noviembre de 2024

El Ingeniero industrial

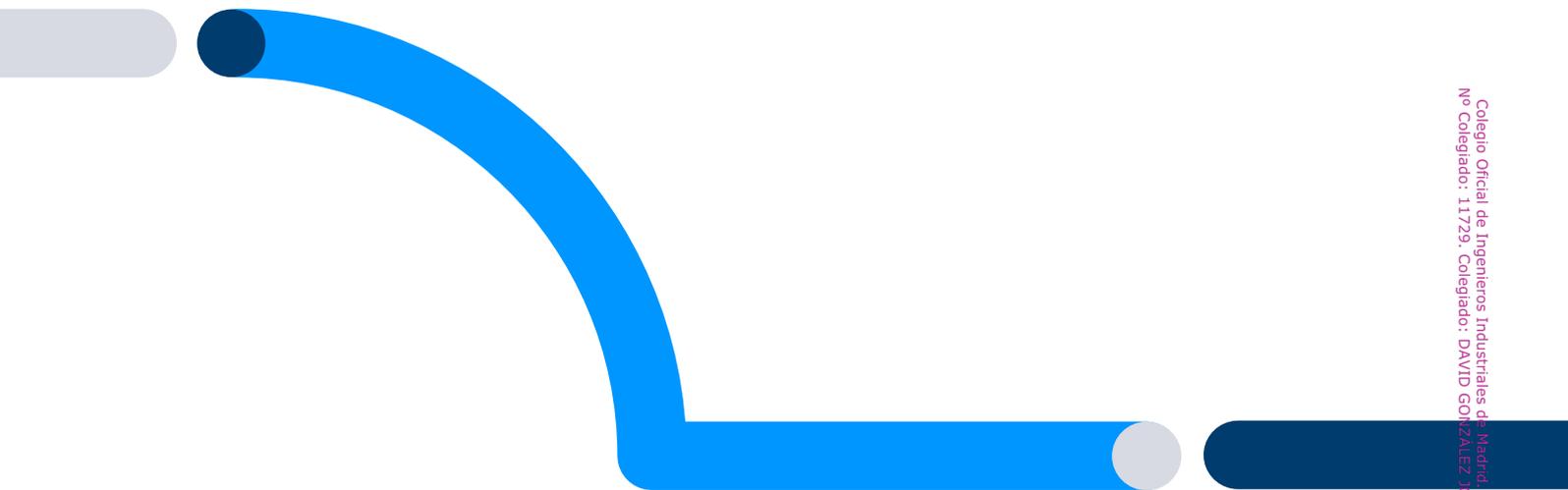


David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España, S.A.U.

red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

2.9.3	Cimentaciones, viales y canales de cables	24
2.9.4	Accesos	24
2.9.5	Edificios y casetas	24
2.9.6	Cerramiento	25
2.10	INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA	26
2.10.1	Alumbrado	26
2.10.2	Fuerza	26
2.11	SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO	26
3	NORMATIVA APLICADA	28
4	PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO	29

1.2 OBJETO

De conformidad con lo establecido en la referida Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico y en el 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, constituye el objeto del presente proyecto, **a efectos administrativos**, la aportación de los datos precisos para la obtención de la correspondiente resolución relativas a:

- **Autorización administrativa previa** para la subestación PEÑALBA 400/220 kV
 - Ampliación del parque de 400 kV (Interruptor y medio): Cuatro posiciones de interruptor y dos posiciones de transformador 400/ 220 de 600 MVA.
 - Nuevo parque de 220 KV(Doble barra): Una posición de Acoplamiento, dos posiciones de baja de transformador y dos posiciones de línea Mangraners 1 y Mangraners 2.
- **Autorización administrativa de construcción** para la subestación PEÑALBA 400/220 kV
 - Ampliación del parque de 400 kV (Interruptor y medio): Cuatro posiciones de interruptor y dos posiciones de transformador 400/ 220 KV de 600 MVA.
 - Nuevo parque de 220 KV (Doble barra): Una posición de Acoplamiento, dos posiciones de baja de transformador y dos posiciones de línea Mangraners 1 y Mangraners 2.
- **Declaración**, en concreto, **de Utilidad Pública**, tanto para la ampliación del parque de 400 KV como para el nuevo parque de 220 KV, con los efectos establecidos en el artículo 56 y siguientes de la Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

En el documento nº 6 “Relación de Bienes y Derechos”, se describen en sus aspectos material y jurídico los bienes y derechos de necesaria expropiación para el establecimiento de la instalación.

En relación a la ampliación del parque de 400 kV de la SE Peñalba, corresponde a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico emitir la resolución relativa a la autorización administrativa previa, autorización administrativa de construcción y declaración, en concreto, de utilidad pública y a la Dependencia de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en Huesca la tramitación del expediente administrativo sobre la petición de las referidas resoluciones.

En relación al nuevo parque de 220 kV de la SE Peñalba, corresponde a la Dirección General de Energía y Minas del Gobierno de Aragón emitir la resolución relativa a la autorización administrativa previa, autorización administrativa de construcción y declaración, en concreto, de utilidad pública.

Al tratarse de una instalación de la red de transporte de energía eléctrica, se hace constar que, a su vez, el presente proyecto de ejecución deberá tramitarse expresamente en los correspondientes requerimientos de informes o condicionados a las administraciones con competencia urbanística y de ordenación del territorio a los efectos de lo establecido en las disposiciones adicionales duodécima, segunda y tercera de la Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas (B.O.E. de 24/05/2003 y en la Disposición Adicional séptima de la Ley 1/2021, de 11 de febrero, de simplificación administrativa de Aragón (BOA de 23-02-2021) respectivamente.

El presente proyecto se somete a evaluación de impacto ambiental ordinaria. Dicha evaluación ambiental estará sujeta a lo dispuesto en el art. 33 y posteriores de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, modificada por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, quedando incluido en el Anexo I de dicha Ley, concretamente en el grupo 3, apartado g), ya que se trata de una subestación asociada a una línea de transporte eléctrico con un voltaje de 220 kV y una longitud superior a 15 km.

El presente proyecto de ampliación de la subestación eléctrica Peñalba se incluye en el mismo Estudio de Impacto Ambiental que la línea eléctrica a 220 kV Mangraners-Peñalba.

El órgano ambiental competente para el parque de 400 kV es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, al tratarse de una instalación de la red de transporte eléctrico primario, mientras que el

órgano ambiental competente para el parque de 220 kV es el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA), del Gobierno de Aragón, al tratarse de una instalación de la red de transporte eléctrico secundario.

Asimismo, en el orden técnico, su objeto es informar de las características de la instalación proyectada, así como mostrar su adaptación a lo establecido en el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

1.3 RELACIÓN DE ADMINISTRACIONES, ORGANISMOS O EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO O SERVICIOS DE INTERÉS GENERAL, EN LA PARTE QUE LA INSTALACIÓN PUEDA AFECTAR A BIENES Y DERECHOS A SU CARGO

- Excmo. Ayuntamiento de Peñalba (Comarca de Los Monegros)
- Consejo Provincial de Urbanismo de HUESCA. Gobierno de Aragón
- ADIF
- Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA). Gobierno de Aragón.
- Dirección General de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Departamento de Fomento, Vivienda, Logística y Cohesión Territorial. Gobierno de Aragón.
- Dirección General de Medio Natural, Caza y Pesca. Departamento de Medio Ambiente y Turismo. Gobierno de Aragón.
- Dirección General del Patrimonio Cultural. Departamento de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de Aragón.
- Dirección General de Interior y Emergencias. Departamento de Hacienda, Interior y Administración Pública. Gobierno de Aragón.
- Dirección General de Salud Pública. Departamento de Sanidad. Gobierno de Aragón.
- Comarca de los Monegros.
- Asociación Naturalista de Aragón (ANSAR).
- Ecologistas En Acción De Aragón.
- Ecologistas en Acción Coda (Confederación Nacional).

1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Parque de 400 kV (Interruptor y Medio)

- **Nuevas posiciones de interruptor a instalar:**

Número de posiciones equipadas: 4

- **Características:**

Tecnología	AIS
Instalación	Convencional exterior
Configuración	Interruptor y medio
Intensidad de cortocircuito de corta duración	50 kA

- **Transformadores:**

Número: 2 (ATP-1, ATP-2)

Número de devanados. 3

Relación de transformación: 400/220/24 kV

Potencia: 600 MVA (3x200 MVA)

Configuración: 3 unidades monofásicas conectadas en configuración trifásica por cada uno de los dos bancos de transformación

Parque de 220 kV (Doble Barra)

- **Nuevas posiciones de interruptor a instalar:**

Número de posiciones equipadas: 5

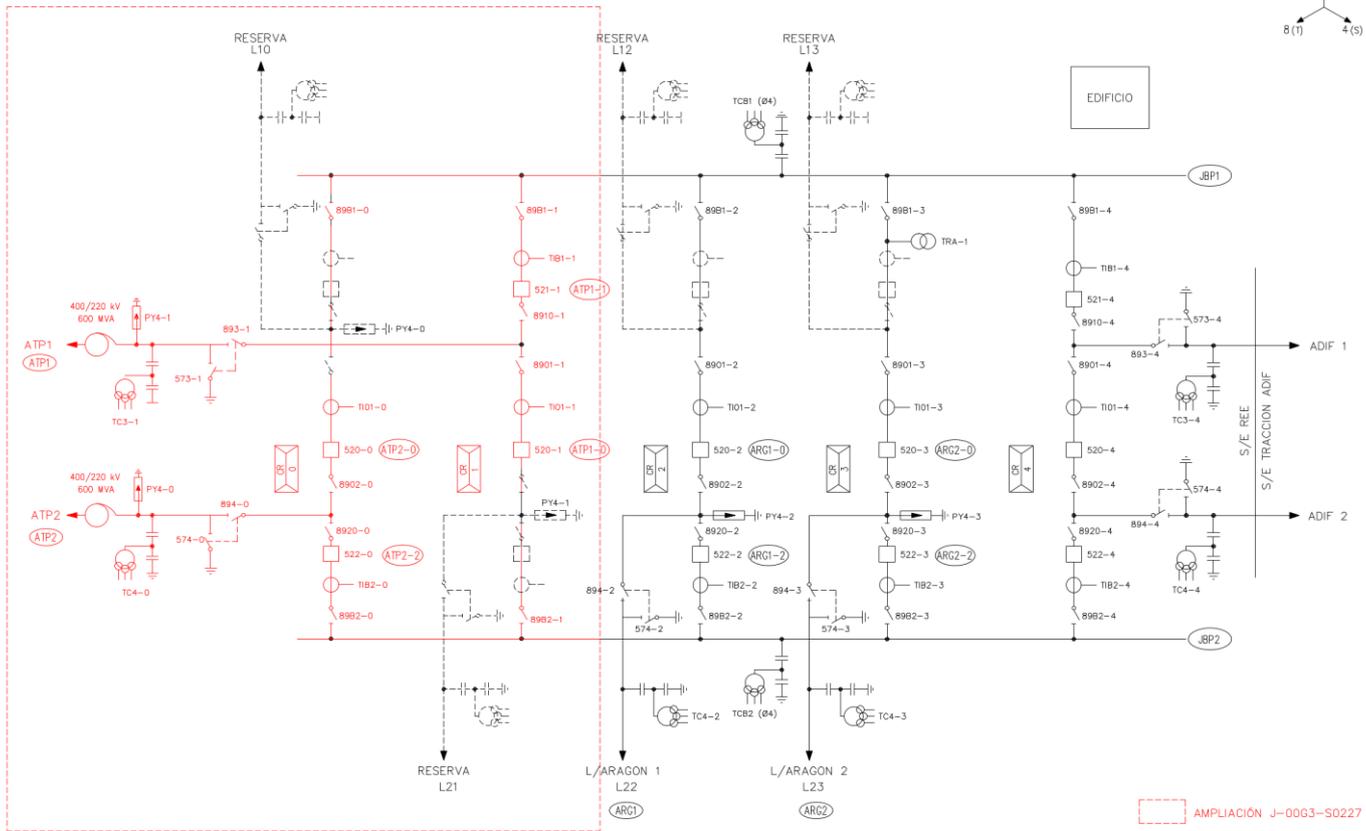
- **Características:**

Tecnología	AIS
Instalación	Convencional exterior
Configuración	Doble Barra
Intensidad de cortocircuito de corta duración	40 kA

1.5 ESQUEMA DE LA ACTUACIÓN

La actuación consiste en la ampliación subestación PEÑALBA 400 kV tipo AIS con configuración de Interruptor y medio y la construcción de un nuevo parque de 220 kV con configuración de doble barra.

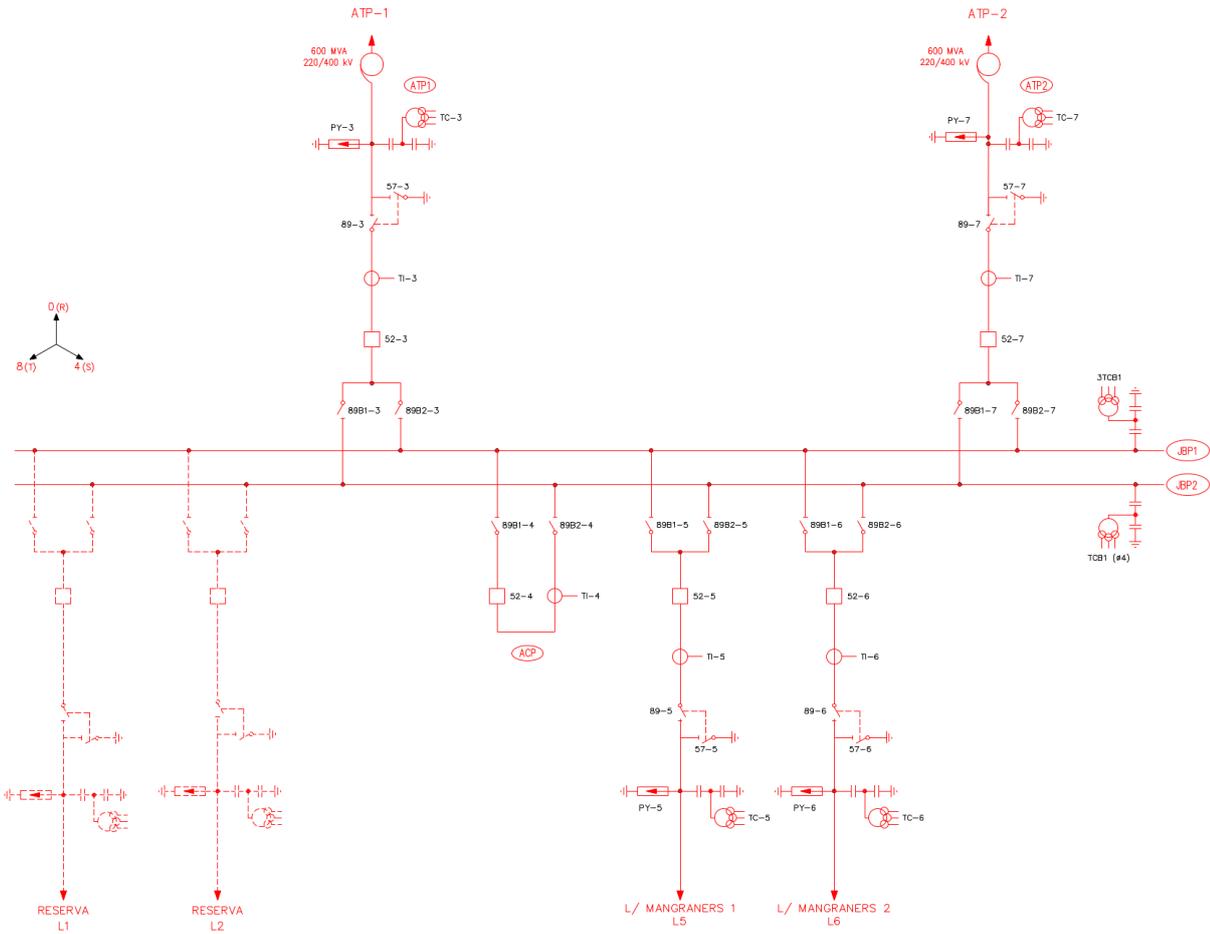
El esquema **unifilar del parque de 400 kV** donde se recogen las actuaciones a realizar se muestra a continuación.



Subestación eléctrica PEÑALBA, parque 400 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 No Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

El esquema **unifilar del parque de 220 kV** donde se recogen las actuaciones a realizar se muestra a continuación.



Subestación eléctrica PEÑALBA, parque 220 kV

2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS EN LA SUBESTACIÓN DE PEÑALBA

2.1 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

2.1.1 Características básicas y emplazamiento

La subestación de PEÑALBA 400/220 kV está situada en el término municipal de Peñalba, provincia de Huesca, Comunidad Autónoma de Aragón.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Atendiendo las características ambientales del emplazamiento seleccionado esta instalación se realiza con tecnología AIS.

De acuerdo con los criterios establecidos en el *Procedimiento de Operación 13.3 Instalaciones de la Red de Transporte: Criterios de diseño, requisitos mínimos y comprobación de equipamiento y puesta en servicio* aprobado en resolución de 11 de Febrero de 2005, de la Secretaría General de la Energía, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se ha proyectado que el parque de 400 kV de la subestación PEÑALBA se construya con configuración de Interruptor y medio.

2.1.2 Hipótesis de diseño

• Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar..... 353 m
- Temperaturas extremas + 40° C/-20° C
- Contaminación ambiental Bajo
- Nivel de niebla..... Medio

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

Los embarrados y tendidos altos se han diseñado considerando la Zona A según "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008" y para el resto de la instalación con las sobrecargas consideradas en el Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE "Seguridad Estructural Acciones en la Edificación" del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, de Ministerio de la Vivienda.

Respecto a las acciones sísmicas, la norma NCSR-02 contempla la necesidad de su aplicación en construcciones de especial importancia, como ésta, cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04 g, siendo en Peñalba de < 0,04g por lo que no se tendrán en cuenta estas acciones sísmicas.

• Datos de cortocircuito

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de 50 kA en el parque de 400 kV.

Las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte futuro para el parque de 400 kV son las siguientes:

- Monofásica..... 18,74 kA
- Trifásica..... 19,43 kA

Estos valores son menores que los de la intensidad de cortocircuito de corta duración de diseño.

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de 40 kA en el parque de 220 kV.

Las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte futuro para el parque de 220 kV son las siguientes:

- Monofásica..... 23,93 kA
- Trifásica..... 25,23 kA

Estos valores son menores que los de la intensidad de cortocircuito de corta duración de diseño.

• Datos del terreno a efectos de la red de tierras

A efectos de cálculo se considera una resistividad del terreno de 200 ohm*m.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

2.2.1 Descripción general de la instalación

El parque de 400 kV en la subestación de PEÑALBA responde a las siguientes características principales:

- Tensión nominal 400 kV
- Tensión más elevada para el material (Um) 420 kV
- Tecnología AIS
- Instalación Convencional exterior
- Configuración Interruptor y medio
- Intensidad de cortocircuito de corta duración 50 kA

El parque de 220 kV en la subestación de PEÑALBA responde a las siguientes características principales:

- Tensión nominal 220 kV
- Tensión más elevada para el material (Um) 245 kV
- Tecnología AIS
- Instalación Convencional exterior
- Configuración Doble Barra
- Intensidad de cortocircuito de corta duración 40 kA

2.2.2 Configuración y disposición general de la instalación

PARQUE PEÑALBA 400 KV: Interruptor y medio

Calle/ celda	Existente		Con la ampliación		
	Posición	Nº de interruptores	Posición	Nº de interruptores	Nº de interruptores nuevos
0 JBP1	Reserva	0	0	0	0
0 CENTRAL	CENTRAL	0	1	1	1
0 JBP2	ATP-2	0	1	1	1
1 JBP1	ATP-1	0	1	1	1

1 CENTRAL	CENTRAL	0	1	1	1
1 JBP2	Reserva	0	0	0	0
2 JBP1	Reserva	0	0	0	0
2 CENTRAL	CENTRAL	1	1	1	0
2 JBP2	ARG1	1	1	1	0
3 JBP1	Reserva	0	0	0	0
3 CENTRAL	CENTRAL	1	1	1	0
3 JBP2	ARG2	1	1	1	0
4 JBP1	ADIF 1	1	1	1	0
4 CENTRAL	CENTRAL	1	1	1	0
4 JBP2	ADIF 1	1	1	1	0

PARQUE PEÑALBA 220 KV: Doble Barra

Calle	Existente		Con la ampliación		
	Posición	Nº de interruptores	Posición	Nº de interruptores	Nº de interruptores nuevos
7	AT-2	0	1	1	1
6	Mangraners 2	0	1	1	1
5	Mangraners 1	0	1	1	1
4	ACP	0	1	1	1
3	AT-1	0	1	1	1
2	Reserva	0	0	0	0
1	Reserva	0	0	0	0

La configuración y disposición general de la instalación queda reflejada en los planos: esquema unifilar simplificado, planta general y secciones generales del Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

2.3 SISTEMA ELÉCTRICO

2.3.1 Magnitudes eléctricas Peñalba 400/220 KV

Las magnitudes eléctricas básicas de diseño adoptadas para el parque de Peñalba **400 kV**:

- Tensión nominal 400 kV
- Tensión más elevada para el material (Ve) 420 kV
- Neutro Rígido a tierra
- Intensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz)..... 50 kA
- Tiempo de extinción de la falta 0,5 seg
- Nivel de aislamiento:
- Tensión soportada a impulso tipo maniobra 1.050 kV

- Tensión soportada a impulso tipo rayo 1.425 kV
- Línea de fuga mínima para aisladores..... 10.500 mm (25 mm/kV)

Las magnitudes eléctricas básicas de diseño adoptadas para el parque de Peñalba **220 kV**:

- Tensión nominal 220 kV
- Tensión más elevada para el material (Ve) 245 kV
- Neutro Rígido a tierra
- Intensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz) 40 kA
- Tiempo de extinción de la falta 0,5 seg
- Nivel de aislamiento:
- Tensión soportada a frecuencia industrial 460 kV
- Tensión soportada a impulso tipo rayo 1.050 kV
- Línea de fuga mínima para aisladores..... 6.125 mm (25 mm/kV)

2.3.2 Distancias

Las distancias mínimas adoptadas para el **parque de Peñalba 400 kV** son las indicadas a continuación según las magnitudes eléctricas indicadas y la normativa aplicable.

- **Para conductores rígidos (embarrados de interconexión):**

Distancias fase-tierra:

- Conductor-estructura..... 2.600 mm

Distancias fase-fase:

- Conductores paralelos..... 3.600 mm
- Punta-conductor 4.200 mm

Las distancias adoptadas son válidas, dado que la altura de la instalación sobre el nivel del mar es inferior a 1.000 m.

- **Para conductores tendidos:**

Este tipo de conductores se verán sometidos bajo ciertas condiciones de defecto a movimientos de gran amplitud, los cuales, y durante algunos instantes, aproximan entre sí a los conductores de fase hasta unas distancias inferiores a las normalizadas.

Por consiguiente, es posible considerar unas distancias mínimas temporales de aislamiento inferiores a las normalizadas ya que debe tenerse en cuenta que:

Los tipos de sobretensiones a considerar son reducidos y sólo deben considerarse aquellas que pudieran ser simultáneas al propio defecto de cortocircuito y con más precisión al momento en el que los conductores se aproximan.

No es por lo tanto, necesario considerar sobretensiones de tipo rayo, ya que es altamente improbable que coincidan con un cortocircuito entre fases.

Por otro lado, la longitud de vano que experimenta la reducción de la distancia de aislamiento es pequeña, y su duración es muy reducida, de forma que la posibilidad de fallo se hace mínima. En este sentido, hay que tener en cuenta que, en el caso de conductores rígidos se elimina la posibilidad de una falta producida por el movimiento de los conductores tras una falta en las salidas de línea.

Basándose en lo anterior, se adoptan las siguientes distancias de aislamiento temporal en conexiones tendidas:

- Conductor-estructura..... 1.550 mm
- Conductor-conductor..... 1.800 mm

Para la determinación de este tipo de distancias, se han tenido en cuenta los siguientes criterios básicos de implantación:

- Las distancias serán tales que permitirán el paso del personal y herramientas por todos los puntos del parque de Convencional exterior bajo los elementos en tensión sin riesgo alguno.
- Deberán permitir el paso de vehículos de transporte y de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos de calles en descargo, bajo el criterio de gálibos estipulados.

No se han tenido en cuenta, por lógica, las exigencias que se deriven de la realización de trabajos de conservación bajo tensión. En estos casos será necesario aumentar las distancias entre fases con respecto a la disposición física preestablecida, con lo que el resto de los condicionantes se cumplirá con un margen mayor.

Al considerar todo lo anterior, y de acuerdo con lo que se indica, se establecerán las siguientes distancias en el parque de 400 kV:

- Entre ejes de aparellaje..... 5.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos..... 6.000 mm
- Anchura de calle..... 20.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos 7.500 mm
- Altura de embarrados principales altos..... 13.500 mm
- Altura de tendidos altos 20.450 mm

Como se puede observar, las distancias mínimas son muy superiores a la preceptuada en la normativa.

Con respecto a la altura de las partes en tensión sobre viales y zonas de servicio accesibles al personal, la normativa, prescribe una altura mínima de 2.300 mm a zócalo de aparatos, lo que se garantizará con las estructuras soporte del aparellaje.

Las distancias mínimas adoptadas para el **parque de Peñalba 220 kV** son las indicadas a continuación según las magnitudes eléctricas indicadas y la normativa aplicable.

- **Para conductores rígidos (embarrados de interconexión):**

Distancias fase-tierra:

- Conductor-estructura..... 2.100 mm

Distancias fase-fase:

- Conductores paralelos..... 2.100 mm
- Punta-conductor 2.100 mm

Las distancias adoptadas son válidas, dado que la altura de la instalación sobre el nivel del mar es inferior a 1.000 m.

- **Para conductores tendidos:**

Este tipo de conductores se verán sometidos bajo ciertas condiciones de defecto a movimientos de gran amplitud, los cuales, y durante algunos instantes, aproximan entre sí a los conductores de fase hasta unas distancias inferiores a las normalizadas.

Por consiguiente, es posible considerar unas distancias mínimas temporales de aislamiento inferiores a las normalizadas ya que debe tenerse en cuenta que:

Los tipos de sobretensiones a considerar son reducidos y sólo deben considerarse aquellas que pudieran ser simultáneas al propio defecto de cortocircuito y con más precisión al momento en el que los conductores se aproximan.

No es por lo tanto, necesario considerar sobretensiones de tipo rayo, ya que es altamente improbable que coincidan con un cortocircuito entre fases.

Por otro lado, la longitud de vano que experimenta la reducción de la distancia de aislamiento es pequeña, y su duración es muy reducida, de forma que la posibilidad de fallo se hace mínima. En este sentido, hay que tener en cuenta que, en el caso de conductores rígidos se elimina la posibilidad de una falta producida por el movimiento de los conductores tras una falta en las salidas de línea.

Basándose en lo anterior, se adoptan las siguientes distancias de aislamiento temporal en conexiones tendidas:

- Conductor-estructura..... 1.100 mm
- Conductor-conductor..... 1.100 mm

Para la determinación de este tipo de distancias, se han tenido en cuenta los siguientes criterios básicos de implantación:

- Las distancias serán tales que permitirán el paso del personal y herramientas por todos los puntos del parque de Convencional exterior bajo los elementos en tensión sin riesgo alguno.
- Deberán permitir el paso de vehículos de transporte y de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos de calles en descargo, bajo el criterio de gálibos estipulados.

No se han tenido en cuenta, por lógica, las exigencias que se deriven de la realización de trabajos de conservación bajo tensión. En estos casos será necesario aumentar las distancias entre fases con respecto a la disposición física preestablecida, con lo que el resto de los condicionantes se cumplirá con un margen mayor.

Al considerar todo lo anterior, y de acuerdo con lo que se indica, se establecerán las siguientes distancias en el parque de 220 kV:

- Entre ejes de aparellaje..... 4.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos..... 4.000 mm
- Anchura de calle..... 13.500 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos 6.000 mm
- Altura de embarrados principales altos..... 10.500 mm
- Altura de tendidos altos 14.950 mm

Como se puede observar, las distancias mínimas son muy superiores a la preceptuada en la normativa.

Con respecto a la altura de las partes en tensión sobre viales y zonas de servicio accesibles al personal, la normativa, prescribe una altura mínima de 2.300 mm a zócalo de aparatos, lo que se garantizará con las estructuras soporte del aparellaje.

2.3.3 Embarrados

Los conductores del **parque de 400 kV** estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 7,5 m de altura. Se realizarán con tubo de aluminio.
- Embarrados altos, barras principales de tubo de aluminio a 13,5 m de altura en configuración apoyada sobre aisladores soporte.
- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 20,45 m de altura.
- **Embarrados en tubo**

Las características de los tubos destinados a los embarrados principales de 400 kV serán las siguientes:

- Aleación AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior 250/228 mm
- Sección total del conductor..... 8.259 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85° C 7.824 A

Las características de los tubos destinados a la interconexión del aparellaje serán las siguientes:

- Aleación AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior 150/134 mm
- Sección total del conductor..... 3.569 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85° 4.408 A

Los tubos no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas continuas y en tramos conformados, cortados y curvados en fábrica, debiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

En todos los tramos superiores a 6 m se ha previsto la instalación en el interior de la tubería de cables de amortiguación. Estos serán del mismo tipo y características indicados para los embarrados en cable en formación simple.

- **Disposición y tipo de embarrado**

Se adaptará al nivel en que los conductores están dispuestos en el parque de 400 kV:

- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 20,45 m de altura.

- **Embarrados con cable**

Los tendidos altos estarán formados por cables de aluminio con alma de acero tendrá con la siguiente configuración y características:

- Formación Duplex
- Tipo Lapwing
- Sección total del conductor..... 861,33 mm²
- Diámetro exterior..... 38,16 mm
- Intensidad admisible permanente a 35° C de temperatura ambiente y 85° C en conductor 2.846 A

El amarre de las conexiones tendidas a los pórticos se realizará mediante doble cadena de aisladores de vidrio y contemplada con la piecería adecuada.

La unión entre conductores y entre éstos y el aparellaje se realizará mediante piezas de conexión pro-vistas de tornillos de diseño embutido, y fabricadas según la técnica de la masa anódica.

Los conductores del **parque de 220 kV** estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 6 m de altura. Se realizarán con tubo de aluminio.
- Embarrados altos, barras principales de tubo de aluminio a 10,5 m de altura en configuración apoyada sobre aisladores soporte.
- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 14,95 m de altura.

- **Embarrados en tubo**

Las características de los tubos destinados a los embarrados principales de 220 kV serán las siguientes:

- Aleación AlMgSiO, 5 F22

- Diámetros exterior/interior 150/134 mm
- Sección total del conductor..... 3.569 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85° C 4.408 A

Las características de los tubos destinados a la interconexión del aparellaje serán las siguientes:

- Aleación AlMgSiO, 5 F22
- Diámetros exterior/interior 100/88 mm
- Sección total del conductor..... 1.772 mm²
- Intensidad admisible permanente a 85° 2.040 A

Los tubos no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas continuas y en tramos conformados, cortados y curvados en fábrica, debiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

En todos los tramos superiores a 6 m se ha previsto la instalación en el interior de la tubería de cables de amortiguación. Estos serán del mismo tipo y características indicados para los embarrados en cable en formación simple.

- **Disposición y tipo de embarrado**

Se adaptará al nivel en que los conductores están dispuestos en el parque de 220 kV:

- Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 14,95 m de altura.

- **Embarrados con cable**

Los tendidos altos estarán formados por cables de aluminio con alma de acero tendrá con la siguiente configuración y características:

- Formación Duplex
- Tipo Rail
- Sección total del conductor..... 516,82 mm²
- Diámetro exterior..... 29,61 mm
- Intensidad admisible permanente a 35° C de temperatura ambiente y 85° C en conductor 2.064 A

El amarre de las conexiones tendidas a los pórticos se realizará mediante doble cadena de aisladores de vidrio y contemplada con la piecería adecuada.

La unión entre conductores y entre éstos y el aparellaje se realizará mediante piezas de conexión provistas de tornillos de diseño embutido, y fabricadas según la técnica de la masa anódica.

2.3.4 Características de la aparamenta

Se relaciona a continuación el aparellaje de la instalación, con el nivel de aislamiento definido anteriormente (AIS) en el **parque de 400 kV**.

Equipos con aislamiento en Aire

- **Interruptores automáticos:**

- Tensión más elevada 420 kV
- Intensidad nominal 4.000 A
- Intensidad límite térmica..... 50 kA
- Frecuencia nominal 50 Hz
- Tipo de mando Resortes

- Tecnología cámara de corte SF6
- **Transformadores de intensidad:**
- Tensión más elevada 420 kV
- Intensidad límite térmica..... 50 kA

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Transformadores de tensión:**
- Tensión más elevada 420 kV
- Factor de tensión nominal en servicio continuo 1,2

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Seccionadores de barras:**

Los seccionadores de barras del Parque de 400 kV serán de tipo pantógrafo, de mando monopolar y motorizado, y con las siguientes características:

- Tensión más elevada 420 kV
- Intensidad nominal 3.150 A
- Intensidad límite térmica..... 50 kA
- Tipo de seccionador Pantógrafo
- Tipo de mando Monopolar motorizado

- **Seccionadores de línea:**

- Tensión más elevada 420 kV
- Intensidad nominal 3.150 A
- Intensidad límite térmica..... 50 kA
- Intensidad límite dinámica 125 kA (valor cresta)
- Frecuencia nominal 50 Hz
- Tipo de seccionador Rotativo
- Tipo de mando Monopolar motorizado

- **Seccionadores de aislamiento (seccionadores de posición):**

- Tensión más elevada 420 kV
- Intensidad nominal 3.150 A
- Intensidad límite térmica..... 50 kA
- Tipo de seccionador Rotativo
- Tipo de mando Monopolar motorizado

- **Seccionadores de Puesta a Tierra: Tripolar, con cuchilla de puesta a tierra, de mando unipolar motorizado, y de las siguientes características:**

- Tensión más elevada 420 kV
- Intensidad límite térmica..... 50 kA.

- **Pararrayos:**

Se dispondrán autoválvulas con las siguientes características:

- Tensión nominal 360 kV
- Tensión operación continua..... >266 kV
- Intensidad nominal de descarga..... 20 kA

- **Aisladores de apoyo:**

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales del parque de 400 kV se seleccionan con larga línea de fuga (LFN) y tienen las siguientes características:

- Tipo C16-1425
- Carga de rotura a flexión 16.000 N
- Carga de rotura a torsión 6.000 Nm
- Longitud línea de fuga ≥ 10.500 mm

Se relaciona a continuación el aparellaje de la instalación, con el nivel de aislamiento definido anteriormente (AIS) en el **parque de 220 kV**.

Equipos con aislamiento en Aire

- **Interruptores automáticos:**

- Tensión más elevada 245 kV
- Intensidad nominal 3.150 A
- Intensidad límite térmica..... 40 kA
- Frecuencia nominal 50 Hz
- Tecnología cámara de corte SF6

- **Transformadores de intensidad:**

- Tensión más elevada 245 kV
- Intensidad límite térmica..... 40 kA

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Transformadores de tensión:**

- Tensión más elevada 245 kV
- Factor de tensión nominal en servicio continuo 1,2

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

- **Seccionadores de barras:**

Los seccionadores de barras del Parque de 220 kV serán de tipo pantógrafo , de mando tripolar, y con las siguientes características:

- Tensión más elevada 245 kV
- Intensidad nominal 2.000 A
- Intensidad límite térmica..... 40 kA

- Tipo de seccionador Pantógrafo
- Tipo de mando Monopolar motorizado
- **Seccionadores de línea:**
- Tensión más elevada 245 kV
- Intensidad nominal 2.000 A
- Intensidad límite térmica..... 40 kA
- Intensidad límite dinámica 100 kA (valor cresta)
- Frecuencia nominal 50 Hz
- Tipo de seccionador Rotativo
- Tipo de mando Tripolar motorizado
- **Seccionadores de Puesta a Tierra: Tripolar, con cuchilla de puesta a tierra, de mando tripolar motorizado, y de las siguientes características:**
- Tensión más elevada 245 kV
- Intensidad límite térmica..... 40 kA.

- **Pararrayos:**

Se dispondrán autoválvulas con las siguientes características:

- Tensión nominal 198 kV
- Tensión operación continua..... >152 kV
- Intensidad nominal de descarga..... 10 kA

- **Aisladores de apoyo:**

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales del parque de 220 kV se seleccionan como línea de fuga normal (LNF) y tienen las siguientes características:

- Tipo C10-1050 (LNF)
- Carga de rotura a flexión 10000 N
- Carga de rotura a torsión 4000 Nm
- Longitud línea de fuga 6125 mm

2.4 RED DE TIERRAS

2.4.1 Red de tierras inferiores

Con el fin de conseguir tensiones de paso y contacto seguras, la subestación está dotada de una malla de tierras inferiores formada por cable de cobre, enterrada en el terreno, formando retículas que se extienden por todas las zonas ocupadas por las instalaciones, incluidas cimentaciones, edificios y cerramiento.

Se conectarán a la red de tierras de la subestación todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pudieran estarlo como consecuencia de averías, sobretensiones por descargas atmosféricas o tensiones inductivas, como la estructura metálica, las bases del aparellaje y los neutros de transformadores de medida, etc.

Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales, que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

Para la comprobación de las condiciones de seguridad de la red de tierras se consideran las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte futuro (ver el apartado 2.1.2). En el desarrollo final de la instalación, la malla de tierra se dimensiona para soportar las intensidades de cortocircuito de corta duración de diseño.

En el Anexo de Cálculos se han reflejado los datos y cálculos de la malla a instalar. Este sistema de puesta a tierra aparece reflejado en el Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

2.4.2 Red de tierras superiores

Con el objeto de proteger los equipos de descargas atmosféricas directas, la subestación está dotada con una malla de tierras superiores, unida a la malla de tierra de la instalación a través de robustos elementos metálicos, lo que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla y la protección frente a descargas atmosféricas de toda la instalación.

2.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas y soportes del aparellaje complementario de las nuevas posiciones, se han diseñado con perfiles de acero. Todas las estructuras y soportes serán galvanizados en caliente como protección contra la corrosión.

Para el anclaje de estas estructuras, se dispondrán cimentaciones adecuadas a los esfuerzos que han de soportar, construidas a base de hormigón y en las que quedarán embebidos los pernos de anclaje correspondientes.

2.6 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN

2.6.1 Sistemas de control

El sistema de control de la instalación está formado por una unidad central con equipos redundados, puesta de operación duplicado y unidades locales distribuidas. La unidad central redundada es la encargada de comunicarse con los despachos de operación.

La captación de la información necesaria para la operación local o remota (telecontrol) y la funcionalidad de control (mando, alarmas y señalizaciones) se ejecuta a cargo de las unidades locales de control de posición.

2.6.2 Sistemas de protecciones

Conforme a lo requerido en los “Criterios generales de protección” se define un sistema basado en dos sistemas de protección independientes que garantizan el despeje de las perturbaciones (faltas) en tiempos inferiores al tiempo crítico de la instalación.

Para los diferentes elementos de la subestación se consideran el siguiente equipamiento:

- **Embarrados:**

En el parque de 400 kV de interruptor y medio, se ampliará el sistemas de protección independiente con función de protección diferencial (87B)

En el parque de 220 KV de doble barra, se prevé la instalación de un sistema de protección con función diferencial (87B)

- **Acoplamientos (transversales):**

En cada posición se prevé la instalación de un bastidor de relés equipado con un sistema de protección con las siguientes funciones principales:

- Funciones de distancia (21) para como función de respaldo.
- Sobreintensidad (51, 51N), sobre intensidad direccional de neutro (67N).

- Localizador de faltas y oscilografía.
- Funciones de interruptor (fallo de interruptor, sincronismo, mínima tensión, discordancia de polos, vigilancia de circuitos de disparo).
- Funciones de monitorización y medida.

La solución de deja preparada para equiparlo con un segundo sistema de protección cuando sea preciso (situaciones de emergencia, etc).

- **Líneas:**

En cada posición se prevé la instalación de un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones principales:

- Función diferencial (87).
- Funciones de distancia (21).
- Función de protección de calle (50C) en el caso de interruptor y medio
- Reenganche (79). En el caso de líneas completamente soterradas, no se activa esta función. En el caso de líneas con tramos soterrados y tramos aéreos, se incluye la función PSOT que evita el reenganche cuando la falta es en el tramo soterrado.
- Sobreintensidad (51, 51N), sobre intensidad direccional de neutro (67N)
- Localizador de faltas y oscilografía.
- Protección contra sobretensiones (59).
- Funciones de interruptor (fallo de interruptor, sincronismo, mínima tensión, discordancia de polos, vigilancia de circuitos de disparo)
- Funciones de monitorización y medida

- **Transformadores:**

En cada posición se prevé la instalación de un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones principales:

- Protección de principio diferencial (87).
- Protección de distancia (21).
- Protección de calle (50C) en el caso de interruptor y medio
- Sobreintensidad (51, 51N), sobre intensidad direccional de neutro (67N)
- Oscilografía.
- Funciones de interruptor (fallo de interruptor, sincronismo, acoplador de redes, mínima tensión, discordancia de polos, vigilancia de circuitos de disparo)
- Funciones de monitorización y medida
- Protecciones eléctricas del transformador (temperatura, imagen térmica, buchholz, liberador de presión, etc.)

2.7 SERVICIOS AUXILIARES

Se ampliarán y reforzarán los servicios auxiliares del parque de 400 kV y se instalarán servicios auxiliares independientes en el parque de 220 kV.

Los servicios auxiliares de la subestación se dividen en Servicios Auxiliares de Corriente Alterna (ca) y Servicios Auxiliares de Corriente Continua (cc). Las tensiones nominales serán 400/230 V, 50 Hz de c.a. y 125 V y 48 V de c.c.

Servicios Auxiliares de Corriente Alterna.

Rfª: TI.S/2023/J-00G3-S0227

Proyecto Técnico Administrativo

Se contemplan las siguientes posibles fuentes de alimentación de c.a. a la ampliación subestación:

- Alimentación desde el terciario del transformador de potencia
- Alimentación desde una línea de M.T.
- Grupo electrógeno.
- Apoyo monofásico 220/127 desde la subestación de ADIF.

Las fuentes de alimentación que se equipen, alimentarán un Cuadro Principal de Corriente Alterna que dispone de dos barras unidas por un interruptor de acoplamiento. La conmutación de las fuentes de alimentación principales es automática y se realiza en el Cuadro Principal de Corriente Alterna mediante un autómata programable.

Las condiciones de explotación de la instalación dependerán del tipo de fuente de alimentación que se tenga.

Servicios Auxiliares de Corriente Continua.

Desde el Cuadro Principal de Corriente Alterna se alimenta a los equipos rectificador-batería que constituyen las fuentes autónomas que dan seguridad funcional a la Subestación Eléctrica. Cada equipo rectificador-batería podrá alimentarse de manera conmutada desde ambas barras del Cuadro Principal de Corriente Alterna.

El Cuadro Principal de Corriente Continua de 125 Vcc, está formado por dos juegos de barras con acoplamiento. Cada uno de uno de estos juegos está alimentado, en condiciones normales, desde su correspondiente equipo rectificador-batería de 125 Vcc. Este cuadro da, entre otros, servicio a las alimentaciones necesarias de control y de maniobra.

El Cuadro Principal de Corriente Continua de 48 Vcc, estará formado por dos juegos de barras cada uno de ellos alimentado desde el correspondiente equipo rectificador-batería de 48Vcc. El diseño de este cuadro garantiza la alimentación permanente y la conmutación de las fuentes sin paso por cero, para aquellas salidas en las que esta condición es esencial.

2.8 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Se ha previsto complementar la red de telecomunicaciones existente y se instalará una red de telecomunicaciones con los equipos precisos que permitan asegurar el correcto funcionamiento del telecontrol y del telemando, de los sistemas de protección y de las necesidades de telegestión remota de los equipos de la instalación.

Telecomunicaciones para funciones de protección y telecontrol

Para la comunicación que requiere las funciones de protecciones de línea, de telecontrol y los servicios propios de telecomunicaciones se ha previsto desplegar equipos de transmisión (basados en tecnología MPLS, WDM o SDH) que a su vez están soportados por la red de fibra óptica.

Las protecciones de distancia, interruptor y otras que requieran de la funcionalidad de teledisparo serán conectadas a teleprotecciones, equipadas con suficientes órdenes para satisfacer el servicio requerido.

Red de fibra óptica en la subestación

Se ha previsto una red de fibra óptica, en configuración de doble estrella con cables de fibra multimodo, desde el armario de fibra multimodo, hasta las dependencias, interiores o exteriores del edificio, que requieren servicios de comunicación de protecciones, servicios de telecontrol, telegestión, sincronización horaria y telefonía, dando con ello servicio a las nuevas posiciones.

Telegestión de protecciones, sistemas de telecontrol y equipos de comunicaciones.

Todos los equipos de protecciones, telecontrol y comunicaciones asociados a la posición de este proyecto van a ser telegestionados, por medio de su conexión a la red de servicios IP de la red de transporte de RED ELÉCTRICA. Esta red se distribuye por la subestación soportada por la red de fibra multimodo.

Red de Telefonía

Rfª: TI.S/2023/J-00G3-S0227

Proyecto Técnico Administrativo

La red de telefonía corporativa de RED ELÉCTRICA se ha previsto que sea extendida y desplegada en esta subestación por medio del uso de equipos y terminales preparados para el establecimiento de comunicaciones de voz. Esta soportada por las redes IP desplegadas en la subestación y permite el acceso a las funcionalidades de comunicación vocal normalizadas en RED ELÉCTRICA.

Ciberseguridad

Todos los sistemas de telecomunicaciones, control y protecciones deberán cumplir con las normas y criterios de ciberseguridad vigentes en RED ELÉCTRICA.

2.9 OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN

2.9.1 Movimiento de tierras

Se ha previsto ampliar la plataforma del parque de 400 para la ubicación del nuevo transformador 400/220kv, se construirá una nueva plataforma para el parque de 220kv.

2.9.2 Drenajes

En la plataforma se han previsto los tubos drenantes necesarios para evacuar las aguas en un tiempo razonable, de forma que no se produzca acumulación de agua en la instalación y se consiga la máxima difusión posible de las aguas de lluvia realizada la ampliación de la subestación.

La recogida de las aguas residuales se ha previsto con depósito estanco de poliéster reforzado con fibra de vidrio capaz de retener por un periodo determinado de tiempo las aguas servidas domésticas y equipado con tapa de aspiración y vaciado.

Los trabajos a acometer requieren la conexión a la red de pluviales existentes.

2.9.3 Cimentaciones, viales y canales de cables

Se han previsto las cimentaciones, canales de cables y viales necesarios conforme al plano incluido en el Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Las nuevas cimentaciones a realizar serán las correspondientes al nuevo aparellaje a instalar.

Se ampliará la red de canales. Los canales de cables serán prefabricados, del tipo: A en acceso al aparellaje y B en principales de posición.

2.9.4 Accesos

Se mantiene el acceso existente a la instalación por el parque de 400 kV y se conectará a través de un vial con parque de 220 kV, que se diseñará para que tenga 5.0 m de ancho, según especificaciones de RED ELÉCTRICA para tráfico ligero.

El acceso será de firme flexible de base bituminosa y dispondrá de capa de rodadura de 5 cm de espesor, riego de imprimación, y base granular de zahorra artificial de 25 cm de espesor (CBR>20) compactada al 100% del P.M, extendida sobre explanada mejorada, previamente se realizará el saneamiento de la capa superior de cobertura vegetal.

2.9.5 Edificios y casetas

- **Parque 400 kV**

- **Edificio de mando y control**

No será necesaria la construcción de nuevos edificios de mando y control. Se utilizará el edificio existente en el parque de 400 de la subestación Peñalba.

- **Casetas de relés**

Se construirá la caseta de relés CR0 y CR1 de dimensiones interiores adecuadas para albergar los equipos necesarios de la calle 0 y 1 respectivamente.

En estas casetas, se ubicarán los bastidores de protecciones, cuadros de servicios auxiliares y armarios de comunicaciones.

Estas casetas son del tipo prefabricado, de paneles de hormigón armado y cubierta plana.

En la solera, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables hasta los armarios y bastidores.

Para la climatización de la caseta se ha proyectado la instalación de dos equipos de aire acondicionado, solo frío y radiadores eléctricos con termostato para calefacción.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

- **Parque 220 kV**

- **Edificio de mando y control**

- No será necesaria la construcción de nuevos edificios de mando y control. Se utilizarán los apoyos necesarios desde el edificio existente ubicado en el parque de 400 kV

- **Casetas de relés**

Se construirán las casetas de relés CR1 y CR2 de dimensiones interiores adecuadas para albergar los equipos necesarios de la calle 7, 6, 5, 4 y 3.

En estas casetas, se ubicarán los bastidores de protecciones, cuadros de servicios auxiliares y armarios de comunicaciones.

Estas casetas son del tipo prefabricado, de paneles de hormigón armado y cubierta plana.

En la solera, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables hasta los armarios y bastidores.

Para la climatización de la caseta se ha proyectado la instalación de dos equipos de aire acondicionado, solo frío y radiadores eléctricos con termostato para calefacción.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

Además se construirá una caseta de relés CR-SSAA para albergar los SSAA del parque 220 kV y todo equipamiento necesario del nudo central del parque e 220kV, sistemas de control, telecomunicaciones etc.

2.9.6 Cerramiento

Se ampliará el cerramiento existente que dispone la subestación Peñalba teniendo en cuenta las nuevas dimensiones de la plataforma de 400kV y el acceso al parque de 220 kV.

Se realizará un cerramiento de toda la subestación de al menos 2 metros de altura:

Este cerramiento será de valla metálica de acero galvanizado reforzado, rematado con alambrada de tres filas, con postes metálicos, embebidos sobre murete corrido de hormigón de 0,5 m de altura.

Se dispondrán las siguientes puertas:

- Puerta de acceso de peatones de 1 m de anchura, con cerradura eléctrica, para apertura desde el edificio de control.
- Puerta de acceso de vehículos de 6 m de anchura, de tipo corredera, motorizada con cremallera y automatismo de cierre y apertura a distancia.

2.10 INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA

2.10.1 Alumbrado

Calles y posiciones

De acuerdo con la normalización, el alumbrado normal de calles se realizará con proyectores orientables montados a menos de 3 m de altura. Serán de haz semi-extensivo, para que con el apuntamiento adecuado se pueden obtener 50 lux en cualquier zona del parque de intemperie.

Viales

Alumbrado con luminarias montadas sobre báculos de 3 m de altura, para un nivel de iluminación de 5 lux.

Se dispondrá, asimismo, de alumbrado de emergencia constituido por grupos autónomos colocados en las columnas de alumbrado, en el caso de viales perimetrales y sobre la misma estructura que el alumbrado normal o tomas de corriente en el parque de intemperie. El sistema de emergencia será telemandado desde el edificio de control y los equipos tendrán una autonomía de una hora.

Se dispondrá de fotocélula para el encendido del alumbrado exterior.

Edificio y casetas

Los niveles de iluminación en las distintas áreas serán de 500 lux en salas de control y de comunicaciones y de 300 lux en sala de servicios auxiliares, taller y casetas de relés.

Los alumbrados de emergencia del edificio y casetas, estarán situados en las zonas de tránsito y en las salidas. Su encendido será automático en caso de fallo del alumbrado normal, si así estuviese seleccionado con autonomía de una 1 hora.

2.10.2 Fuerza

Se instalarán tomas de fuerza combinados de 3P+T (32 A) y 2P+T (16 A) en cuadros de intemperie anclados a pilares próximos a los viales, de forma que cubran el parque considerando cada conjunto con un radio de cobertura de 25 m.

2.11 SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO

Sistema Contraincendios

Se dispondrá de detectores de incendios en todos los edificios y casetas de la Subestación. Serán del tipo analógicos ópticos, excepto en el almacén y campana exterior que serán termo-velocimétricos.

También se dispondrán de los correspondientes extintores en el edificio tanto de CO₂ como de polvo, así como carros extintores de 50 kg de polvo para el parque.

Sistema Anti-intrusismo

El sistema anti-intrusismo estará compuesto por contactos magnéticos, detectores volumétricos de doble tecnología y sirena exterior.

Se adecuará una central para controlar el sistema de incendios e intrusión, encargado de activar y transmitir las alarmas generadas.

Se dispondrá de cámaras de seguridad en el parque ubicadas según indicaciones del departamento de seguridad de RED ELÉCTRICA.

3 NORMATIVA APLICADA

El presente Proyecto ha sido redactado básicamente conforme el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 y a la norma UNE-EN 62271-1:2019 Aparata de alta tensión (de la derivada de la Directiva CENELEC).

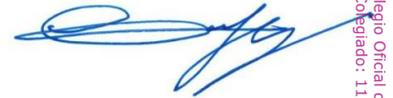
En el Documento 2: Pliego de Condiciones Técnicas se especifican en detalle las normas y reglamentos específicos aplicados para la redacción y ejecución del presente proyecto.

4 PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

Se estima en 16 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto de Ejecución.

Madrid, Noviembre de 2024

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
No Colegiado: 11729. Colegiado: VID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.asy/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

PEÑALBA 400 [kV]

ANEXO

CÁLCULOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

2.3.6	Distancia entre fases en cortocircuito	31
2.3.7	Distancias mínimas a adoptar.....	31
2.3.8	Efectos sobre conductores en haz.....	31
2.4	RED DE TIERRAS INFERIORES	32
2.5	RED DE TIERRAS SUPERIORES.....	38

1 OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones adoptadas en la subestación para los elementos más críticos de su configuración y, asimismo, para permitir la entrada y salida de la línea en la subestación.

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados rígidos.
- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados tendidos.
- Determinación de efecto corona.
- Red de tierras inferiores.
- Red de tierras superiores.

Cada apartado contiene la normativa aplicable en cada caso, las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos, criterios de validación y conclusiones.

2 SUBESTACIÓN PEÑALBA 400[kV]

2.1 CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS

2.1.1 Hipótesis de diseño.

La corriente de cortocircuito trifásica prevista en el horizonte 2026 es de 19,43 [kA]. Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de diseño:

Icc simétrica (Ik'') [kA]	50
R/X (sistema) [Ω/m]	0,07
Duración del cortocircuito (Tk) [seg]	0,5

Conductor rígido.

Se van a realizar interconexiones con dos tipos de tubos:

Tubo en embarrado principal	
Aleación	E-ALMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	250
Diámetro interior (d) [mm]	228

Tubo en embarrado secundario	
Aleación	E-ALMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	150
Diámetro interior (d) [mm]	134

Condiciones del vano.

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorables son las siguientes:

Vano A (Barras principales)	
Longitud de vano [m]	20,0
Distancia entre fases [m]	5,0
Anclajes	Fijo - Elástico
Vano B (Conexión entre aisladores soporte)	

Longitud de vano [m]	8
Distancia entre fases [m]	5
Anclajes	Fijo - Elástico

2.1.2 Condiciones de la instalación

La altura a la que se encuentra la subestación sobre el nivel del mar demarca la zona en la que se encuentra según la norma "ITC-LAT 2013", a partir de esto se realizan las consideraciones dependientes a la climatología que indican las normas "ITC-LAT 2013" y "EN 50341-1-2012"

- Sobrecarga debida al Hielo: para la consideración de este parámetro se utilizará la siguiente expresión que es proporcionada por la norma:

$$\text{Sobrecarga debida al Hielo} = P_1 \cdot \sqrt{d_{\text{exterior}}} \left[\text{kg/m} \right]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0, 0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

d_{exterior} : Diámetro exterior del tubo.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Coefficiente de norma (P1)	0,000
Sobrecarga debida al Hielo Vano A [kg/m]	0,000
Sobrecarga debida al Hielo Vano B [kg/m]	0,000

- Presión de viento: para la consideración de este parámetro se deben llevar a cabo la determinación de la densidad del aire a la altura correspondiente y la velocidad máxima del viento que se tendrá como parámetro, y las expresiones correspondientes son:

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} \rho V_h^2 \left[\text{N/m}^2 \right]$$

Donde:

ρ : Densidad del aire a la altura determinada, se define por medio de la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{\text{aire}} \frac{288}{T'} e^{-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H} \left[\text{kg/m}^3 \right]$$

T' : Diferencia de temperatura ambiente a la temperatura en servicio.

H : Altura a la que se encuentra la subestación.

V_h : Velocidad de viento máxima dada por la norma por el nivel de tensión, $V_h = 140 \text{ Km/h}$

Con lo cual tendremos que:

Densidad del aire calculada (ρ) [kg/m ³]	1,143
Presión del viento (N/m ²)	864,065

2.1.3 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE-EN-60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.4 Características de los materiales / equipos a instalar

Conductor rígido	
Tubo en embarrado principal	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	250
Diámetro interior (d) [mm]	228
Espesor de la pared (e) [mm]	11
Peso propio unitario (Ppt) [kg/m]	22,3
Sección (A) [mm ²]	8259
Carga de rotura del material (a _R) [N/mm ²]	195
Momento de inercia (J) [cm ⁴]	5910
Momento resistente (W) [cm ³]	473
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm ²]	70000
Límite de fluencia mínimo del material (R _{po2}) [N/mm ²]	160
Coeficiente de dilatación lineal (s) [1/°K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	5014
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116

Tubo en embarrado secundario	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	150
Diámetro interior (d) [mm]	134
Espesor de la pared (e) [mm]	8
Peso propio unitario (Ppt) [kg/m]	9,64
Sección (A) [mm ²]	3569
Carga de rotura del material (a_R) [N/mm ²]	195
Momento de inercia (J) [cm ⁴]	902
Momento resistente (W) [cm ³]	120
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm ²]	70000
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) [N/mm ²]	160
Coefficiente de dilatación lineal (α) [1/K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	3250
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116

Características de los aisladores soporte

En los tramos del vano A y vano B correspondientes a las barras principales y secundarias respectivamente se instalan aisladores de las siguientes características mecánicas:

Características de los aisladores soporte	
Aisladores (Vano A, principal)	
Carga de rotura a flexión [N]	16000
Carga de rotura a torsión [N]	6000
Altura del aislador [mm]	3150
Altura de la pieza soporte [mm]	220
Aisladores (Vano B, secundario)	
Carga de rotura a flexión [N]	8000
Carga de rotura a torsión [N]	4000
Altura del aislador [mm]	3150
Altura de la pieza soporte [mm]	170

2.1.5 Cálculo mecánico del embarrado PRINCIPAL.

2.1.5.1 Cálculo Corriente de cortocircuito

Como ya se ha dicho, la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_k'') a efectos de diseño es de 50 [kA] en el parque de 400 [kV].

La intensidad de cresta, (Según la norma "UNE-EN 60909-0-2012") tiene un valor de:

$$I_p = \kappa \sqrt{2} I_k'' [kA]$$

Donde:

κ : Factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 e^{-3(R/X)}$$

R/X : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Intensidad de Cresta (kA)	128,296
Factor k	1,814

2.1.5.2 Tensión en el tubo

Esfuerzo por viento F_V :

$$F_V = P_{viento} \cdot d_{exterior} [N/m]$$

Esfuerzo por peso propio F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g [N/m]$$

Donde la gravedad está definida como $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y P_{pt} es el peso propio unitario de conductor rígido.

Esfuerzo por peso del cable amortiguador F_{pa} :

$$F_{pa} = \frac{4}{3} (\text{Peso del cable amortiguador}) \cdot g [N/m]$$

Donde el peso del cable amortiguador viene dado para los cuatro tercios de cable.

Esfuerzo por peso Total F_p :

$$F_p = F_{pp} + F_{pa} [N/m]$$

Esfuerzos por hielo F_h :

$$F_h = P_1 \cdot g \cdot \sqrt{d_{exterior}} [N/m]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0,0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

$d_{exterior}$: Diámetro exterior del tubo.

Esfuerzos por cortocircuito F_s :

La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad se obtiene de la expresión dada por la norma "UNE-EN 60865-1-2013":

$$F_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu_0}{a \cdot \pi} (I_p)^2 \quad [N/m]$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} [N/A^2]$).

a : Distancia media entre fases.

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en un cortocircuito sobre el tubo:

V_σ = factor que tiene en cuenta el efecto dinámico.

V_r = factor que tiene en cuenta el reenganche.

La frecuencia de vibración de un tubo está definida como:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad [Hz]$$

Donde:

I : Inercia de la sección del tubo.

m : Masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

E : Módulo de Young del material.

l : Longitud del vano.

γ : Coeficiente del tubo y los apoyos, 1,57 en este caso.

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema ($\frac{f_c}{50 Hz}$) establece los valores de V_σ y V_r de la siguiente forma:

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot X} + 0,54 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, está definida por:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \left(\frac{F_s \cdot l^2}{8 \cdot W} \right) \left[N/mm^2 \right]$$

Donde:

β : Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes, ver Figura1.

W : Módulo resistente de la sección del tubo.

La tensión de trabajo total en el tubo vendrá dada por la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las cargas uniformemente repartidas:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \left[N/mm^2 \right]$$

Donde:

l : Longitud del vano.

W : Módulo resistente de la sección.

P : Carga repartida que produce el esfuerzo.

Por lo tanto se tendrá:

Por viento: $\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot l^2}{W} \left[N/mm^2 \right]$

Por peso propio: $\sigma_p = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_p \cdot l^2}{W} \left[N/mm^2 \right]$

Por hielo: $\sigma_h = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_h \cdot l^2}{W} \left[N/mm^2 \right]$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2} \left[N/mm^2 \right]$$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia está expresado como:

$$\text{Coeficiente de Seguridad} = \frac{R_{p02}}{\sigma_{to}}$$

Como resultado a las anteriores definiciones se tendrá el siguiente resultado:

Esfuerzos por viento (Fv) [N/m]	216,016
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	218,763
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador (Fpa) [N/m]	34,871
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	253,634
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000

Esfuerzo por cortocircuito (Fs) [N/m]	570,182
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	1,691
Factor de efecto dinámico (Vσ)	0,175
Factor de reenganche (Vτ)	1,905
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σm) [N/mm2]	20,058
Tensión de trabajo de viento (σv) [N/mm2]	22,835
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σm) + (σv) [N/mm2]	42,893
Tensión de trabajo de peso propio (σp) [N/mm2]	26,811
Tensión de trabajo por hielo (σh) [N/mm2]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	50,583
Coefficiente de seguridad	3,163

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma “UNE-EN 60865-1-2013” establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

$$1. \sigma_{to} \leq q \cdot R_{p02}$$

Donde:

R_{p02} : Límite de fluencia mínimo del material $[N/mm^2]$

q : Factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^4}$$

$$t = d_{exterior} - d_{interior}$$

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	50,58
Factor de resistencia del conductor (q)	1,389
Límite de fluencia mínimo del material (Rp02) * Factor de resistencia del conductor (q)	222,309

Cumple la condición 1.

$$2. \sigma_v + \sigma_m \leq R_{p02}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	42,893
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) [N/mm ²]	160,000

Cumple la condición 2.

Como se puede observar, el tubo está lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte

El máximo esfuerzo se producirá en los aisladores intermedios, considerando dos veces el esfuerzo producido en el extremo de un vano, según la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

Las acciones a considerar en este caso son solo horizontales. Así,

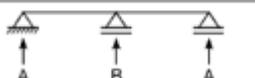
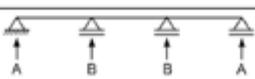
Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito: Según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{da} = F_s \cdot V_\sigma \cdot V_r \quad [N/m]$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos se expresará de la siguiente forma:

$$F_t = 2 \cdot l \cdot \alpha \cdot (F_{da} + F_v) \quad [N/m]$$

Donde α está definida por el tipo de viga y de soporte, como se presenta en la Figura 1.

Tipo de viga y de soporte		Factor α	Factor β^*	Factor γ
Vigas de un solo vano	A y B: soportes simples 	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: soporte empotrado B: soporte simple 	A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	A y B: soportes empotrados 	A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0,5$	3,56
Vigas continua con soportes simples equidistantes	Dos vanos 	A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	Tres o más vanos 	A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0,73$	3,56

* Se incluyen los efectos de plasticidad.

Figura 1. Factores α , β y γ para diferentes disposiciones de apoyos de embarrados.

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 [mm] por encima de la cabeza del aislador, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo. Por lo tanto se realiza el cálculo del esfuerzo en el punto de garantía (F'_t):

$$F'_t = F_t \cdot \frac{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador}) + 170 \cdot (\text{Cantidad de piezas})}{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador})} [N]$$

El aislador debe cumplir con las condiciones que en las peores condiciones presenten un coeficiente de seguridad frente a la carga de rotura de 1,15, el cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Carga de rotura de flexión del Aislador}}{F'_t}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Esfuerzos por viento en soporte central (Fv) [N]	216,016
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	189,753
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	8115,378
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	8715,211
Carga de rotura flexión aislador	1,836

2.1.5.4 Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \cdot 100 [cm]$$

Donde:

P : Fuerza vertical por unidad de longitud (N/m)

l : Longitud del vano [m]

E : Módulo de elasticidad del material [N/mm²]

J : Momento de inercia de la sección [cm⁴]

α_f : Factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador y el manguito de hielo. Sustituyendo:

Fecha en el tubo [cm]	10,20062053
-----------------------	-------------

2.1.5.5 Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Donde:

l_0 : Longitud inicial del tubo [m].

α : Coeficiente de dilatación lineal del tubo, donde $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} [1/K]$.

$\Delta\theta$: Incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C).

Tendiendo como resultado:

Elongación del Embarrado (ΔL) [mm]	146,349
--	---------

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

2.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito (I_{th}) viene dada según la norma "UNE-EN 60865-1-2013" mediante la siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k \sqrt{m + n}$$

Donde:

m : Coeficiente térmico de disipación, está determinado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{1}{2 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1)} [e^{(4 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1))} - 1]$$

n : Coeficiente térmico de disipación, que para las configuraciones que REE utiliza será 1.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito ρ_c 116 [A/mm²] de (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica se define por medio de la expresión ($S \cdot \rho_c$), por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Coeficiente (m)	1,95E-04
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	958,044
Intensidad térmica en corte circuito (lth) [kA]	50,005

Se puede apreciar que la capacidad térmica del tubo es muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación.

2.1.5.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo elegido (I_{tubo}), está dada según el fabricante con 30 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de trabajo del tubo.

Según "DIN 43670", esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud y la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$K_1 = 0,96$ - Por la aleación elegida.

$K_2 = 1,34$, Para temperatura final de 80 °C.

$K_3 = 0,75$, Por ser tubería.

$K_4 = 1$, El factor K_4 solo se aplica si no hay bifurcación en una longitud de al menos 2 [m].

$K_5 = 0,98$, Para instalación a menos de 1.000 [m. s. n. m].

Según la citada norma la intensidad máxima será:

$$I_{max} = I_{tubo} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Y tendremos los siguientes resultados:

Imax [A]	4740,757
Potencia [MVA]	3284,493

Por lo que tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.1.6 Cálculo mecánico del embarrado SECUNDARIO

2.1.6.1 Corriente de cortocircuito

Como ya se ha dicho, la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_k'') a efectos de diseño es de 50 [kA] en el parque de 400 [kV].

La intensidad de cresta, (Según la UNE-EN 60909-0-2012) vale:

$$I_p = \kappa \sqrt{2} I_k'' [kA]$$

Donde:

κ : Factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 e^{-3(R/X)}$$

R/X : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Intensidad de Cresta (kA)	128,296
Factor k	1,814

2.1.6.2 Tensión en el tubo

Esfuerzo por viento F_V :

$$F_V = P_{viento} \cdot d_{exterior} \quad [N/m]$$

Esfuerzo por peso propio F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g \quad [N/m]$$

Donde la gravedad está definida como $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y P_{pt} es el peso propio unitario de conductor rígido.

Esfuerzo por peso del cable amortiguador F_{pa} :

$$F_{pa} = \frac{4}{3} (\text{Peso del cable amortiguador}) \cdot g \quad [N/m]$$

Donde el peso del cable amortiguador viene dado para los cuatro tercios de cable.

Esfuerzo por peso Total F_p :

$$F_p = F_{pp} + F_{pa} \quad [N/m]$$

Esfuerzos por hielo F_h :

$$F_h = P_1 \cdot g \cdot \sqrt{d_{exterior}} \quad [N/m]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0, 0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

$d_{exterior}$: Diámetro exterior del tubo.

Esfuerzos por cortocircuito F_s :

La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad I_p se obtiene de la expresión dada por la norma "UNE-EN 60865-1-2013":

$$F_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu_0}{a \cdot \pi} (I_p)^2 \quad [N/m]$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío $(4\pi \cdot 10^{-7} [N/A^2])$.

a : Distancia media entre fases.

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

V_o = factor que tiene en cuenta el efecto dinámico.

V_r = factor que tiene en cuenta el reenganche.

La frecuencia de vibración de un tubo está definida como:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \text{ [Hz]}$$

Donde:

I : Inercia de la sección del tubo.

m : Masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

E : Módulo de Young del material.

l : Longitud del vano.

γ : Coeficiente del tubo y los apoyos, 1,57 en este caso.

Sustituyendo y operando:

$$f_c = 5,442 \text{ [Hz]}$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema $\left(\frac{f_c}{50 \text{ Hz}}\right)$, establece los valores de V_σ y V_r .

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot X} + 0,54 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 \text{ Hz}}\right)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 \text{ Hz}}\right)$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, está definida por:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \left(\frac{F_s \cdot l^2}{8 \cdot W}\right) \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Donde:

β : Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes, ver Figura1.

W : Módulo resistente de la sección del tubo.

La tensión de trabajo total en el tubo vendrá dada por la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las cargas uniformemente repartidas:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Donde:

l : Longitud del vano.

W : Módulo resistente de la sección.

P : Carga repartida que produce el esfuerzo.

Por lo tanto se tendrá:

Por viento:
$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot l^2}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Por peso propio:
$$\sigma_p = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_p \cdot l^2}{W} \quad \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Por hielo:
$$\sigma_h = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_h \cdot l^2}{W} \quad \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2} \quad \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia está expresado como:

$$\text{Coeficiente de Seguridad} = \frac{R_{po2}}{\sigma_{to}}$$

Como resultado a las anteriores definiciones se tendrá el siguiente resultado:

Esfuerzos por viento (Fv) [N/m]	129,610
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	94,568
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador [N/m]	17,436
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	112,004
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000
Fuerza por cortocircuito (Fs) [N/m]	570,182
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	6,278
Factor de efecto dinámico (Vσ)	0,482
Factor de reenganche (Vτ)	1,554
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σm) [N/mm2]	28,501
Tensión de trabajo de viento (σv) [N/mm2]	8,641
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σm) + (σv) [N/mm2]	37,141
Tensión de trabajo de peso propio (σp) [N/mm2]	7,467
Tensión de trabajo por hielo (σh) [N/mm2]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	37,885
Coeficiente de seguridad	4,223

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma “UNE-EN 60865-1-2013” establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

1. $\sigma_{to} \leq q \cdot R_{po2}$

Donde:

q: Factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^4}$$

$$t = d_{exterior} - d_{interior}$$

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_0) [N/mm ²]	37,885
Factor de resistencia del conductor (q)	1,414
Límite de fluencia mínimo del material (R _{p02}) * Factor de resistencia del conductor (q)	226,218

Cumple la condición 1.

2. $\sigma_v + \sigma_m \leq R_{p02}$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	37,141
Límite de fluencia mínimo del material (R _{p02}) [N/mm ²]	160,000

Cumple la condición 2.

Como se puede observar, el tubo está lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte

El máximo esfuerzo se producirá en los aisladores intermedios, considerando dos veces el esfuerzo producido en el extremo de un vano, según la norma “UNE-EN 60865-1-2013”.

Las acciones a considerar en este caso son solo horizontales. Así,

Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito que según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{da} = F_s \cdot V_\sigma \cdot V_r \quad [N/m]$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos se expresará de la siguiente forma:

$$F_t = 2 \cdot l \cdot \alpha \cdot (F_{da} + F_v) \quad [N/m]$$

Donde α está definida por el tipo de viga y de soporte, como se presenta en la Figura1.

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 [mm] por encima de la cabeza del aislador, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo. Por lo tanto se realiza el cálculo del esfuerzo en el punto de garantía (F'_t):

$$F'_t = F_t \cdot \frac{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador}) + 170 \cdot (\text{Cantidad de piezas})}{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador})} \quad [N]$$

El aislador debe cumplir con las condiciones que en las peores condiciones presenten un coeficiente de seguridad frente a la carga de rotura de 1,15, el cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Carga de rotura de flexión del Aislador}}{F'_t}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Esfuerzos por viento en soporte central (Fv) [N]	129,610
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	427,511
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	4456,970
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	4786,398
Carga de rotura flexión aislador	1,671

2.1.6.4 Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \cdot 100 \quad [cm]$$

Donde:

P : Fuerza vertical por unidad de longitud (N/m)

l : Longitud del vano [m]

E : Módulo de elasticidad del material [N/mm²]

J : Momento de inercia de la sección [cm⁴]

α_f : Factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador y el manguito de hielo. Sustituyendo:

Fecha en el tubo [cm]	2,349191424
-----------------------	-------------

2.1.6.5 Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Donde:

l_0 : Longitud inicial del tubo [m].

α : Coeficiente de dilatación lineal del tubo, donde $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} [1/K]$.

$\Delta\theta$: Incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C).

Elongación del Embarrado (ΔL) [mm]	58,540
--	--------

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

2.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito (I_{th}) viene dada según la norma "UNE-EN 60865-1-2013" mediante la siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k \sqrt{m + n}$$

Donde:

m : Coeficiente térmico de disipación, está determinado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{1}{2 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1)} [e^{(4 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1))} - 1]$$

n : Coeficiente térmico de disipación, que para las configuraciones que REE utiliza será 1.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito ρ_c 116 $[A/mm^2]$ de (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica se define por medio de la expresión ($S \cdot \rho_c$), por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Coeficiente (m)	1,95E-04
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	414,004
Intensidad térmica en corte circuito (Ith) [kA]	50,005

Se puede apreciar que la capacidad térmica del tubo es muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación.

2.1.6.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo elegido (I_{tubo}), está dada según el fabricante con 30 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$K_1 = 0,96$ - Por la aleación elegida.

$K_2 = 1,34$, Para temperatura final de 80 °C.

$K_3 = 0,75$, Por ser tubería.

$K_4 = 1$, El factor K_4 solo se aplica si no hay bifurcación en una longitud de al menos 2 [m].

$K_5 = 0,98$, Para instalación a menos de 1.000 [m. s. n. m].

Según la citada norma la intensidad máxima será:

$$I_{max} = I_{tubo} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Y tendremos los siguientes resultados:

Imax [A]	3072,888
Potencia [MVA]	2128,959

Tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.2 CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.

2.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.

Para el cálculo de la tensión crítica disruptiva (U_c) a partir de la cual el efecto corona puede manifestarse, aplicada a conductores cilíndricos, puede aplicarse la fórmula de Peek:

$$U_c = \rho \cdot m_0 \cdot \frac{E_o}{\sqrt{2}} \cdot R \cdot \ln\left(\frac{GMD}{R}\right)$$

Donde:

m_0 : Coeficiente de irregularidad del conductor que toma el valor de 1 para tubo cilíndrico y liso.

R : Radio exterior del tubo en [cm]; para tubo de 150 [mm] toma un valor de 7,5 y para tubo de 100 toma un valor de 5 [cm].

GMD : Distancia media geométrica entre conductores en [cm]. Dado que se encuentran situados en un mismo plano y partiendo de que estén equidistantes entre si X [cm]:

$$GMD = \sqrt[3]{X \cdot X \cdot 2 \cdot X} = \sqrt[3]{2} \cdot X$$

$$GMD = 1,26 \cdot X \text{ [cm]}$$

δ : Densidad del aire. Según la norma "EN 50341-1-2012" La densidad del aire se representa a través de la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_0 \frac{288}{T_c} e^{(-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H)}$$

Donde H es la altura, T_c es el incremento de la temperatura desde el montaje hasta la puesta en servicio, ρ_0 es la densidad del aire estándar con valor 1,225 $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.

E_0 : Valor eficaz de campo eléctrico crítico para la aparición del efecto corona. Para conductores paralelos el valor máximo de campo viene dado por:

$$E_0 = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot E_1 \cdot \left(1 + \frac{C_1}{\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0} + R}} \right)$$

Donde:

E_1 : Campo eléctrico disruptivo del aire ($E_1 = 30 \text{ [kV/cm]}$)

C_1 : Constante dimensional empírica ($C_1 = 0,301 \text{ [}\sqrt{\text{cm}}\text{]}$)

Atendiendo a las anteriores definiciones se tienen los siguientes resultados:

Efecto Corona VANO A	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,933
Coeficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	12,500
DMG [cm]	629,961
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	30,451
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	984,151
Efecto Corona VANO B	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,933
Coeficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	7,500
DMG [cm]	629,961
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	31,169
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	683,174

Esta tensión disruptiva está calculada para buen tiempo. Para el caso de tiempos de niebla, nieve o tempestad se debe considerar disminuida en un 20%, es decir, en este caso:

Tensión crítica disruptiva Embarrado A (Uc) [kV]	787,320
Tensión crítica disruptiva Embarrado B (Uc) [kV]	546,539

Por el hecho de estar en el mismo plano los conductores, la tensión disruptiva referida al conductor central debe ser disminuida en un 4% y aumentada en un 6% para los conductores laterales respectivamente.

Como se ve los valores obtenidos están muy alejados de la tensión eficaz entre fase y tierra de los conductores (242 [kV] para 420 [kV]) por lo que no es de esperar que el efecto corona se produzca.

2.3 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE EMBARRADOS TENDIDOS

2.3.1 Hipótesis de diseño

Desde el punto de vista de las aproximaciones entre fases que puedan producirse cuando se desplacen de forma simultánea dos conductores contiguos en condiciones de flecha máxima y con viento de 140 Km/h , las distancias mínimas se han establecido de la forma que se indica para un vano de las siguientes características:

Longitud de vano (L) [m]	47
Flecha máxima (al 3%) [m]	1,40
Tipo de conductor	Dúplex LAPWING
Cantidad de subconductores (n)	2
Diámetro del conductor (\varnothing)/(d) [mm]	38,16
Sección del conductor (A_s) [mm ²]	861,3
Peso propio del conductor (m_s) [kg/m]	2,7
Módulo de elasticidad (E) [N/mm ²]	70000
Distancia entre fases (a) [m]	6
Longitud media de cadenas [m]	5
Separación entre conductores de la misma fase (a_s) (mm)	400
Rigidez de los soportes (S) [N/m]	75000
Tiempo de despeje de defecto (T_{k1}) [seg]	1
Intensidad de cortocircuito (I_{k3}) [kA]	50
Relación R/X del sistema	0
Tensión máxima a 50°C [kg]	1050
Fuerza de tensión máxima en el cable a 50°C (F_{st}) [N]	10300,50
Radio medio geométrico (GMR) [mm]	87,361
Distancia media geométrica (GMD) (L_s) [m]	7,56

Se comprobará además, el desplazamiento máximo en cortocircuito y la pérdida de distancia que esto produce, de acuerdo con lo estipulado en la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

2.3.2 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes normas y reglamentos:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE-EN-60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.3.3 Desplazamiento del vano con viento

La presión sobre el conductor debida al efecto del viento, según RLAT para conductores de diámetro mayor a 16 [mm] está dado por la siguiente ecuación:

$$P = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2$$

Donde V_v es la velocidad máxima de viento, y nuestro diseño esta supuesto con una velocidad de viento máxima de $140 \left[\frac{km}{h} \right]$.

Para este caso, tendremos en cuenta la fuerza del viento (F_v) que se ejerce de forma directa sobre el diámetro de cada conductor, y tendremos:

$$F_v = P \cdot D_{conductor}$$

Donde $D_{conductor}$ es el diámetro del conductor.

Ahora se procederá a realizar el cálculo de la distancia mínima entre conductores, el cual se realizará por medio del desplazamiento máximo del conductor (d_{max}) y del ángulo de oscilación (θ), estos están dados por:

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{F_v}{\text{Peso del conductor}} \right)$$

$$d_{max} = f_{max} \text{sen}(\theta)$$

En estas condiciones, dada la escasa probabilidad de simultaneidad de viento y sobretensión, la distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada entre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinará según la norma "ITC - LAT_07_OCT13" por la formula siguiente:

$$D_{min} = K\sqrt{F + L} + K'D_{PP}$$

Donde:

K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea y ángulo de oscilación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Registrado: 11729, Colegiado: DAVID GONZALEZ JUANNEAU, Firma comprobar su validez: https://www.colim.as/Verificacion, Cod.Ver: 333400

F : Flecha máxima.

L : Longitud de la cadena de suspensión (si se posee).

D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores durante sobretensiones de frente lento o rápido.

Por medio de las anteriores definiciones se tendrá:

Presión del viento sobre el conductor (P_v) [kg/m ²]	68,056
Fuerzas del viento sobre los conductores (F_v) [kg/m]	2,597
Ángulo de oscilación de desplazamiento (Θ) [Grados]	44,249
Coeficiente K	0,650
Coeficiente D_{pp}	3,200
Desplazamiento del conductor (d_{max}) [m]	0,977
Distancia mínima entre conductores (D_{min}) [m]	3,489

Distancia inferior a la adoptada que es de 5 [m] para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.3.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito

Dimensiones y parámetros característicos.

El esfuerzo debido a un defecto bifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0,75 \cdot \frac{I_{k3}^2}{a} \cdot \frac{l_c}{l}$$

Donde:

I_{k3} : Corriente simétrica de cortocircuito trifásico.

l_c : Longitud del vano sin cadenas.

l : Longitud total del vano.

a : Separación entre fases.

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío $(4 \pi * 10^{-7} [N/A^2])$.

La proporción entre el peso propio y la fuerza de cortocircuito tendrá un valor de:

$$r = \frac{F'}{n m_s g}$$

Donde:

n : Número de conductores por fase.

m_s : Peso de uno de los conductores.

g : Aceleración de la gravedad $(9,81 [m/s^2])$

La dirección resultante de la fuerza sobre el conductor será:

$$\delta_1 = \arctg(r)$$

La flecha estática en el conductor tendido tendrá un valor de:

$$b_c = \frac{n m_s g \cdot l^2}{8 F_{st}}$$

Donde F_{st} es la fuerza de tracción estática del conductor para el caso más desfavorable, que será la flecha máxima para 50°C.

Para esta flecha, el periodo de oscilación tendrá el siguiente valor:

$$T = 2\pi \sqrt{0,8 \frac{b_c}{g}}$$

El período resultante en caso de cortocircuito valdrá:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{\pi^2}{64} \left(\frac{\delta_1}{90} \right)^2 \right]}$$

El módulo de Young real del conductor vale, en función de la carga límite del cable (σ_{fin}):

$$E = \begin{cases} E \left[0,3 + 0,7 \operatorname{sen} \left(\frac{F_{st}}{n A_s \sigma_{fin}} 90^\circ \right) \right] & \text{si } \frac{F_{st}}{n A_s} \leq \sigma_{fin} \\ E & \text{si } \frac{F_{st}}{n A_s} > \sigma_{fin} \end{cases}$$

Donde:

σ_{fin} : tiene un valor de $5 \cdot 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$ (menor valor de la tensión de mecánica del conductor cuanto E llega a ser constante)

A_s : Sección de un conductor.

n : Número de conductores por haz.

El factor de tensión mecánica del conductor se define como:

$$\zeta = \frac{(n \cdot m_s \cdot g \cdot l)^2}{24 \cdot F_{st}^3 \cdot N}$$

Donde N es la Norma de rigidez del sistema mecánico compuesto, que se define por la siguiente expresión:

$$N = \frac{1}{S \cdot l} + \frac{1}{n \cdot E \cdot A_s}$$

El ángulo de oscilación del vano durante el paso, o al fin del mismo, de la corriente de cortocircuito viene dado por la expresión:

$$\delta_{end} = \begin{cases} \delta_1 \left[1 - \cos \left(360 \frac{T_{k1}}{T_{res}} \right) \right] & \text{para } 0 \leq \frac{T_{k1}}{T_{res}} \leq 0,5 \\ 2 \delta_1 & \text{para } \frac{T_{k1}}{T_{res}} > 0,5 \end{cases}$$

El ángulo máximo de oscilación que se puede producir corresponde a una duración de cortocircuito inferior o igual a la duración del cortocircuito establecida T_{k1} , y se calcula como:

$$\delta_{max} = \begin{cases} 1,25 \arccos \chi & \text{si } 0,766 \leq \chi \leq 1 \\ 10^\circ + \arccos \chi & \text{si } -0,985 \leq \chi \leq 0,766 \\ 180^\circ & \text{si } \chi \leq -0,985 \end{cases}$$

Con

$$\chi = \begin{cases} 1 - r \operatorname{sen} \delta_{end} & \text{si } 0 \leq \delta_k \leq 90^\circ \\ 1 - r & \text{si } \delta_k > 90^\circ \end{cases}$$

Por lo tanto se tendrán los siguientes datos:

Carga electromagnética sobre conductores principales (F') [N/m]	50,532
Relación entre la fuerza electromagnética y la de gravedad sobre el conductor (r)	0,966
Dirección de la fuerza resultante sobre el conductor (α_1) [grados]	44,011
Flecha estática equivalente del conductor (bc) [m]	1,402
Periodo de oscilación del conductor (T) [segundos]	2,125
Periodo de oscilación del conductor en cortocircuito (Tres) [segundos]	1,802
σ fin [N/m ²]	5,00E+07
Módulo de Young real (Eeff) [10 ¹⁰ N/m ²]	3,02
Norma de rigidez (N) [1/N]	3,03E-07
Factor de tensión mecánica del conductor principal (ξ)	0,761
Ángulo en relación a su posición régimen permanente (α_{end}) [grados]	51,575
Coeficiente (X)	0,243
Ángulo de oscilación calculado (α_{max}) [grados]	85,927

Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito

De acuerdo con la norma de referencia, la fuerza de tensión en cortocircuito, para conductores compuestos (haces), se calcula por:

$$F_{t,d} = F_{st}(1 + \psi \cdot \varphi)$$

Donde:

F_{st} : Es la fuerza estática en el conductor.

φ : Es el parámetro de carga, que tiene en cuenta el esfuerzo combinado de peso y cortocircuito en función del tiempo de despeje frente al período de oscilación del conductor, y valdrá:

$$\varphi = \begin{cases} 3(\sqrt{1+r^2}-1) & \text{si } T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ 3(r \operatorname{sen} \delta_{end} + \operatorname{cos} \delta_{end} - 1) & \text{si } T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

ψ : Es un parámetro que combina los dos factores de carga ζ y φ , y que se calcula como una solución real de la ecuación:

$$\varphi^2 \psi^3 + \varphi(2 + \zeta) \psi^2 + (1 + 2\zeta) \psi - (2 + \varphi) \zeta = 0$$

2.3.5 Aproximación de conductores

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

$$b_h = \begin{cases} C_f \cdot C_d \cdot b_c \cdot \text{sen} \delta_1 & \text{si } \delta_{max} \geq \delta_1 \\ C_f \cdot C_d \cdot b_c \cdot \text{sen} \delta_{max} & \text{si } \delta_{max} < \delta_1 \end{cases}$$

En donde C_f es un factor experimental que cubre las variaciones de la curva de equilibrio del cable durante el defecto, y su valor es:

$$C_f = \begin{cases} 1,05 & \text{si } r \leq 0,8 \\ 0,97 + 0,1r & \text{si } 0,8 \leq r \leq 1,8 \\ 1,15 & \text{si } r \geq 1,8 \end{cases}$$

El factor C_d considera los aumentos de la flecha debidos a la elongación elástica y térmica y puede obtenerse por la expresión:

$$C_d = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left(\frac{1}{b_c}\right)^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})}$$

La deformación elástica viene dada por:

$$\varepsilon_{ela} = (F_{t,d} - F_{st}) \cdot N$$

Y la deformación térmica:

$$\varepsilon_{th} = \begin{cases} C_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{res}}{4} & \text{si } T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ C_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{k1}}{4} & \text{si } T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

Y así, tendremos los siguientes resultados:

Parámetro de carga (Φ)	1,171
Fuerza de tracción (Ft,d) [N]	16632,352
Valor de Ψ	0,525
Coefficiente de Expansión elástica (Eela)	1,92E-03
Coefficiente térmico del cable (Cth) [m4/A2s]	2,70E-19
Coefficiente de Expansión térmica (Eth)	1,02E-04
Incremento de la flecha causado por alargamiento elástico y térmico (Cd)	1,000
Incremento de la flecha dinámica del conductor por el cambio de forma de curva (Cf)	1,067
Flecha dinámica resultante (Fed) [m]	1,496
Fuerza de tracción por caída después del cortocircuito (Fs,t)[N]	24425,217
Desplazamiento horizontal del vano (bh) [m]	1,039

2.3.6 Distancia entre fases en cortocircuito

Distancia entre conductores de diferente fase en cortocircuito:

$$D = a - 2b_h$$

Distancia entre fases en cortocircuito (a min) [m]	3,921
--	-------

Por lo tanto se cumplen las distancias mínimas entre fases en cortocircuito adoptadas entre fases.

Es por lo tanto apropiada la dimensión de anchura de la calle y la de separación entre conductores para cumplir los requisitos de aislamiento permanente y temporal en los casos más desfavorables y para la configuración propuesta, dado que estamos muy por encima de los 1,55 [m] de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.3.7 Distancias mínimas a adoptar

En base a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la ITC-RAT 12 de UNE-EN 60071 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

- Distancias fase-tierra:
 - Conductor – estructura.....2.600 [m]
 - Punta – estructura.....3.400 [m]
- Distancias fase-fase:
 - Conductores paralelos..... 3.500 [m]
 - Punta conductor..... 4.200 [m]

2.3.8 Efectos sobre conductores en haz

Se especifica en la norma “UNE-EN 60865-1 de 2013” que para realizar el cálculo de la fuerza de tracción se deben realizar una serie de pasos, los cuales realizaremos a continuación para dicho cálculo:

- Se verificará si existe entrechoque efectivo entre los conductores, para que exista dicho entrechoque se debe cumplir una de las siguientes condiciones:

$$\frac{a_s}{d} \leq 2 \text{ y } l_s \geq 50 a_s$$

$$\frac{a_s}{d} \leq 2,5 \text{ y } l_s \geq 70 a_s$$

Donde (a_s) es la distancia entre conductores de la misma fase, (d) es el diámetro de los conductores y (l_s) es la distancia media geométrica entre fases.

- Si no existe entrechoque efectivo se debe proceder a calcular si los conductores chocan entre sí o si no se chocan, para ello se deben realizar el cálculo del parámetro de choque.

Primero se hará el cálculo del factor V_1 , V_2 y V_3 , por medio de estos valores vamos a calcular la fuerza en los conductores de haz de la corriente de cortocircuito (F_v), los factores de deformación que caracterizan la contracción del haz (E_{st} y E_{pi}) y por último el parámetro de entrechoque (j), que se calculan según indica la norma.

A partir de las fórmulas anteriores y con los resultados obtenidos, nos vamos a remitir a la condición de choque que nos plantea la norma:

“ $j \geq 1$ Los subconductores entrechocan, $j < 1$ los subconductores reducen su distancia pero no entrechocan”

- Luego de realizar el paso anterior, se procederá al cálculo de la fuerza de tracción en caso de entrechoque $F_{pi,d}$, para poder realizar este cálculo se debe obtener el valor del factor V_e y V_4 como lo pide la norma.

A continuación se muestran los resultados a los cálculos anteriores:

Fuerza de tracción en haces (F_{pi,d}) [N]	32890,868
Condición de entrechoque efectivo	NO APLICA
Factor V1 del conductor	2,778
Factor V2 del conductor	2,625
Factor V3 del conductor	0,264
Factor V4 del conductor	9,482
Fuerza de la corriente de cortocircuito (F _v) [N]	23503,658
Factor de deformación Estático (Est)	2,043
Factor de deformación Dinámico (E _{pi})	48,696
Parámetro de configuración de entrechoque (j)	4,000
Factor V _e del conductor	2,385
Factor de seguridad	2,28

Donde se cumple que la fuerza de tracción de los conductores en haz sobre los aisladores es menor que la carga de rotura del aislador.

2.4 RED DE TIERRAS INFERIORES

Para el cálculo de la red de tierras se tendrán en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación, en su artículo “ITC-RAT 13”, así como la norma “IEEE-80-2000: IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”.

La red de tierras a realizar en la zona de ampliación se conectará con la red de tierras del resto de la subestación de 400[kV] y además se unirá con la red de tierras del parque de 220 KV. Se estima que la red de tierras existente presenta la misma retícula que la empleada en la zona de la ampliación para realizar el cálculo de la malla en su conjunto.

- Valor de la resistividad del terreno

Se considera como valor de la resistividad del terreno, a efectos de cálculo será de 200 [$\Omega \cdot m$].

- Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

Los datos utilizados para el cálculo de la red de tierras son:

Tiempo de despeje de la falta (t) [seg]	0,5
Intensidad de la falta monofásica a tierra [kA]	18,74
Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ) [$\Omega \cdot m$]	3.000
Coefficiente reductor (C_s)	0,676688453
Resistividad superficial aparente (ρ_{as}) [$\Omega \cdot m$]	2.030
Tensión aplicada admisible (U_{ca}) [V]	204
Tensión aplicada admisible (U_{pa}) [V]	2.040
Espesor de capa de gravilla (h_s) [m]	0,1
Resistencia equivalente al calzado (R_{a1}) [Ω]	2000

Según la "ITC-RAT 13", para tiempos de duración del defecto de 0,5 [s] las tensiones de paso y de contacto admisibles aplicadas serán:

$$U_{ca} = 204 [V]$$

$$U_{pa} = 10 * U_{ca} = 2040 [V]$$

Según el ITC-RAT 13, las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles (considerando todas las resistencias) son:

- Tensión de paso: $U_p = 10 * U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right] [V]$
- Tensión de contacto: $U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] [V]$

Según la norma "IEEE-80-2013" dichos valores pueden ser calculados para una persona de 70 kg de peso promedio por medio de las siguientes expresiones:

- Tensión de paso: $E_{paso} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} [V]$
- Tensión de contacto: $E_{contacto} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} [V]$
- Siendo C_s el factor de reducción siguiente: $C_s = 1 - \left(\frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2 \cdot h_s + 0,09} \right)$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]

ρ_s : Resistividad de la gravilla [$\Omega \cdot m$]

h_s : Espesor capa de gravilla [m]

Con lo que se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de paso (V_p) [V]	35.048
Tensión de contacto (V_p) [V]	1.029
Tensión de paso (E_{paso}) [V]	1516,193018

Tensión de contacto (E_contacto) [V]	502,0848343
--------------------------------------	-------------

- Resistencia de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de la red de tierras se utiliza la siguiente expresión:

$$R_g = \rho \cdot \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{\frac{20}{A}}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$

Donde:

- ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]
- L : Longitud total de conductor enterrado [m]
- h : Profundidad de enterramiento del conductor [m]
- A : Superficie ocupada por la malla [m^2]

Por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Resistividad del terreno (ρ) [Ωm]	200
Longitud total del conductor enterrado (L) [m]	13.000
Profundidad de enterramiento del conductor (h) [m]	0,6
Superficie ocupada por la malla (A) [m2]	29.000
Resistencia de la red de tierras [Ω]	0,54

- Intensidad de defecto a tierra

El valor tomado de la intensidad monofásica de cortocircuito para la subestación según la norma "IEEE Std 80-2013/Cor1-2015. Capítulo 15" está dada por las siguientes expresiones:

$$I_g = \frac{Z_{equ}}{(Z_{equ} + R_g)} X$$

Donde:

- I_g : Intensidad disipada por la malla [kA]
- R_g : Resistencia de la malla [Ω]
- Z_{equ} : Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω], está dada por la siguiente expresión:

$$Z_{equ} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{L1}} + \frac{1}{Z_{L2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Ln}}}$$

X : Variable que depende de la suma de las diferencias de cada una de las aportaciones de intensidad que se dan a la I_{cc} , y se define con la siguiente expresión:

$$X = \sum_{i=1}^n (I_{Li} - I_{Li} \cdot P_{Ln})$$

I_{Ln} : Intensidad de cortocircuito aportada por la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas [kA]

P_{Ln} : Factor de reducción por inducción de la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas.

Z_{Ln} : Impedancia en cadena de hilo de guarda de la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas [Ω]

Con lo cual tabulando tendremos:

Resistencia de la red de tierras [Ω]	0,54
Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω]	1,02
Variable X [kA]	15,86
Intensidad disipada por la malla (I_g) [kA]	10,41

- Evaluación de tensiones de paso y contacto

Los datos iniciales utilizados para el cálculo son:

Resistividad del terreno (ρ) [Ω m]	200
Espaciado medio entre conductores (D) [m]	8
Profundidad del conductor enterrado (h) [m]	0,6
Diámetro del conductor (d) [m]	0,0142
Longitud del conductor enterrado (L) [m]	13000
Intensidad disipada por la malla (I _g) [kA]	10,41

La norma "IEEE-80-2013" propone desarrollar las siguientes expresiones para el cálculo de la tensión de contacto de verificación:

$$E_{contacto} = \rho K_m K_i \frac{I_g}{L} \quad [V]$$

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

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

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

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{0,7 \frac{A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Donde:

L_c : Longitud del conductor de la (no incluye las picas) [m]

L_p : Longitud del perímetro de la malla [m]

L_x : Longitud máxima de la malla en la dirección x [m]

L_y : Longitud máxima de la malla en la dirección y [m]

D_m : Distancia máxima entre dos puntos en la malla [m]

L : Longitud efectiva de la malla para la tensión de paso [m]

Y las expresiones que permiten obtener la tensión de paso son:

$$E_{paso} = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L} \quad [V]$$

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

Teniendo como resultado:

Parámetro Kh	1,264911064
Parámetro Ki	10,82077063
Parámetro Kii	0,866569612
Parámetro n	68,76196372
Parámetro na	23,42342342
Parámetro nb	1,276532847
Parámetro nc	1,275714774
Parámetro nd	1,802653775
Longitud del conductor de la malla (Lc) [m]	13000
Longitud del perímetro de la malla (Lp) [m]	1110
Longitud máxima de la malla en la dirección x (Lx) [m]	300
Longitud máxima de la malla en la dirección y (Ly) [m]	195
Distancia máxima entre dos puntos lejanos de la malla (Dm) [m]	645

Parámetro Km	0,570694408
Parámetro Ks	0,342058952
Tensión de paso de verificación (E_paso) [V]	790
Tensión de contacto de verificación (E_contacto) [V]	989

Los valores obtenidos son menores que los valores límite tanto de la norma “IEEE-80-2000” como de la “ITC-RAT13”

- Análisis de Conductor

La sección del conductor que constituye la malla de tierra debe ser tal que soporte la mitad de la intensidad (porque en el diseño de la malla se establece que en cada punto de puesta a tierra llegan al menos dos conductores de la malla) sin superar la temperatura máxima de 300 [°C] y con una duración de 1 segundo. Esto supone unas densidades de corriente máximas admisibles, según la norma “ITC-RAT-13” las densidades de corriente máximas para los conductores serán:

- » 192 A/mm² para el cobre.
- » 72 A/mm² para el acero.

Para determinar la sección mínima del conductor se utiliza la expresión que indica el estándar “IEEE 80” para conductores de cobre se tendrá que:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Donde:

I : Mitad de la intensidad de falta a tierra [kA]

t_c : Tiempo duración de la falla [s]

T_m : Temperatura máxima que pueden alcanzar el conductor y las uniones [°C]

T_a : Temperatura ambiente [°C]

$TCAP$: Capacidad Térmica del conductor [$J/cm^3 \cdot ^\circ C$] (Ver tabla 1 de “IEEE-80-2013”)

α_r : Coeficiente térmico de resistividad a 20 [°C] [$1/^\circ C$] (Ver tabla 1 de “IEEE-80-2013”)

ρ_r : Resistencia del conductor a 20 °C [$\mu\Omega \cdot cm$] (Ver tabla 1 de “IEEE-80-2013”)

K_0 : Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 [°C]. (Ver tabla 1 de “IEEE-80-2013”)

A : Sección mínima del conductor [mm^2]

Obteniendo los siguientes resultados:

Intensidad de falla a tierra en RMS (I) [kA]	10,47
Tiempo de duración de la falla (tc) [seg]	1

Temperatura máxima que puede alcanzar el conductor y las uniones (Tm) [C]	200
Temperatura ambiente (Ta) [C]	40
Capacidad térmica del conductor (TCAP) [J/cm ³ *C]	3,4
Coeficiente térmico de la resistividad a 20 C (αr) [1/C]	0,00381
Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 C (K0)	242
Sección mínima del conductor (A) [mm²]	69,75

La sección mínima necesaria es mucho menor que los 120 [mm²] del cable de Cobre que se va a utilizar, por lo que no habría problemas. Se utiliza este cable por ser el normalizado de Red Eléctrica.

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el "ITC-RAT 13" y del "IEEE-80-2013", por lo que el diseño de la malla sería válido.

De todas formas, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez construida la Subestación, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

2.5 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda y/o de puntas Franklin sobre las columnas. Estos elementos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los hilos de guarda.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de los hilos de guarda y de las puntas Franklin contiene totalmente a las correspondientes partes bajo tensión.

Según la norma "UNE-EN 62305-1 de 2011" la zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la expresión:

$$r = 10 \cdot I^{0,65}$$

Donde:

I [kA]: Valor de la cresta de la corriente, está dada por la siguiente expresión:

$$I = 1,1 \frac{U \cdot n}{Z}$$

U [kV]: Tensión soportada a impulsos tipo rayo, $U = 1.425$ [kV]

n : Número de líneas conectadas a la subestación, $n = 2$

Z [Ω]: Impedancia característica de las líneas, $Z = 400$ [Ω] (valor típico)

Sustituyendo y aplicando estos valores se obtiene:

Valor de la cresta de la corriente (kA)	2,888
Radio crítico de cebado (r)	19,922

El radio crítico de cebado con centro en las puntas Franklin, en el centro en los amarres de los hilos de guarda y en su punto más bajo, cuyo emplazamiento se refleja en los planos correspondientes, garantiza el apantallamiento total de la instalación.

Por otro lado, la subestación y su aparamenta asociada queda protegida frente a las descargas atmosféricas mediante el cable de guarda.

A continuación se presentan las Figuras 2, 3 y 4 con vistas de secciones de la subestación en las cuales se puede apreciar el radio crítico aplicado.

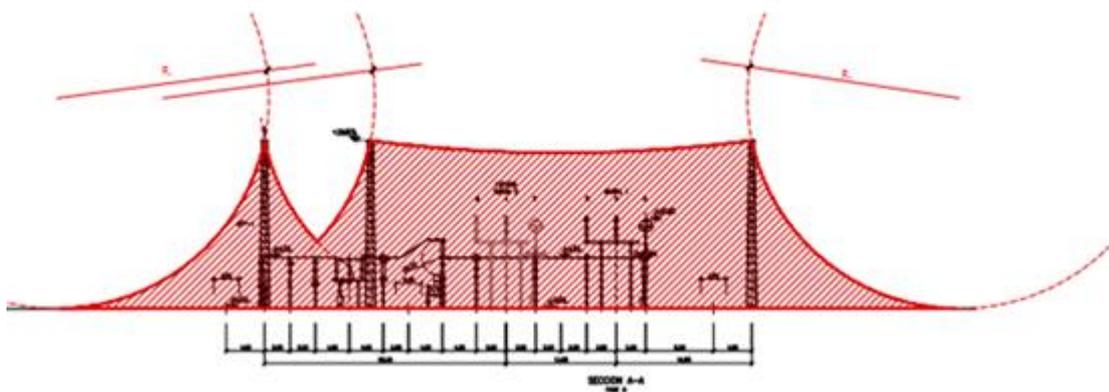


Figura 2. Vista sección A-A de la subestación.

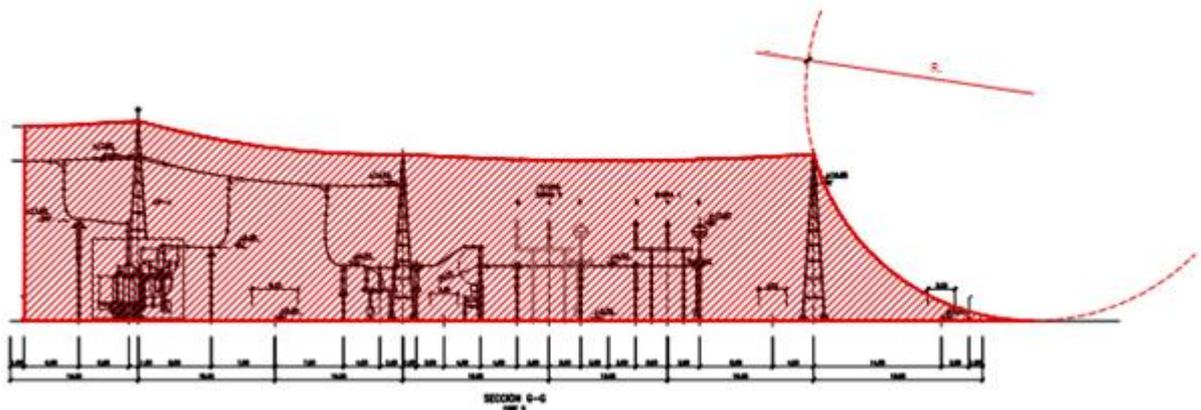


Figura 3. Vista sección G-G de la subestación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.as/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

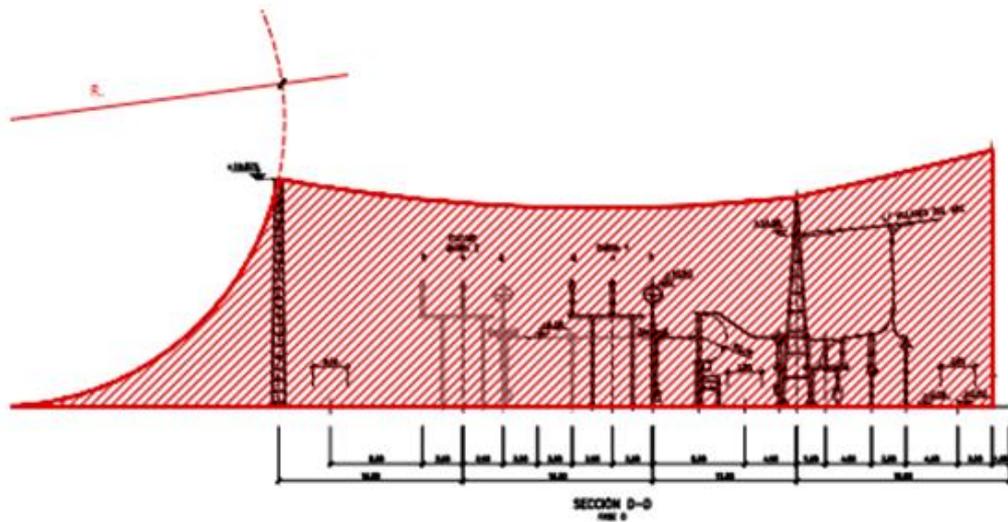


Figura 4. Vista sección D-O de la subestación.

Según la norma los cálculos obtenidos dan en la subestación una Zona de Protección contra Rayos (ZPR) de nivel 2, la cual supera las expectativas para la subestación.

Madrid, Noviembre de 2023

El Ingeniero industrial

David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Ingeniería de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

PEÑALBA 220 [kV]

ANEXO

CÁLCULOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

2.3.6	Distancia entre fases en cortocircuito	30
2.3.7	Distancias mínimas a adoptar.....	31
2.3.8	Efectos sobre conductores en haz.....	31
2.4	RED DE TIERRAS INFERIORES	32
2.5	RED DE TIERRAS SUPERIORES.....	38

1 OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones adoptadas en la subestación para los elementos más críticos de su configuración y, asimismo, para permitir la entrada y salida de la línea en la subestación.

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados rígidos.
- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados tendidos.
- Determinación de efecto corona.
- Red de tierras inferiores.
- Red de tierras superiores.

Cada apartado contiene la normativa aplicable en cada caso, las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos, criterios de validación y conclusiones.

2 SUBESTACIÓN PEÑALBA 220[kV]

2.1 CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS

2.1.1 Hipótesis de diseño.

La corriente de cortocircuito trifásica prevista en el horizonte 2026 es de 25,23 [kA]. Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de diseño:

Icc simétrica (Ik'') [kA]	40
R/X (sistema) [Ω/m]	0,07
Duración del cortocircuito (Tk) [seg]	0,5

Conductor rígido.

Se van a realizar interconexiones con dos tipos de tubos:

Tubo en embarrado principal	
Aleación	E-ALMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	150
Diámetro interior (d) [mm]	134

Tubo en embarrado secundario	
Aleación	E-ALMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	100
Diámetro interior (d) [mm]	88

Condiciones del vano.

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorables son las siguientes:

Vano A (Barras principales)	
Longitud de vano [m]	13,5
Distancia entre fases [m]	3,5
Anclajes	Fijo - Elástico
Vano B (Conexión entre aisladores soporte)	

Longitud de vano [m]	7
Distancia entre fases [m]	4
Anclajes	Fijo - Elástico

2.1.2 Condiciones de la instalación

La altura a la que se encuentra la subestación sobre el nivel del mar demarca la zona en la que se encuentra según la norma "ITC-LAT 2013", a partir de esto se realizan las consideraciones dependientes a la climatología que indican las normas "ITC-LAT 2013" y "EN 50341-1-2012"

- Sobrecarga debida al Hielo: para la consideración de este parámetro se utilizará la siguiente expresión que es proporcionada por la norma:

$$\text{Sobrecarga debida al Hielo} = P_1 \cdot \sqrt{d_{\text{exterior}}} \left[\text{kg/m} \right]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0, 0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

d_{exterior} : Diámetro exterior del tubo.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Coeficiente de norma (P1)	0,000
Sobrecarga debida al Hielo Vano A [kg/m]	0,000
Sobrecarga debida al Hielo Vano B [kg/m]	0,000

- Presión de viento: para la consideración de este parámetro se deben llevar a cabo la determinación de la densidad del aire a la altura correspondiente y la velocidad máxima del viento que se tendrá como parámetro, y las expresiones correspondientes son:

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} \rho V_h^2 \left[\text{N/m}^2 \right]$$

Donde:

ρ : Densidad del aire a la altura determinada, se define por medio de la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{\text{aire}} \frac{288}{T'} e^{-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H} \left[\text{kg/m}^3 \right]$$

T' : Diferencia de temperatura ambiente a la temperatura en servicio.

H : Altura a la que se encuentra la subestación.

V_h : Velocidad de viento máxima dada por la norma por el nivel de tensión, $V_h = 140 \text{ Km/h}$

Con lo cual tendremos que:

Densidad del aire calculada (ρ) [kg/m3]	1,143
--	-------

Presión del viento (N/m ²)	864,065
--	---------

2.1.3 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE-EN-60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.4 Características de los materiales / equipos a instalar

Conductor rígido	
Tubo en embarrado principal	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	150
Diámetro interior (d) [mm]	134
Espesor de la pared (e) [mm]	8
Peso propio unitario (Ppt) [kg/m]	9,64
Sección (A) [mm ²]	3569
Carga de rotura del material (a _R) [N/mm ²]	195
Momento de inercia (J) [cm ⁴]	902
Momento resistente (W) [cm ³]	120
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm ²]	70000
Límite de fluencia mínimo del material (R _{po2}) [N/mm ²]	160
Coefficiente de dilatación lineal (s) [1/°K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	3250
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116

Tubo en embarrado secundario	
Aleación	E-ALMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	100
Diámetro interior (d) [mm]	88
Espesor de la pared (e) [mm]	6
Peso propio unitario (Ppt) [kg/m]	4,78
Sección (A) [mm ²]	1772
Carga de rotura del material (a_R) [N/mm ²]	195
Momento de inercia (J) [cm ⁴]	197
Momento resistente (W) [cm ³]	39
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm ²]	70000
Límite de fluencia mínimo del material (R _{po2}) [N/mm ²]	160
Coefficiente de dilatación lineal (α) [1/K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	2040
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116

Características de los aisladores soporte

En los tramos del vano A y vano B correspondientes a las barras principales y secundarias respectivamente se instalan aisladores de las siguientes características mecánicas:

Características de los aisladores soporte	
Aisladores (Vano A, principal)	
Carga de rotura a flexión [N]	10000
Carga de rotura a torsión [N]	4000
Altura del aislador [mm]	2300
Altura de la pieza soporte [mm]	170
Aisladores (Vano B, secundario)	
Carga de rotura a flexión [N]	6000
Carga de rotura a torsión [N]	3000
Altura del aislador [mm]	2300
Altura de la pieza soporte [mm]	140

2.1.5 Cálculo mecánico del embarrado PRINCIPAL.

2.1.5.1 Cálculo Corriente de cortocircuito

Como ya se ha dicho, la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_k'') a efectos de diseño es de 40 [kA] en el parque de 220 [kV].

La intensidad de cresta, (Según la norma "UNE-EN 60909-0-2012") tiene un valor de:

$$I_p = \kappa \sqrt{2} I_k'' [kA]$$

Donde:

κ : Factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 e^{-3(R/X)}$$

R/X : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Intensidad de Cresta (kA)	102,636
Factor k	1,814

2.1.5.2 Tensión en el tubo

Esfuerzo por viento F_V :

$$F_V = P_{viento} \cdot d_{exterior} [N/m]$$

Esfuerzo por peso propio F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g [N/m]$$

Donde la gravedad está definida como $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y P_{pt} es el peso propio unitario de conductor rígido.

Esfuerzo por peso del cable amortiguador F_{pa} :

$$F_{pa} = \frac{4}{3} (\text{Peso del cable amortiguador}) \cdot g [N/m]$$

Donde el peso del cable amortiguador viene dado para los cuatro tercios de cable.

Esfuerzo por peso Total F_p :

$$F_p = F_{pp} + F_{pa} [N/m]$$

Esfuerzos por hielo F_h :

$$F_h = P_1 \cdot g \cdot \sqrt{d_{exterior}} [N/m]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0,0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

$d_{exterior}$: Diámetro exterior del tubo.

Esfuerzos por cortocircuito F_s :

La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad se obtiene de la expresión dada por la norma "UNE-EN 60865-1-2013":

$$F_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu_0}{a \cdot \pi} (I_p)^2 \quad [N/m]$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} [N/A^2]$).

a : Distancia media entre fases.

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

V_σ = factor que tiene en cuenta el efecto dinámico.

V_r = factor que tiene en cuenta el reenganche.

La frecuencia de vibración de un tubo está definida como:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad [Hz]$$

Donde:

I : Inercia de la sección del tubo.

m : Masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

E : Módulo de Young del material.

l : Longitud del vano.

γ : Coeficiente del tubo y los apoyos, 1,57 en este caso.

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema ($\frac{f_c}{50 Hz}$) establece los valores de V_σ y V_r de la siguiente forma:

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot X} + 0,54 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, está definida por:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \left(\frac{F_s \cdot l^2}{8 \cdot W}\right) \quad [N/mm^2]$$

Donde:

β : Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes, ver Figura1.

W : Módulo resistente de la sección del tubo.

La tensión de trabajo total en el tubo vendrá dada por la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las cargas uniformemente repartidas:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$$

Donde:

l : Longitud del vano.

W : Módulo resistente de la sección.

P : Carga repartida que produce el esfuerzo.

Por lo tanto se tendrá:

Por viento:
$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$$

Por peso propio:
$$\sigma_p = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_p \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$$

Por hielo:
$$\sigma_h = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_h \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2} \quad [N/mm^2]$$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia está expresado como:

$$\text{Coeficiente de Seguridad} = \frac{R_{po2}}{\sigma_{to}}$$

Como resultado a las anteriores definiciones se tendrá el siguiente resultado:

Esfuerzos por viento (Fv) [N/m]	129,610
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	94,568
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador (Fpa) [N/m]	20,928
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	115,496
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000
Esfuerzo por cortocircuito (Fs) [N/m]	521,309
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	2,205

Factor de efecto dinámico ($V\sigma$)	0,237
Factor de reenganche ($V\tau$)	1,834
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σ_m) [N/mm ²]	43,010
Tensión de trabajo de viento (σ_v) [N/mm ²]	24,606
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	67,616
Tensión de trabajo de peso propio (σ_p) [N/mm ²]	21,926
Tensión de trabajo por hielo (σ_h) [N/mm ²]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_{to}) [N/mm ²]	71,082
Coefficiente de seguridad	2,251

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma "UNE-EN 60865-1-2013" establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

$$1. \sigma_{to} \leq q \cdot R_{p02}$$

Donde:

R_{p02} : Límite de fluencia mínimo del material [N/mm²]

q : Factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^4}$$

$$t = d_{exterior} - d_{interior}$$

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_{to}) [N/mm ²]	71,08
Factor de resistencia del conductor (q)	1,414
Límite de fluencia mínimo del material (R_{p02}) * Factor de resistencia del conductor (q)	226,218

Cumple la condición 1.

$$2. \sigma_v + \sigma_m \leq R_{p02}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	67,616
--	--------

Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) [N/mm2]	160,000
---	---------

Cumple la condición 2.

Como se puede observar, el tubo está lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte

El máximo esfuerzo se producirá en los aisladores intermedios, considerando dos veces el esfuerzo producido en el extremo de un vano, según la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

Las acciones a considerar en este caso son solo horizontales. Así,

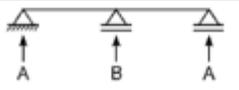
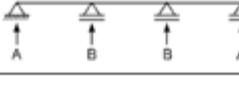
Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito: Según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{da} = F_s \cdot V_\sigma \cdot V_r \left[\frac{N}{m} \right]$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos se expresará de la siguiente forma:

$$F_t = 2 \cdot l \cdot \alpha \cdot (F_{da} + F_v) \left[\frac{N}{m} \right]$$

Donde α está definida por el tipo de viga y de soporte, como se presenta en la Figura 1.

Tipo de viga y de soporte		Factor α	Factor β^*	Factor γ
Vigas de un solo vano	A y B: soportes simples 	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: soporte empotrado B: soporte simple 	A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	A y B: soportes empotrados 	A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0,5$	3,56
Vigas continua con soportes simples equidistantes	Dos vanos 	A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	Tres o más vanos 	A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0,73$	3,56

* Se incluyen los efectos de plasticidad.

Figura 1. Factores α , β y γ para diferentes disposiciones de apoyos de embarrados.

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 [mm] por encima de la cabeza del aislador, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo. Por lo tanto se realiza el cálculo del esfuerzo en el punto de garantía (F'_t):

$$F'_t = F_t \cdot \frac{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador}) + 170 \cdot (\text{Cantidad de piezas})}{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador})} [N]$$

El aislador debe cumplir con las condiciones que en las peores condiciones presenten un coeficiente de seguridad frente a la carga de rotura de 1,15, el cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Carga de rotura de flexión del Aislador}}{F'_t}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Esfuerzos por viento en soporte central (Fv) [N]	129,610
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	226,555
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	4808,218
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	5163,608
Carga de rotura flexión aislador	1,937

2.1.5.4 Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \cdot 100 \quad [cm]$$

Donde:

P : Fuerza vertical por unidad de longitud (N/m)

l : Longitud del vano [m]

E : Módulo de elasticidad del material [N/mm²]

J : Momento de inercia de la sección [cm⁴]

α_f : Factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador y el manguito de hielo. Sustituyendo:

Fecha en el tubo [cm]	12,17851225
-----------------------	-------------

2.1.5.5 Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Donde:

l_0 : Longitud inicial del tubo [m].

α : Coeficiente de dilatación lineal del tubo, donde $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} [1/K]$.

$\Delta \theta$: Incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C).

Tendiendo como resultado:

Elongación del Embarrado (ΔL) [mm]	98,786
---	--------

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

2.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito (I_{th}) viene dada según la norma “UNE-EN 60865-1-2013” mediante siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k \sqrt{m + n}$$

Donde:

m : Coeficiente térmico de disipación, está determinado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{1}{2 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1)} [e^{(4 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1))} - 1]$$

n : Coeficiente térmico de disipación, que para las configuraciones que REE utiliza será 1.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito ρ_c 116 $[A/mm^2]$ de (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica se define por medio de la expresión ($S \cdot \rho_c$), por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Coeficiente (m)	1,95E-04
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	414,004
Intensidad térmica en corte circuito (I_{th}) [kA]	40,004

Se puede apreciar que la capacidad térmica del tubo es muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación.

2.1.5.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo elegido (I_{tubo}), está dada según el fabricante con 30 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de trabajo del tubo.

Según “DIN 43670”, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud y la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$K_1 = 0,96$ - Por la aleación elegida.

$K_2 = 1,34$, Para temperatura final de 80 °C.

$K_3 = 0,75$, Por ser tubería.

$K_4 = 1$, El factor K_4 solo se aplica si no hay bifurcación en una longitud de al menos 2 [m].

$K_5 = 0,98$, Para instalación a menos de 1.000 [m. s. n. m].

Según la citada norma la intensidad máxima será:

$$I_{max} = I_{tubo} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Y tendremos los siguientes resultados:

Imax [A]	3072,888
Potencia [MVA]	1170,928

Por lo que tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.1.6 Cálculo mecánico del embarrado SECUNDARIO

2.1.6.1 Corriente de cortocircuito

Como ya se ha dicho, la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_k'') a efectos de diseño es de 40 [kA] en el parque de 220 [kV].

La intensidad de cresta, (Según la UNE-EN 60909-0-2012) vale:

$$I_p = \kappa \sqrt{2} I_k'' [kA]$$

Donde:

κ : Factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 e^{-3(R/X)}$$

R/X : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Intensidad de Cresta (kA)	102,636
Factor k	1,814

2.1.6.2 Tensión en el tubo

Esfuerzo por viento F_V :

$$F_V = P_{viento} \cdot d_{exterior} [N/m]$$

Esfuerzo por peso propio F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g [N/m]$$

Donde la gravedad está definida como $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y P_{pt} es el peso propio unitario de conductor rígido.

Esfuerzo por peso del cable amortiguador F_{pa} :

$$F_{pa} = \frac{4}{3} (\text{Peso del cable amortiguador}) \cdot g \quad [N/m]$$

Donde el peso del cable amortiguador viene dado para los cuatro tercios de cable.

Esfuerzo por peso Total F_p :

$$F_p = F_{pp} + F_{pa} \quad [N/m]$$

Esfuerzos por hielo F_h :

$$F_h = P_1 \cdot g \cdot \sqrt{d_{\text{exterior}}} \quad [N/m]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0, 0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

d_{exterior} : Diámetro exterior del tubo.

Esfuerzos por cortocircuito F_s :

La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad se obtiene de la expresión dada por la norma "UNE-EN 60865-1-2013":

$$F_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu_0}{a \cdot \pi} (I_p)^2 \quad [N/m]$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} [N/A^2]$).

a : Distancia media entre fases.

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

V_σ = factor que tiene en cuenta el efecto dinámico.

V_r = factor que tiene en cuenta el reenganche.

La frecuencia de vibración de un tubo está definida como:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad [Hz]$$

Donde:

I : Inercia de la sección del tubo.

m : Masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

E : Módulo de Young del material.

l : Longitud del vano.

γ : Coeficiente del tubo y los apoyos, 1,57 en este caso.

Sustituyendo y operando:

$$f_c = 5,442 \text{ [Hz]}$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema $\left(\frac{f_c}{50 \text{ Hz}}\right)$, establece los valores de V_σ y V_r .

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot X} + 0,54 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 \text{ Hz}}\right)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 \text{ Hz}}\right)$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, está definida por:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \left(\frac{F_s \cdot l^2}{8 \cdot W}\right) \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Donde:

β : Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes, ver Figura1.

W : Módulo resistente de la sección del tubo.

La tensión de trabajo total en el tubo vendrá dada por la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las cargas uniformemente repartidas:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Donde:

l : Longitud del vano.

W : Módulo resistente de la sección.

P : Carga repartida que produce el esfuerzo.

Por lo tanto se tendrá:

Por viento: $\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot l^2}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Por peso propio: $\sigma_p = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_p \cdot l^2}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]}$

Por hielo: $\sigma_h = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_h \cdot l^2}{W} \text{ [N/mm}^2\text{]}$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2} \quad [N/mm^2]$$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia está expresado como:

$$\text{Coeficiente de Seguridad} = \frac{R_{po2}}{\sigma_{to}}$$

Como resultado a las anteriores definiciones se tendrá el siguiente resultado:

Esfuerzos por viento (Fv) [N/m]	86,407
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	46,892
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador [N/m]	10,464
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	57,356
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000
Fuerza por cortocircuito (Fs) [N/m]	456,146
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	5,442
Factor de efecto dinámico (Vσ)	0,449
Factor de reenganche (Vτ)	1,592
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σm) [N/mm2]	51,209
Tensión de trabajo de viento (σv) [N/mm2]	13,570
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σm) + (σv) [N/mm2]	64,779
Tensión de trabajo de peso propio (σp) [N/mm2]	9,008
Tensión de trabajo por hielo (σh) [N/mm2]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	65,403
Coeficiente de seguridad	2,446

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma "UNE-EN 60865-1-2013" establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

$$1. \sigma_{to} \leq q \cdot R_{po2}$$

Donde:

q: Factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^4}$$

$$t = d_{exterior} - d_{interior}$$

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_t) [N/mm ²]	65,403
Factor de resistencia del conductor (q)	1,431
Límite de fluencia mínimo del material ($R_{p0.2}$) * Factor de resistencia del conductor (q)	228,997

Cumple la condición 1.

2. $\sigma_v + \sigma_m \leq R_{p0.2}$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	64,779
Límite de fluencia mínimo del material ($R_{p0.2}$) [N/mm ²]	160,000

Cumple la condición 2.

Como se puede observar, el tubo está lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte

El máximo esfuerzo se producirá en los aisladores intermedios, considerando dos veces el esfuerzo producido en el extremo de un vano, según la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

Las acciones a considerar en este caso son solo horizontales. Así,

Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito que según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{da} = F_s \cdot V_\sigma \cdot V_r \quad [N/m]$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos se expresará de la siguiente forma:

$$F_t = 2 \cdot l \cdot \alpha \cdot (F_{da} + F_v) \quad [N/m]$$

Donde α está definida por el tipo de viga y de soporte, como se presenta en la Figura1.

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 [mm] por encima de la cabeza del aislador, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo. Por lo tanto se realiza el cálculo del esfuerzo en el punto de garantía (F'_t):

$$F'_t = F_t \cdot \frac{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador}) + 170 \cdot (\text{Cantidad de piezas})}{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador})} \quad [N]$$

El aislador debe cumplir con las condiciones que en las peores condiciones presenten un coeficiente de seguridad frente a la carga de rotura de 1,15, el cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

Carga de rotura de flexión del Aislador

$$F'_t$$

Se tienen los siguientes resultados:

Esfuerzos por viento en soporte central (Fv) [N]	86,407
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	326,066
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	2887,306
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	3100,715
Carga de rotura flexión aislador	1,935

2.1.6.4 Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \cdot 100 \quad [cm]$$

Donde:

P: Fuerza vertical por unidad de longitud (N/m)

l: Longitud del vano [m]

E: Módulo de elasticidad del material [N/mm²]

J: Momento de inercia de la sección [cm⁴]

α_f : Factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

La carga a considerar en este caso, es el peso propio del tubo, más el cable amortiguador y el manguito de hielo. Sustituyendo:

Fecha en el tubo [cm]	4,668055275
-----------------------	-------------

2.1.6.5 Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Donde:

l_0 : Longitud inicial del tubo [m].

α : Coeficiente de dilatación lineal del tubo, donde $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} [1/K]$.

$\Delta \theta$: Incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C).

Elongación del Embarrado (ΔL) [mm]	51,222
---	--------

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

2.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito (I_{th}) viene dada según la norma “UNE-EN 60865-1-2013” mediante siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n}$$

Donde:

m : Coeficiente térmico de disipación, está determinado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{1}{2 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1)} [e^{(4 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1))} - 1]$$

n : Coeficiente térmico de disipación, que para las configuraciones que REE utiliza será 1.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito ρ_c 116 $[A/mm^2]$ de (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica se define por medio de la expresión ($S \cdot \rho_c$), por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Coeficiente (m)	1,95E-04
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	205,552
Intensidad térmica en corte circuito (I_{th}) [kA]	40,004

Se puede apreciar que la capacidad térmica del tubo es muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación.

2.1.6.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo elegido (I_{tubo}), está dada según el fabricante con 30 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$K_1 = 0,96$ - Por la aleación elegida.

$K_2 = 1,34$, Para temperatura final de 80 °C.

$K_3 = 0,75$, Por ser tubería.

$K_4 = 1$, El factor K_4 solo se aplica si no hay bifurcación en una longitud de al menos 2 [m].

$K_5 = 0,98$, Para instalación a menos de 1.000 [m. s. n. m].

Según la citada norma la intensidad máxima será:

$$I_{max} = I_{tubo} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Y tendremos los siguientes resultados:

Imax [A]	1928,828
Potencia [MVA]	734,982

Tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.2 CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.

2.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.

Para el cálculo de la tensión crítica disruptiva (U_c) a partir de la cual el efecto corona puede manifestarse, aplicada a conductores cilíndricos, puede aplicarse la fórmula de Peek:

$$U_c = \rho \cdot m_0 \cdot \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cdot R \cdot \ln\left(\frac{GMD}{R}\right)$$

Donde:

m_0 : Coeficiente de irregularidad del conductor que toma el valor de 1 para tubo cilíndrico y liso.

R : Radio exterior del tubo en [cm]; para tubo de 150 [mm] toma un valor de 7,5 y para tubo de 100 toma un valor de 5 [cm].

GMD : Distancia media geométrica entre conductores en [cm]. Dado que se encuentran situados en un mismo plano y partiendo de que estén equidistantes entre si X [cm]:

$$GMD = \sqrt[3]{X \cdot X \cdot 2 \cdot X} = \sqrt[3]{2} \cdot X$$

$$GMD = 1,26 \cdot X \text{ [cm]}$$

δ : Densidad del aire. Según la norma "EN 50341-1-2012" La densidad del aire se representa a través de la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_0 \frac{288}{T_c} e^{(-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H)}$$

Donde H es la altura, T_c es el incremento de la temperatura desde el montaje hasta la puesta en servicio, ρ_0 es la densidad del aire estándar con valor 1,225 [kg/m^3].

E_0 : Valor eficaz de campo eléctrico crítico para la aparición del efecto corona. Para conductores paralelos el valor máximo de campo viene dado por:

$$E_0 = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot E_1 \cdot \left(1 + \frac{C_1}{\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0} + R}}\right)$$

Donde:

E_1 : Campo eléctrico disruptivo del aire ($E_1 = 30 [kV/cm]$)

C_1 : Constante dimensional empírica ($C_1 = 0,301 [\sqrt{cm}]$)

Atendiendo a las anteriores definiciones se tienen los siguientes resultados:

Efecto Corona VANO A	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,933
Coeficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	7,500
DMG [cm]	440,972
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	31,169
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	628,178
Efecto Corona VANO B	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,933
Coeficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	5,000
DMG [cm]	503,968
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	31,884
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	485,079

Esta tensión disruptiva está calculada para buen tiempo. Para el caso de tiempos de niebla, nieve o tempestad se debe considerar disminuida en un 20%, es decir, en este caso:

Tensión crítica disruptiva Embarrado A (Uc) [kV]	502,543
Tensión crítica disruptiva Embarrado B (Uc) [kV]	388,063

Por el hecho de estar en el mismo plano los conductores, la tensión disruptiva referida al conductor central debe ser disminuida en un 4% y aumentada en un 6% para los conductores laterales respectivamente.

Como se ve los valores obtenidos están muy alejados de la tensión eficaz entre fase y tierra de los conductores (142 [kV] para 245 [kV]) por lo que no es de esperar que el efecto corona se produzca.

2.3 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE EMBARRADOS TENDIDOS

2.3.1 Hipótesis de diseño

Desde el punto de vista de las aproximaciones entre fases que puedan producirse cuando se desplacen de forma simultánea dos conductores contiguos en condiciones de flecha máxima y con viento de 140 Km/h , las

distancias mínimas se han establecido de la forma que se indica para un vano de las siguientes características:

Longitud de vano (L) [m]	45
Flecha máxima (al 3%) [m]	1,20
Tipo de conductor	Dúplex RAIL
Cantidad de subconductores (n)	2
Diámetro del conductor (\varnothing)/(d) [mm]	29,61
Sección del conductor (A_s) [mm ²]	516,8
Peso propio del conductor (m_s) [kg/m]	1,6
Módulo de elasticidad (E) [N/mm ²]	61000
Distancia entre fases (a) [m]	4
Longitud media de cadenas [m]	4
Separación entre conductores de la misma fase (a_s) (mm)	400
Rigidez de los soportes (S) [N/m]	75000
Tiempo de despeje de defecto (Tk1) [seg]	1
Intensidad de cortocircuito (Ik3) [kA]	40
Relación R/X del sistema	0
Tensión máxima a 50°C [kg]	676
Fuerza de tensión máxima en el cable a 50°C (Fst) [N]	6631,56
Radio medio geométrico (GMR) [mm]	76,955
Distancia media geométrica (GMD) (L_s) [m]	5,04

Se comprobará además, el desplazamiento máximo en cortocircuito y la pérdida de distancia que esto produce, de acuerdo con lo estipulado en la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

2.3.2 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes normas y reglamentos:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 60865-1, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE-EN-60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable, con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.3.3 Desplazamiento del vano con viento

La presión sobre el conductor debida al efecto del viento, según RLAT para conductores de diámetro mayor a 16 [mm] está dado por la siguiente ecuación:

$$P = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2$$

Donde V_v es la velocidad máxima de viento, y nuestro diseño esta supuesto con una velocidad de viento máxima de 140 [km/h].

Para este caso, tendremos en cuenta la fuerza del viento (F_v) que se ejerce de forma directa sobre el diámetro de cada conductor, y tendremos:

$$F_v = P \cdot D_{conductor}$$

Donde $D_{conductor}$ es el diámetro del conductor.

Ahora se procederá a realizar el cálculo de la distancia mínima entre conductores, el cual se realizará por medio del desplazamiento máximo del conductor (d_{max}) y del ángulo de oscilación (θ), estos están dados por:

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{F_v}{\text{Peso del conductor}} \right)$$

$$d_{max} = f_{max} \text{sen}(\theta)$$

En estas condiciones, dada la escasa probabilidad de simultaneidad de viento y sobretensión, la distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada entre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinará según la norma "ITC LAT_07_OCT13" por la formula siguiente:

$$D_{min} = K\sqrt{F + L} + K'D_{pp}$$

Donde:

K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea y ángulo de oscilación.

F : Flecha máxima.

L : Longitud de la cadena de suspensión (si se posee).

D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores durante sobretensiones de frente lento o rápido.

Por medio de las anteriores definiciones se tendrá:

Presión del viento sobre el conductor (Pv) [kg/m ²]	68,056
Fuerzas del viento sobre los conductores (Fv) [kg/m]	2,015
Ángulo de oscilación de desplazamiento (Θ) [Grados]	51,551
Coeficiente K	0,650
Coeficiente Dpp	2,000
Desplazamiento del conductor (dmax) [m]	0,940
Distancia mínima entre conductores (Dmin) [m]	2,412

Distancia inferior a la adoptada que es de 4 [m] para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia adoptada teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.3.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito

Dimensiones y parámetros característicos.

El esfuerzo debido a un defecto bifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0,75 \cdot \frac{I_{k3}^2}{a} \cdot \frac{l_c}{l}$$

Donde:

I_{k3} : Corriente simétrica de cortocircuito trifásico.

l_c : Longitud del vano sin cadenas.

l : Longitud total del vano.

a : Separación entre fases.

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4 \pi * 10^{-7} [N/A^2]$).

La proporción entre el peso propio y la fuerza de cortocircuito tendrá un valor de:

$$r = \frac{F'}{n m_s g}$$

Donde:

n : Número de conductores por fase.

m_s : Peso de uno de los conductores.

g : Aceleración de la gravedad ($9,81 [m/s^2]$)

La dirección resultante de la fuerza sobre el conductor será:

$$\delta_1 = \arctg(r)$$

La flecha estática en el conductor tendido tendrá un valor de:

$$b_c = \frac{n m_s g * l^2}{8F_{st}}$$

Donde F_{st} es la fuerza de tracción estática del conductor para el caso más desfavorable, que será la flecha máxima para 50°C.

Para esta flecha, el periodo de oscilación tendrá el siguiente valor:

$$T = 2\pi \sqrt{0,8 \frac{b_c}{g}}$$

El período resultante en caso de cortocircuito valdrá:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1+r^2} \left[1 - \frac{\pi^2}{64} \left(\frac{\delta_1}{90} \right)^2 \right]}$$

El módulo de Young real del conductor vale, en función de la carga límite del cable (σ_{fin}):

$$E = \begin{cases} E \left[0,3 + 0,7 \operatorname{sen} \left(\frac{F_{st}}{n A_s \sigma_{fin}} 90^\circ \right) \right] & \text{si } \frac{F_{st}}{n A_s} \leq \sigma_{fin} \\ E & \text{si } \frac{F_{st}}{n A_s} > \sigma_{fin} \end{cases}$$

Donde:

σ_{fin} : tiene un valor de $5 \cdot 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$ (menor valor de la tensión de mecánica del conductor cuanto E llega a ser constante)

A_s : Sección de un conductor.

n : Número de conductores por haz.

El factor de tensión mecánica del conductor se define como:

$$\zeta = \frac{(n \cdot m_s \cdot g \cdot l)^2}{24 \cdot F_{st}^3 \cdot N}$$

Donde N es la Norma de rigidez del sistema mecánico compuesto, que se define por la siguiente expresión:

$$N = \frac{1}{S \cdot l} + \frac{1}{n \cdot E \cdot A_s}$$

El ángulo de oscilación del vano durante el paso, o al fin del mismo, de la corriente de cortocircuito viene dado por la expresión:

$$\delta_{end} = \begin{cases} \delta_1 \left[1 - \cos \left(360 \frac{T_{k1}}{T_{res}} \right) \right] & \text{para } 0 \leq \frac{T_{k1}}{T_{res}} \leq 0,5 \\ 2 \delta_1 & \text{para } \frac{T_{k1}}{T_{res}} > 0,5 \end{cases}$$

El ángulo máximo de oscilación que se puede producir corresponde a una duración de cortocircuito inferior o igual a la duración del cortocircuito establecida T_{k1} , y se calcula como:

$$\delta_{max} = \begin{cases} 1,25 \operatorname{arcos} \chi & \text{si } 0,766 \leq \chi \leq 1 \\ 10^\circ + \operatorname{arcos} \chi & \text{si } -0,985 \leq \chi \leq 0,766 \\ 180^\circ & \text{si } \chi \leq -0,985 \end{cases}$$

Con

$$\chi = \begin{cases} 1 - r \operatorname{sen} \delta_{end} & \text{si } 0 \leq \delta_k \leq 90^\circ \\ 1 - r & \text{si } \delta_k > 90^\circ \end{cases}$$

Por lo tanto se tendrán los siguientes datos:

Carga electromagnética sobre conductores principales (F') [N/m]	49,333
Relación entre la fuerza electromagnética y la de gravedad sobre el conductor (r)	1,572
Dirección de la fuerza resultante sobre el conductor (α_1) [grados]	57,530
Flecha estática equivalente del conductor (bc) [m]	1,198
Periodo de oscilación del conductor (T) [segundos]	1,964
Periodo de oscilación del conductor en cortocircuito (Tres) [segundos]	1,439
σ fin [N/m ²]	5,00E+07
Módulo de Young real (Eeff) [10 ¹⁰ N/m ²]	2,68
Norma de rigidez (N) [1/N]	3,32E-07
Factor de tensión mecánica del conductor principal (ξ)	0,858
Ángulo en relación a su posición régimen permanente (α_{end}) [grados]	90,592
Coeficiente (X)	-0,572
Ángulo de oscilación calculado (α_{max}) [grados]	134,857

Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito

De acuerdo con la norma de referencia, la fuerza de tensión en cortocircuito, para conductores compuestos (haces), se calcula por:

$$F_{t,d} = F_{st}(1 + \psi \cdot \varphi)$$

Donde:

F_{st} : Es la fuerza estática en el conductor.

φ : Es el parámetro de carga, que tiene en cuenta el esfuerzo combinado de peso y cortocircuito en función del tiempo de despeje frente al período de oscilación del conductor, y valdrá:

$$\varphi = \begin{cases} 3(\sqrt{1+r^2}-1) & \text{si } T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ 3(r \operatorname{sen} \delta_{end} + \operatorname{cos} \delta_{end} - 1) & \text{si } T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

ψ : Es un parámetro que combina los dos factores de carga ζ y φ , y que se calcula como una solución real de la ecuación:

$$\varphi^2 \psi^3 + \varphi(2 + \zeta) \psi^2 + (1 + 2\zeta) \psi - (2 + \varphi) \zeta = 0$$

2.3.5 Aproximación de conductores

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

$$b_h = \begin{cases} C_f \cdot C_d \cdot b_c \cdot \text{sen} \delta_1 & \text{si } \delta_{max} \geq \delta_1 \\ C_f \cdot C_d \cdot b_c \cdot \text{sen} \delta_{max} & \text{si } \delta_{max} < \delta_1 \end{cases}$$

En donde C_f es un factor experimental que cubre las variaciones de la curva de equilibrio del cable durante el defecto, y su valor es:

$$C_f = \begin{cases} 1,05 & \text{si } r \leq 0,8 \\ 0,97 + 0,1r & \text{si } 0,8 \leq r \leq 1,8 \\ 1,15 & \text{si } r \geq 1,8 \end{cases}$$

El factor C_d considera los aumentos de la flecha debidos a la elongación elástica y térmica y puede obtenerse por la expresión:

$$C_d = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left(\frac{1}{b_c}\right)^2 (\epsilon_{ela} + \epsilon_{th})}$$

La deformación elástica viene dada por:

$$\epsilon_{ela} = (F_{t,d} - F_{st}) \cdot N$$

Y la deformación térmica:

$$\epsilon_{th} = \begin{cases} C_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{res}}{4} & \text{si } T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ C_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s}\right)^2 \frac{T_{k1}}{4} & \text{si } T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

Y así, tendremos los siguientes resultados:

Parámetro de carga (Φ)	2,588
Fuerza de tracción ($F_{t,d}$) [N]	15089,501
Valor de Ψ	0,493
Coefficiente de Expansión elástica (E_{ela})	2,81E-03
Coefficiente térmico del cable (C_{th}) [m4/A2s]	2,70E-19
Coefficiente de Expansión térmica (E_{th})	1,45E-04
Incremento de la flecha causado por alargamiento elástico y térmico (C_d)	1,000
Incremento de la flecha dinámica del conductor por el cambio de forma de curva (C_f)	1,127
Flecha dinámica resultante (F_{ed}) [m]	1,351
Fuerza de tracción por caída después del cortocircuito ($F_{s,t}$) [N]	19721,873
Desplazamiento horizontal del vano (b_h) [m]	1,140

2.3.6 Distancia entre fases en cortocircuito

Distancia entre conductores de diferente fase en cortocircuito:

$$D = a - 2b_h$$

Distancia entre fases en cortocircuito (a min) [m]	1,720
--	-------

Por lo tanto se cumplen las distancias mínimas entre fases en cortocircuito adoptadas entre fases.

Es por lo tanto apropiada la dimensión de anchura de la calle y la de separación entre conductores para cumplir los requisitos de aislamiento permanente y temporal en los casos más desfavorables y para la configuración propuesta, dado que estamos muy por encima de los 1,10 [m] de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.3.7 Distancias mínimas a adoptar

En base a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la ITC-RAT 12 de UNE-EN 60071 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

DISTANCIAS FASE TIERRA.....	2,10 [m]
DISTANCIAS FASE-FASE.....	2,10 [m]

2.3.8 Efectos sobre conductores en haz

Se especifica en la norma “UNE-EN 60865-1 de 2013” que para realizar el cálculo de la fuerza de tracción se deben realizar una serie de pasos, los cuales realizaremos a continuación para dicho cálculo:

- Se verificará si existe entrechoque efectivo entre los conductores, para que exista dicho entrechoque se debe cumplir una de las siguientes condiciones:

$$\frac{a_s}{d} \leq 2 \text{ y } l_s \geq 50 a_s$$

$$\frac{a_s}{d} \leq 2,5 \text{ y } l_s \geq 70 a_s$$

Donde (a_s) es la distancia entre conductores de la misma fase, (d) es el diámetro de los conductores (l_s) es la distancia media geométrica entre fases.

- Si no existe entrechoque efectivo se debe proceder a calcular si los conductores chocan entre sí o si no se chocan, para ello se deben realizar el cálculo del parámetro de choque.

Primero se hará el cálculo del factor V_1 , V_2 y V_3 , por medio de estos valores vamos a calcular la fuerza en los conductores de haz de la corriente de cortocircuito (F_v), los factores de deformación que caracterizan la contracción del haz (E_{st} y E_{pi}) y por último el parámetro de entrechoque (j), que se calculan según indica la norma.

A partir de las fórmulas anteriores y con los resultados obtenidos, nos vamos a remitir a la condición de choque que nos plantea la norma:

“ $j \geq 1$ Los subconductores entrechocan, $j < 1$ los subconductores reducen su distancia pero no entrechocan”

- Luego de realizar el paso anterior, se procederá al cálculo de la fuerza de tracción en caso de entrechoque $F_{pi,d}$, para poder realizar este cálculo se debe obtener el valor del factor V_e y V_4 como lo pide la norma.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COLIM, Codi Ver: 5815566, Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZALEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: https://www.colim.es/verificaci3n/Codi Ver: 5815566

A continuación se muestran los resultados a los cálculos anteriores:

Fuerza de tracción en haces (F_{pi,d}) [N]	30017,504
Condición de entrechoque efectivo	NO APLICA
Factor V1 del conductor	2,722
Factor V2 del conductor	2,625
Factor V3 del conductor	0,232
Factor V4 del conductor	12,509
Fuerza de la corriente de cortocircuito (F _v) [N]	11384,492
Factor de deformación Estático (Est)	0,612
Factor de deformación Dinámico (E _{pi})	7,148
Parámetro de configuración de entrechoque (j)	2,106
Factor V _e del conductor	1,740
Factor de seguridad	2,50

Donde se cumple que la fuerza de tracción de los conductores en haz sobre los aisladores es menor que la carga de rotura del aislador.

2.4 RED DE TIERRAS INFERIORES

Para el cálculo de la red de tierras se tendrán en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación, en su artículo "ITC-RAT 13", así como la norma "IEEE-80-2000: IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

La red de tierras a realizar en el parque de 220 kV se conectará con la red de tierras del resto de la subestación de 400[kV]. Se estima que la red de tierras existente presenta la misma retícula que la empleada en la zona de la ampliación para realizar el cálculo de la malla en su conjunto.

- Valor de la resistividad del terreno

Se considera como valor de la resistividad del terreno, a efectos de cálculo será de 200 [$\Omega \cdot m$].

- Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

Los datos utilizados para el cálculo de la red de tierras son:

Tiempo de despeje de la falta (t) [seg]	0,5
Intensidad de la falta monofásica a tierra [kA]	23,93
Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ) [Ωm]	3.000
Coeficiente reductor (C _s)	0,676688453
Resistividad superficial aparente (ρ_{as}) [Ωm]	2.030
Tensión aplicada admisible (U _{ca}) [V]	204

Tensión aplicada admisible (Upa) [V]	2.040
Espesor de capa de gravilla (hs) [m]	0,1
Resistencia equivalente al calzado (Ra1) [Ω]	2000

Según la "ITC-RAT 13", para tiempos de duración del defecto de 0,5 [s] las tensiones de paso y de contacto admisibles aplicadas serán:

$$U_{ca} = 204 [V]$$

$$U_{pa} = 10 * U_{ca} = 2040 [V]$$

Según el ITC-RAT 13, las tensiones de paso y contacto máximas admisibles (considerando todas las resistencias) son:

- Tensión de paso: $U_p = 10 * U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot Ra1 + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right] [V]$
- Tensión de contacto: $U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{Ra1 + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] [V]$

Según la norma "IEEE-80-2013" dichos valores pueden ser calculados para una persona de 70 kg de peso promedio por medio de las siguientes expresiones:

- Tensión de paso: $E_{paso} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} [V]$
- Tensión de contacto: $E_{contacto} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} [V]$
- Siendo C_s el factor de reducción siguiente: $C_s = 1 - \left(\frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \right)$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]

ρ_s : Resistividad de la gravilla [$\Omega \cdot m$]

h_s : Espesor capa de gravilla [m]

Con lo que se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de paso (Vp) [V]	35.048
Tensión de contacto (Vp) [V]	1.029
Tensión de paso (E_paso) [V]	1516,193018
Tensión de contacto (E_contacto) [V]	502,0848343

- Resistencia de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de la red de tierras se utiliza la siguiente expresión:

$$R_g = \rho \cdot \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{\frac{20}{A}}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$

Donde:

- ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]
- L : Longitud total de conductor enterrado [m]
- h : Profundidad de enterramiento del conductor [m]
- A : Superficie ocupada por la malla [m^2]

Por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Resistividad del terreno (ρ) [$\Omega \cdot m$]	200
Longitud total del conductor enterrado (L) [m]	13.500
Profundidad de enterramiento del conductor (h) [m]	0,6
Superficie ocupada por la malla (A) [m^2]	29.000
Resistencia de la red de tierras [Ω]	0,54

- Intensidad de defecto a tierra

El valor tomado de la intensidad monofásica de cortocircuito para la subestación según la norma "IEEE Std 80-2013/Cor1-2015. Capítulo 15" está dada por las siguientes expresiones:

$$I_g = \frac{Z_{equ}}{(Z_{equ} + R_g)} X$$

Donde:

- I_g : Intensidad disipada por la malla [kA]
- R_g : Resistencia de la malla [Ω]
- Z_{equ} : Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω], está dada por la siguiente expresión

$$Z_{equ} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{L1}} + \frac{1}{Z_{L2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Ln}}}$$

X : Variable que depende de la suma de las diferencias de cada una de las aportaciones de intensidad que se dan a la I_{cc} , y se define con la siguiente expresión:

$$X = \sum_{i=1}^n (I_{Li} - I_{Li} \cdot P_{Ln})$$

I_{Ln} : Intensidad de cortocircuito aportada por la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas [kA]

P_{Ln} : Factor de reducción por inducción de la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas.

Z_{Ln} : Impedancia en cadena de hilo de guarda de la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas [Ω]

Con lo cual tabulando tendremos:

Resistencia de la red de tierras [Ω]	0,54
Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω]	1,02
Variable X [kA]	20,25
Intensidad disipada por la malla (I_g) [kA]	13,30

- Evaluación de tensiones de paso y contacto

Los datos iniciales utilizados para el cálculo son:

Resistividad del terreno (ρ) [Ω m]	200
Espaciado medio entre conductores (D) [m]	5
Profundidad del conductor enterrado (h) [m]	0,6
Diámetro del conductor (d) [m]	0,0142
Longitud del conductor enterrado (L) [m]	13500
Intensidad disipada por la malla (I _g) [kA]	13,30

La norma "IEEE-80-2013" propone desarrollar las siguientes expresiones para el cálculo de la tensión de contacto de verificación:

$$E_{contacto} = \rho K_m K_i \frac{I_g}{L} \quad [V]$$

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

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

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

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_C}{L_P}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Donde:

L_c : Longitud del conductor de la (no incluye las picas) [m]

L_p : Longitud del perímetro de la malla [m]

L_x : Longitud máxima de la malla en la dirección x [m]

L_y : Longitud máxima de la malla en la dirección y [m]

D_m : Distancia máxima entre dos puntos en la malla [m]

L : Longitud efectiva de la malla para la tensión de paso [m]

Y las expresiones que permiten obtener la tensión de paso son:

$$E_{paso} = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L} \quad [V]$$

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

Teniendo como resultado:

Parámetro Kh	1,264911064
Parámetro Ki	11,21218488
Parámetro Kii	0,870257869
Parámetro n	71,40665463
Parámetro na	24,32432432
Parámetro nb	1,276532847
Parámetro nc	1,275714774
Parámetro nd	1,802653775
Longitud del conductor de la malla (Lc) [m]	13500
Longitud del perímetro de la malla (Lp) [m]	1110
Longitud máxima de la malla en la dirección x (Lx) [m]	300
Longitud máxima de la malla en la dirección y (Ly) [m]	195
Distancia máxima entre dos puntos lejanos de la malla (Dm) [m]	645
Parámetro Km	0,432441865
Parámetro Ks	0,385760365
Tensión de paso de verificación (E_paso) [V]	1.136
Tensión de contacto de verificación (E_contacto) [V]	955

Los valores obtenidos son menores que los valores límite tanto de la norma "IEEE-80-2000" como de la "ITC-RAT13"

- Análisis de Conductor

La sección del conductor que constituye la malla de tierra debe ser tal que soporte la mitad de la intensidad (porque en el diseño de la malla se establece que en cada punto de puesta a tierra llegan al menos dos conductores de la malla) sin superar la temperatura máxima de 300 [°C] y con una duración de 1 segundo. Esto supone unas densidades de corriente máximas admisibles, según la norma "ITC-RAT-13" las densidades de corriente máximas para los conductores serán:

- » 192 A/mm² para el cobre.
- » 72 A/mm² para el acero.

Para determinar la sección mínima del conductor se utiliza la expresión que indica el estándar "IEEE 80" para conductores de cobre se tendrá que:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Donde:

I : Mitad de la intensidad de falta a tierra [kA]

t_c : Tiempo duración de la falla [s]

T_m : Temperatura máxima que pueden alcanzar el conductor y las uniones [°C]

T_a : Temperatura ambiente [°C]

$TCAP$: Capacidad Térmica del conductor [$J/cm^3 \cdot ^\circ C$] (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

α_r : Coeficiente térmico de resistividad a 20 [°C] [$1/^\circ C$] (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

ρ_r : Resistencia del conductor a 20 °C [$\mu\Omega \cdot cm$] (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

K_0 : Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 [°C]. (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

A : Sección mínima del conductor [mm^2]

Obteniendo los siguientes resultados:

Intensidad de falla a tierra en RMS (I) [kA]	10,47
Tiempo de duración de la falla (tc) [seg]	1
Temperatura máxima que puede alcanzar el conductor y las uniones (Tm) [C]	200
Temperatura ambiente (Ta) [C]	40
Capacidad térmica del conductor (TCAP) [J/cm3*C]	3,4
Coeficiente térmico de la resistividad a 20 C (αr) [1/C]	0,00381
Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 C (K0)	242

Sección mínima del conductor (A) [mm²]	69,75
--	--------------

La sección mínima necesaria es mucho menor que los 120 [mm²] del cable de Cobre que se va a utilizar, por lo que no habría problemas. Se utiliza este cable por ser el normalizado de Red Eléctrica.

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el "ITC-RAT 13" y del "IEEE-80-2013", por lo que el diseño de la malla sería válido.

De todas formas, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez construida la Subestación, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

2.5 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda y/o de puntas Franklin sobre columnas. Estos elementos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los hilos de guarda.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de los hilos de guarda y de las puntas Franklin contiene totalmente a las correspondientes partes bajo tensión.

Según la norma "UNE-EN 62305-1 de 2011" la zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la expresión:

$$r = 10 \cdot I^{0,65}$$

Donde:

I [kA]: Valor de la cresta de la corriente, está dada por la siguiente expresión:

$$I = 1,1 \frac{U \cdot n}{Z}$$

U [kV]: Tensión soportada a impulsos tipo rayo, $U = 1.050$ [kV]

n : Número de líneas conectadas a la subestación, $n = 2$

Z [Ω]: Impedancia característica de las líneas, $Z = 400$ [Ω] (valor típico)

Sustituyendo y aplicando estos valores se obtiene:

Valor de la cresta de la corriente (kA)	2,888
Radio crítico de cebado (r)	19,922

El radio crítico de cebado con centro en las puntas Franklin, en el centro en los amarres de los hilos de guarda y en su punto más bajo, cuyo emplazamiento se refleja en los planos correspondientes, garantiza el apantallamiento total de la instalación.

Por otro lado, la subestación y su aparamenta asociada queda protegida frente a las descargas atmosféricas mediante el cable de guarda.

A continuación se presentan las Figuras 2, 3 y 4 con vistas de secciones de la subestación en las cuales se puede apreciar el radio crítico aplicado.

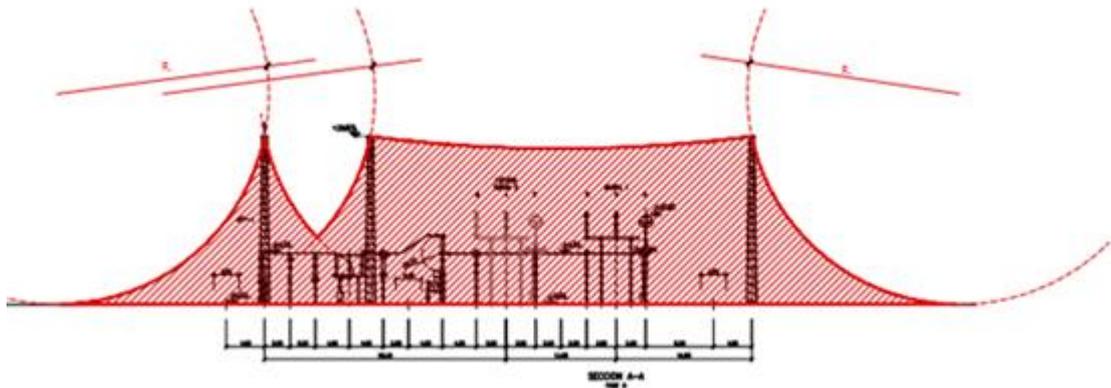


Figura 2. Vista sección A-A de la subestación.

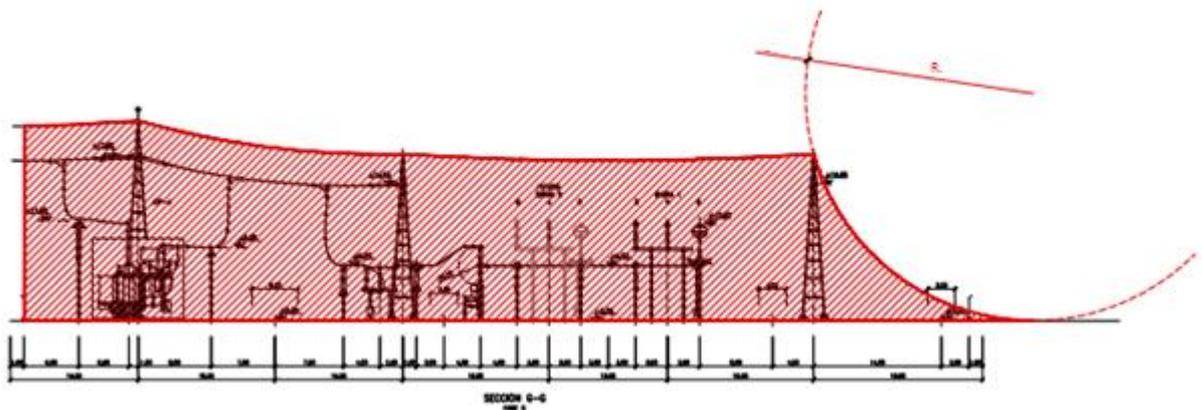


Figura 3. Vista sección G-G de la subestación.

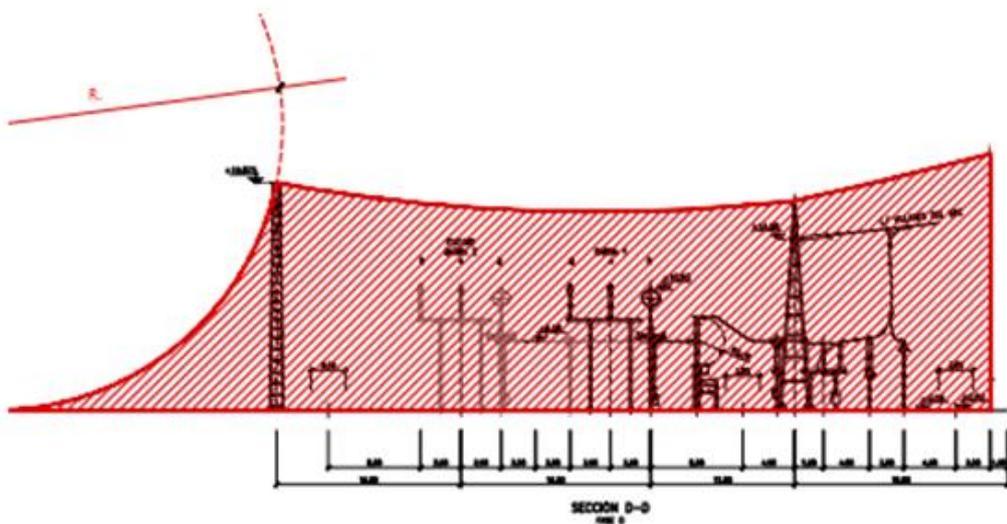
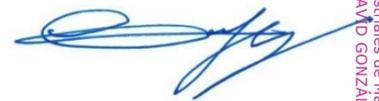


Figura 4. Vista sección D-O de la subestación.

Según la norma los cálculos obtenidos dan en la subestación una Zona de Protección contra Rayos (ZPR) de nivel 2, la cual supera las expectativas para la subestación.

Madrid, Noviembre de 2023

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No Colegiado: 11729, Colegiado: DAMD GONZÁLEZ, JUAN CARLOS para comprobar su validez: <https://www.colim.asy/Verificacion>, Cod.Ver: 5834560.

red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 2

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

Contenido

1	OBJETO	3
2	NORMATIVA APLICABLE	4
2.1	EQUIPAMIENTO Y MONTAJE	4
2.2	OBRA CIVIL	4
2.2.1	Estructuras	4
2.2.2	Varios	4
3	GESTIÓN DE CALIDAD	6
4	GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	6
5	SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....	6
6	VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN	6

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Colgado: 16/12/2024. Registrado: 16/12/2024. Para comprobar su validez: <https://www.colim.asp/Verificacion>. Cod. Ver: 5834560.

1 OBJETO

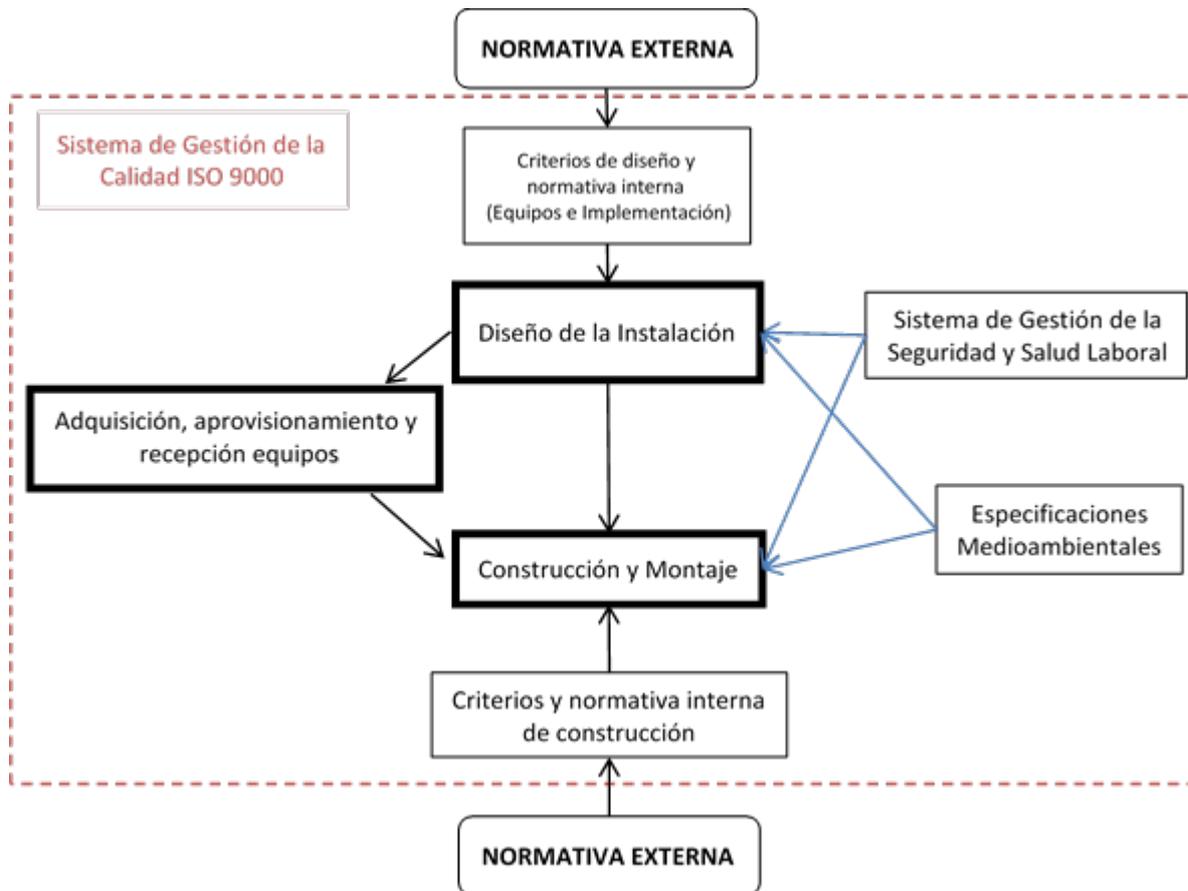
El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje para lo que se han considerado los siguientes aspectos.

1º Normativa: Los equipos y su montaje será conforme a la normativa legal y de referencia.

2º Gestión de Calidad: El Plan de Calidad recoge las características técnicas de los equipos y su montaje. Además, la certificación ISO-9000 asegura la calidad de la instalación construida.

3º Gestión medioambiental: Con el objeto de minimizar los impactos que puedan acarrear la construcción y funcionamiento de la instalación.

4º Seguridad Laboral: Para asegurar que tanto el montaje como la explotación de los equipos de esta instalación cumplen con las medidas de seguridad requeridas.



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.as/Verificacion>, Cod.Ver: 5834560.

2 NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán por el orden en que se relacionan, cuando no existan contradicciones legales, las siguientes normas:

- Normativa de RED ELÉCTRICA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección).
- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

2.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

El presente Proyecto ha sido redactado basándose en los anteriores reglamentos y normas, y más concretamente, en los siguientes, que serán de obligado cumplimiento:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18 de septiembre de 2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

2.2 OBRA CIVIL

2.2.1 Estructuras

- **Acciones en la edificación**
- Documento básico de seguridad estructural DB-SE-AE "Acciones en la Edificación" del Código técnico de la edificación. R.D. 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.
- Norma de construcción sismo-resistente: parte general y edificación (NCSR-02). R.D. 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento. BOE 11 de octubre de 2002.

- **Acero**
- Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio.
- **Hormigón**
- Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio.
- **Forjados**
- Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.

2.2.2 Varios

- Normas tecnológicas de la edificación. Decreto del Ministerio de la Vivienda nº 3565/72, de 23 de diciembre. BOE del 15 de enero de 1973.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Instrucciones técnicas complementarias en subestaciones. Real Decreto nº 842/02 de 2 de agosto, en BOE del 18 de septiembre de 2002.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

3 GESTIÓN DE CALIDAD

Afecta a los procesos: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos y también a los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos. Sistema de calidad certificado que cumple con la normativa ISO 9000.

4 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Las obras del proyecto se ejecutan garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable. En el *Anexo 2.1 Especificaciones técnicas de carácter ambiental* de este documento se detallan los aspectos medioambientales que rigen la ejecución de este proyecto.

5 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el *Estudio de Seguridad y Salud* correspondiente para su ejecución.

6 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

De acuerdo con los sistemas de gestión certificados, se garantiza el correcto montaje verificado y validando la instalación y equipos mediante:

- **Pruebas en vacío**

Una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico se procederá a la realización de las pruebas en vacío de la Instalación de acuerdo con las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna.

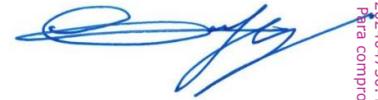
- **Pruebas en tensión**

Las pruebas en tensión tendrán por objeto comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el Proyecto.

Los protocolos de las pruebas a realizar así como los criterios para su ejecución serán redactados conforme a lo especificado en la documentación técnica aplicable.

Madrid, Noviembre de 2023

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No. 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. No. Colegiado: 1729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar la validez de la firma electrónica: https://www.colim.as/Verificacion. Cod. Ver.: 5834560.

red eléctrica

Una empresa de Redeia

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.as/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 2
ANEXO 1

REQUISITOS AMBIENTALES
ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este documento tiene por objeto establecer los requisitos de carácter ambiental que se deben cumplir en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico que se van a realizar en la ampliación subestación PEÑALBA 400 kV para minimizar los posibles impactos ambientales que puede conllevar el desarrollo de los trabajos de construcción.

El alcance de esta especificación comprende todos los trabajos de obra civil y montaje electromecánico de la subestación.

2.1.6 Incidentes con consecuencias ambientales

Se consideran incidencias medioambientales aquellas situaciones que por su posible afección al medio requieren actuaciones de emergencia.

Los principales incidentes que pueden tener lugar son incendios y fugas/derrames de material contaminante.

El riesgo de incendios viene asociado principalmente al almacenamiento y manipulación de productos inflamables. Se establecerán todas las medidas de prevención de incendios y se prestará especial atención para que los productos inflamables no entren en contacto con fuentes de calor: trabajo de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarrillos etc. En el lugar de trabajo se contará con los medios de extinción adecuados, contemplando el cumplimiento de la Normativa interna de REE, respecto a la prevención de incendios forestales (ET239) en caso de que ésta sea de aplicación.

Además de las medidas de prevención de fugas y derrames (descritas en apartados anteriores) se contará en obra con los materiales necesarios para la actuación frente a derrames de sustancias potencialmente contaminantes.

2.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

Limpieza de cubas de hormigonado

Se delimitará y señalizará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, gestionándose los residuos preferentemente a través de Gestor autorizado y devolviéndola a su estado y forma inicial.

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

2.3.1 Llenado de equipos con aceite

Cuando se llenan de aceite las máquinas de potencia se tomarán las máximas precauciones para evitar posibles accidentes con consecuencias medioambientales.

No se comenzará el llenado de equipos hasta que no estén operativos los fosos de recogida de aceite.

Como complemento y para evitar un accidente, debajo de todos los empalmes de tubos utilizados en la maniobra se deberán situar recipientes preparados para la recogida de posibles pérdidas, con el tamaño suficiente para evitar vertidos al suelo.

2.3.2 Llenado de equipos con SF₆

El llenado de equipos con SF₆ se llevará a cabo por personal especializado, evitándose así fugas de gas a la atmósfera. Las botellas de SF₆ (vacías y con SF₆ que no se ha utilizado en el llenado) serán retiradas por el proveedor para garantizar la adecuada gestión de las mismas.

2.4 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

Una vez finalizados todos los trabajos se realizará una revisión del estado de limpieza y conservación del entorno de la subestación, con el fin de proceder a la recogida de restos de todo tipo que pudieran haber quedado acumulados y gestionarlos adecuadamente.

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivadas de la ejecución de los trabajos.

Se revisará la situación de todas las servidumbres previamente existentes y el cumplimiento de los acuerdos adoptados con particulares y administración, acometiendo las medidas correctoras que fueran precisas si se detectan carencias o incumplimientos.

Donde sea viable, se restituirá la forma y aspecto originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra y en el caso que sea necesario, se revegetarán las superficies desprovistas de vegetación que pudieran estar expuestas a procesos erosivos y si así se ha definido, se realizarán los trabajos de integración paisajística de la instalación.

3 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Objeto

El presente *Estudio de residuos* se realiza para minimizar los impactos derivados de la generación de residuos en la construcción del presente proyecto, estableciendo las medidas y criterios a seguir para minimizar la generación de residuos, segregar y almacenar correctamente los residuos generados y proceder a la gestión más adecuada para cada uno de ellos. El *Estudio* se lleva a cabo en cumplimiento del R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la *Producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*, se ha redactado según los criterios contemplados en el artículo 4 de dicho R.D.

3.1.2 Situación y descripción general del proyecto

La situación y descripción general del proyecto está reflejado en el capítulo 2 del documento 1: *Memoria del presente Proyecto Técnico Administrativo*.

3.1.3 Descripción general de los trabajos

Las actividades a llevar a cabo y que van a dar lugar a la generación de residuos van a ser las siguientes:

- Actuaciones y tareas previas de preparación de los terrenos: desbroces etc.
- Realización de acopios, campamento de obra e instalación de medios auxiliares.
- Movimiento de tierras: retirada de tierra vegetal, excavaciones (desmontes y terraplenes), accesos, movimientos y traslados de tierras.
- Obra civil: cimentaciones, hormigonados, drenajes etc.
- Montaje electromecánico: aparamenta eléctrica, servicios auxiliares etc.
- Limpieza de obra y restauración.
- Actividades auxiliares (oficina).

3.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR

Durante los trabajos descritos se prevé generar los siguientes residuos, codificados de acuerdo a la Lista Europea de Residuos:

Tipo residuo	Código LER
RESIDUOS NO PELIGROSOS	
Excedentes de excavación	170504
Restos de hormigón	170101
Papel y cartón	150101 – 200101
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402
Restos asimilables a urbanos	200301
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102/150104/150105/150106

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado, No 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Colegiado: 117297. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANMANUEL. Para comprobar su validez: https://www.ijim.es/Verificación. Cód. Ver.: 5834560.

Residuos vegetales (podas y talas)	200201
Tipo residuo	Código LER
RESIDUOS PELIGROSOS	
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*

Es necesario aclarar que, en el *Plan de gestión residuos* (que se elabora en una etapa de proyecto posterior al presente estudio por los contratistas responsables de acometer los trabajos, poseedores de los residuos e incluso durante la propia obra se podrá identificar algún otro residuo (Ejemplo: Mezclas bituminosas -asfaltos/aglomerados-, materiales de construcción que contienen amianto (Uralitas), etc..). Asimismo la estimación de cantidades, que se incluye en la tabla siguiente, es aproximada, teniendo en cuenta la información de la que se dispone en la etapa en la cual se elabora el proyecto de ejecución. Las cantidades, por tanto, también deberán ser ajustadas en los correspondientes Planes de gestión de residuos.

Tipo de residuo	Código	Unidad	PARQUE 400kV		TOTAL
			O.C.	MONTAJE	
Excedentes de excavación(*)	170101	m ³	2.250	0	2.250
Restos de hormigón	170101	m ³	10	0	10
Papel y cartón	200101	kg	25	50	75
Maderas	170201	kg	1.000	800	1.800
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	35	50	85
Chatarras metálicas	170405	kg			975
	170407				
	170401				
	170402		175	800	
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	40	45	85
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102	kg			55
	150104				
	150105				
	150106		10	45	
Trapos impregnados	150202*	kg	8	3	11
Tierras contaminadas	170503*	m ³	6	0,6	7
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*	kg			
	150111*		11	10	
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0	0	

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No. 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No. Colegiado: 1778, Colegiado: DAVID GONZALEZ JOUNNEAU, Para comprobar su validez: https://www.colim.asp/Verificacion, Cod. Ver.: 5834560.

(*) La cantidad estimada se corresponde con los excedentes de excavación que no está previsto reutilizar en la propia obra.

Tipo de residuo	Código	Unidad	PARQUE 220kV		TOTAL
			O.C.	MONTAJE	
Excedentes de excavación(*)	170101	m ³	1.462	0	1.462
Restos de hormigón	170101	m ³	6	0	6
Papel y cartón	200101	kg	16	160	176
Maderas	170201	kg	650	2.000	2.650
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	23	160	183
Chatarras metálicas	170405	kg			2.514
	170407				
	170401				
	170402		114	2.400	
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	26	180	206
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102	kg			186
	150104				
	150105				
	150106		6	180	
Trapos impregnados	150202*	kg	5	8	13
Tierras contaminadas	170503*	m ³	4	0	4
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*	kg			39
	150111*		7	32	
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0	0	0

(*) La cantidad estimada se corresponde con los excedentes de excavación que no está previsto reutilizar en la propia obra.

Tipo de residuo	Código	Unidad	MAQUINA 400/ 220KV (3ud x 200MVA)		TOTAL
			O.C.	MONTAJE	
Excedentes de excavación trafo monofásico tipo (400/220 kV)	170504	m ³	256,5	0	256,5
Restos de hormigón	170101	m ³	18	0	18
Papel y cartón	200101	kg	120	120	240
Maderas	170201	kg	150	1500	1650
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	120	120	240
Chatarras metálicas	170405	kg	156	1800	1956
	170407				
	170401				
	170402				
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	18	18	36
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102	kg	18	18	36
	150104				
	150105				
	150106				
Trapos impregnados	150202*	kg	6	6	12
Tierras contaminadas	170503*	m ³	3	3	6
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*	kg	9	9	18
	150111*				
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0	0	0

(*) La cantidad estimada se corresponde con los excedentes de excavación que no está previsto reutilizar en la propia obra.

3.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Trabajos de construcción:

Como norma general es importante separar aquellos productos sobrantes que pudieran ser reutilizables de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos.

Además, es importante separar los residuos desde el origen, para evitar contaminaciones, facilitar su reciclado y evitar generar residuos derivados de la mezcla de otros.

Se exponen a continuación algunas buenas prácticas para evitar/minimizar la generación de algunos residuos:

- Tierras de excavación:
 - Separar y almacenar adecuadamente la tierra vegetal para utilizarla posteriormente en labores de reforestación. La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y la altura máxima de los acopios será de dos metros para que no pierda sus características.
 - Minimizar, desde la fase de elección del emplazamiento y diseño del proyecto, de los movimientos de tierras a llevar a cabo.
 - Utilizar de las tierras sobrantes de excavación en la propia obra: rampas de acceso, rellenos, restauraciones etc. (De este modo se reduce el transporte para reutilización en otras zonas o para traslado al vertedero)
 - En los casos en que sea preciso el aporte de materiales de excavación, ajenos a la zona de la subestación, controlar que los volúmenes aportados sean exclusivamente los precisos para los rellenos.
- Cerámicas mortero y hormigón:
 - Reutilización, en la medida de lo posible en la propia obra: rellenos.
- Medios auxiliares (palets de madera), envases y embalajes:
 - Utilizar materiales cuyos envases/embalajes procedan de material reciclado.
 - No separar el embalaje hasta que no vayan a ser utilizados los materiales.
 - Guardar los embalajes que puedan ser reutilizados inmediatamente después de separarlos del producto. Gestionar la devolución al proveedor en el caso de ser este el procedimiento establecido (ej. Botellas de SF₆ vacías o medio llenas).
 - Los palets de madera se han de reutilizar cuantas veces sea posible.
- Residuos metálicos:
 - Separarlos y almacenarlos adecuadamente para facilitar su reciclado
- Aceites y grasas:
 - Realizar el mantenimiento de la maquinaria y cambios de aceites en talleres autorizados.
 - Si es imprescindible llevar a cabo alguna operación de cambio de aceites y grasas en la obra, utilizar los accesorios necesarios para evitar posibles vertidos al suelo (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable).
 - Controlar al máximo las operaciones de llenado de equipos con aceites para evitar que se produzca cualquier vertido.
- Tierras contaminadas

Establecer las medidas preventivas para evitar derrames de sustancias peligrosas:

- Disponer de bandeja metálica para almacenamiento de combustibles. Primar la utilización de boquillas anti-goteo si se utilizasen garrafas de repostaje.
- Resguardar de la lluvia las zonas de almacenamiento (mediante techado o uso de lona impermeable), para evitar que las bandejas se llenen de agua.

- Disponer de grupos electrógenos cuyo tanque de almacenamiento principal tenga doble pared y cuyas tuberías vayan encamisadas. Si no es así colocar en una bandeja estanca o losa de hormigón impermeabilizada y con bordillo.
- Controlar al máximo las operaciones de llenado de equipos con aceites para evitar que se produzca cualquier vertido. No realizar llenados de máquinas de potencia sin estar operativos los fosos de recogida de aceite. Colocar recipientes o material absorbente debajo de todos los empalmes de tubos utilizados durante la maniobra, para la recogida de posibles pérdidas.
- Buenas prácticas en los trasiegos.
- Residuos vegetales
 - Respetar todos los ejemplares arbóreos que no sean incompatibles con el desarrollo del proyecto
 - Facilitar la entrega de los restos de podas/talas a sus propietarios

3.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA

Los requisitos en cuanto a la segregación, almacenamiento, manejo y gestión de los residuos en obra están incluidos en las especificaciones ambientales, formando así parte de las prescripciones técnicas del proyecto.

Para que se pueda desarrollar una correcta segregación y almacenamiento de residuos en la obra, todo personal implicado deberá estar adecuadamente formado (charlas de buenas prácticas ambientales) sobre cómo separar y almacenar cualquier tipo de residuos que pueda derivarse de los trabajos.

- Segregación

Para una correcta valorización o eliminación se realizará una segregación previa de los residuos, separando aquellos que por su no peligrosidad (residuos urbanos y asimilables a urbanos) y por su cantidad puedan ser depositados en los contenedores específicos colocados por el correspondiente ayuntamiento, de los que deban ser llevados a vertedero controlado y de los que deban ser entregados a un gestor autorizado (residuos peligrosos). Para la segregación se utilizarán bolsas o contenedores, debidamente etiquetados, que impidan o dificulten la alteración de las características de cada tipo de residuo.

La segregación de residuos en obra ha de ser la máxima posible (como mínimo, en las fracciones que indica la normativa), para facilitar la reutilización de los materiales y que el tratamiento final sea el más adecuado según el tipo de residuo.

En ningún caso se mezclarán residuos peligrosos y no peligrosos.

Si en algún caso no resultara técnicamente viable la segregación en origen, el poseedor (contratista) podrá encomendar la separación de fracciones de los distintos residuos no peligrosos a un gestor de residuos externo a la obra, teniendo que presentar en este caso, la correspondiente documentación acreditativa con la que forme el gestor ha realizado los trabajos.

En el campamento de obra, se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases, embalajes, papel, vidrio y resto).

- Almacenamiento:

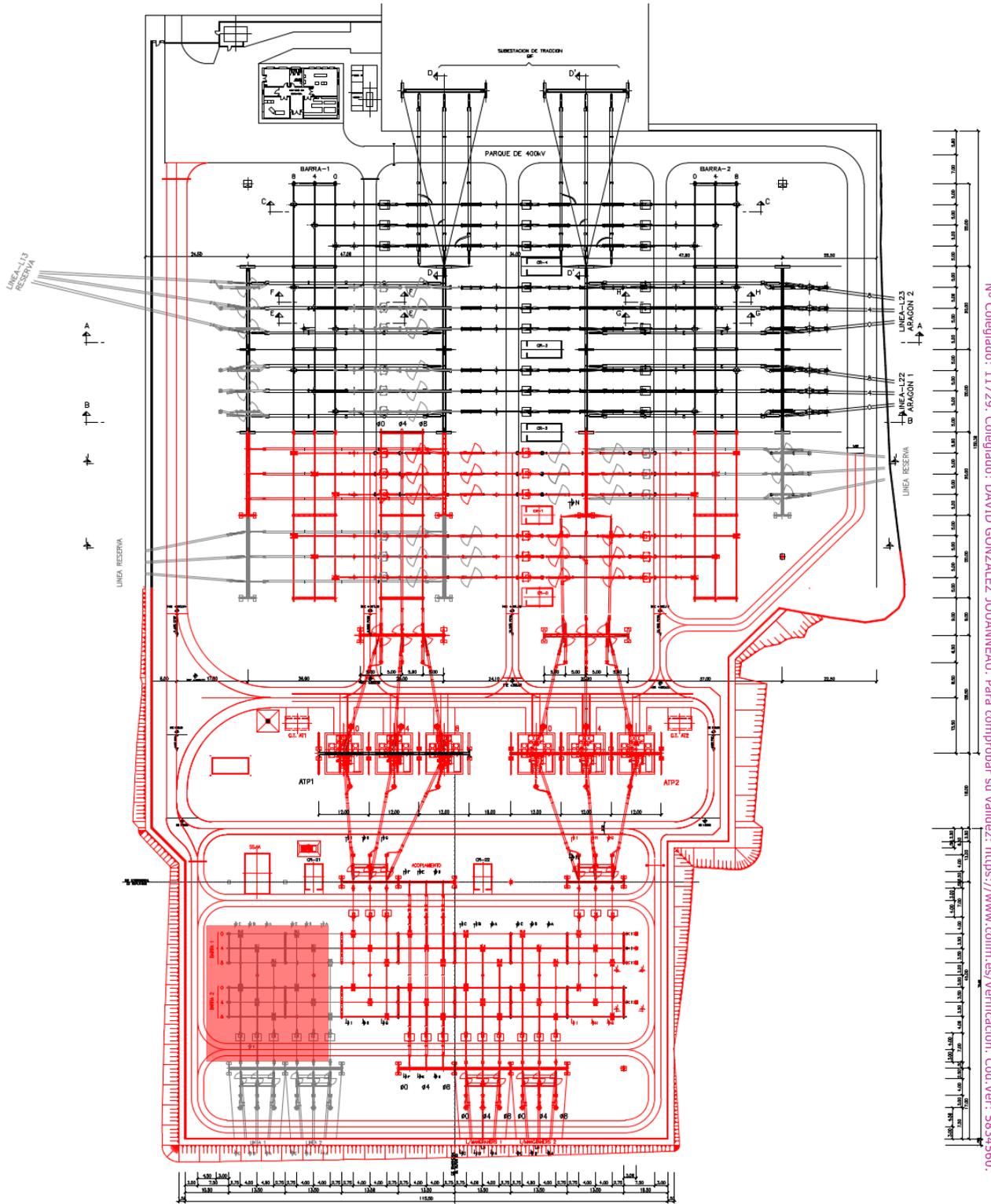
Desde la generación de los residuos hasta su eliminación o valorización final, éstos serán almacenados de forma separada en el lugar de trabajo, según vaya a ser su gestión final, como se ha indicado en el punto anterior.

Para las zonas de almacenamiento se cumplirán los siguientes criterios:

- Serán seleccionadas, siempre que sea posible, de forma que no sean visibles desde carreteras o lugares de tránsito de personas, pero con facilidad de acceso para poder proceder a la recogida de los mismos.
- Estarán debidamente señalizadas mediante marcas en el suelo, carteles, etc. para que cualquier persona que trabaje en la obra sepa su ubicación.

- Los residuos peligrosos estos deben estar protegidos de la intemperie y con sistemas de retención de vertidos y derrames.
- Los contenedores de residuos peligrosos estarán identificados según se indica en la legislación aplicable, con etiquetas o carteles resistentes a las distintas condiciones meteorológicas, colocados en un lugar visible y que proporcionen la siguiente información: descripción del residuo, icono de riesgos, código del residuo, datos del productor (incluido el NIMA) y fecha de inicio del depósito del residuo.
- Los residuos que por sus características puedan ser arrastrados por el viento, como plásticos (embalajes, bolsas...), papeles (sacos de mortero...) etc. deberán ser almacenados en contenedores cerrados, a fin de evitar su diseminación por la zona de obra y el exterior del recinto.
- Se delimitará e identificará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, gestionando los residuos preferentemente a través de Gestor autorizado y devolviéndola a su estado y forma inicial.
- Se evitará el almacenamiento de excedentes de excavación en cauces y sus zonas de policía.

En el croquis siguiente se muestran las zonas destinadas al almacenamiento de residuos que deberá diferenciarse claramente el espacio de Residuos Peligrosos del de Residuos No Peligrosos. Estas zonas podrán ser redefinidas por el contratista que reflejará los cambios en el correspondiente Plan de Gestión de Residuos. Además, en dicho plan se incluirá la descripción de los distintos contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.as/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

Al final de los trabajos, el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones de residuos realizadas:

- Documentos de identificación.
- Notificaciones de traslado (si aplica).
- Permisos de vertido/reutilización de excedentes de excavación.

Para obras de corta duración (máximo 3 meses) se podrá realizar una entrega al finalizar la obra. En el caso de obras con mayor duración se entregará antes de 8 semanas a contabilizar desde la fecha de gestión del residuo.

3.6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN

En la tabla siguiente se incluye una estimación de los costes de la gestión de los residuos. Se resalta que el coste es muy aproximado pues los precios están sometidos a bastante variación en función de los transportistas y gestores utilizados y las cantidades estimadas en este estado del proyecto también se irán ajustando con el desarrollo del mismo.

TIPO DE RESIDUO	CÓDIGO	UNIDAD	COSTE (€)
Excedentes de excavación	170504	m ³	215.617
Restos de hormigón	170101	m ³	255
Papel y cartón	150101 - 200101	kg	8
Maderas	170201	kg	152
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	28
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402	kg	33
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	0
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si segregan)	150102/150104/150105/150106	kg	0
Trapos impregnados	150202*	kg	39
Tierras contaminadas	170503*	m ³	1.942
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	kg	94
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0
Costes Totales:			218.170

Nota: los costes reflejados son costes estimados, dado que para su cálculo se han tomado precios de referencia. Los costes serán actualizados en el correspondiente plan de residuos, a entregar por el contratista.

Madrid, Noviembre de 2024

El Ingeniero industrial

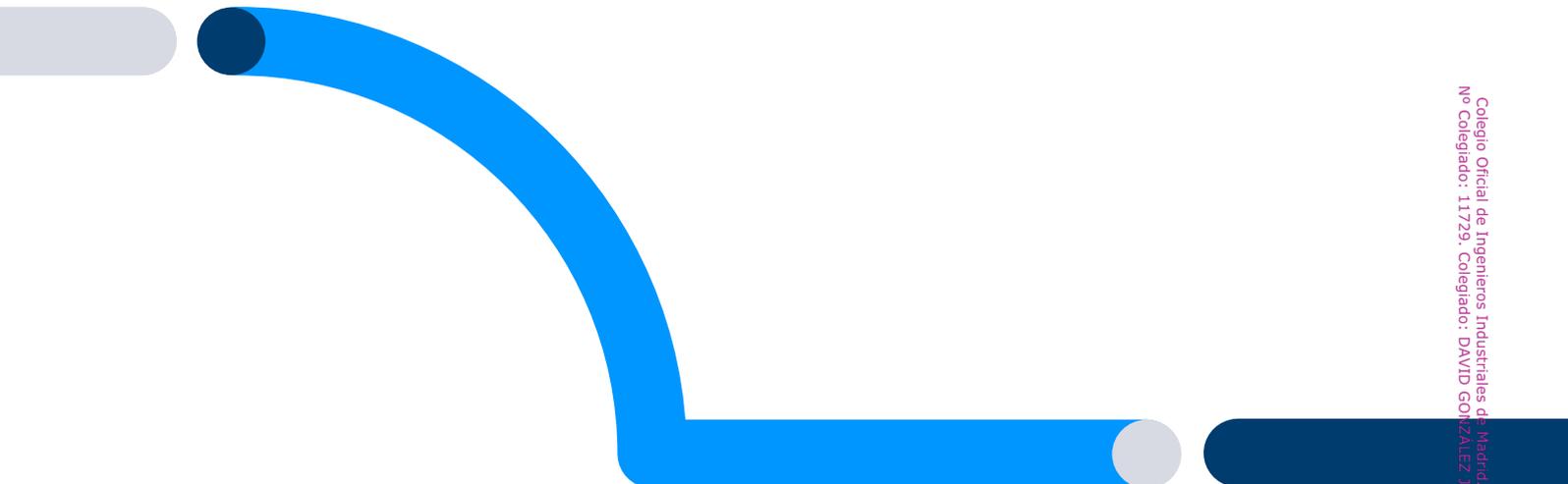


David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.asp/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 2
ANEXO 2

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Noviembre de 2024

1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico a realizar en la ampliación subestación PEÑALBA 400/220 kV. Facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales medidas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

El presente Estudio tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la obra.

Este Estudio se incluye como anexo a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S. A. (en adelante, RED ELÉCTRICA) y las empresas contratistas que intervengan en la obra.

La empresa contratista quedará obligada a elaborar un Plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este Estudio.

RED ELÉCTRICA se reserva el derecho de la interpretación última del Plan de seguridad que se apruebe.

2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La subestación de PEÑALBA 400 kV está situada en el término municipal de Peñalba, provincia de Huesca, Aragón.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica del documento Planos del presente proyecto.

Atendiendo las características ambientales del emplazamiento seleccionado esta instalación se realiza con tecnología convencional con aislamiento en aire.

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar..... 353 m
- Temperaturas extremas + 40° C/-20° C
- Contaminación ambiental Bajo
- Nivel de niebla..... Medio

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h

PARQUE PEÑALBA 400 KV: Interruptor y medio

Calle/ celda	Existente		Con la ampliación		
	Posición	Nº de interruptores	Posición	Nº de interruptores	Nº de interruptores nuevos
0 JBP1	Reserva	0	0	0	0
0 CENTRAL	CENTRAL	0	1	1	1
0 JBP2	ATP-2	0	1	1	1
1 JBP1	ATP-1	0	1	1	1
1 CENTRAL	CENTRAL	0	1	1	1
1 JBP2	Reserva	0	0	0	0
2 JBP1	Reserva	0	0	0	0
2 CENTRAL	CENTRAL	1	1	1	0
2 JBP2	ARG1	1	1	1	0
3 JBP1	Reserva	0	0	0	0
3 CENTRAL	CENTRAL	1	1	1	0
3 JBP2	ARG2	1	1	1	0
4 JBP1	ADIF 1	1	1	1	0
4 CENTRAL	CENTRAL	1	1	1	0
4 JBP2	ADIF 1	1	1	1	0

PARQUE PEÑALBA 220 KV: Doble Barra

Calle	Existente	Con la ampliación
-------	-----------	-------------------

	Posición	Nº de interruptores	Posición	Nº de interruptores	Nº de interruptores nuevos
7	AT-2	0	1	1	1
6	Mangraners 2	0	1	1	1
5	Mangraners 1	0	1	1	1
4	ACP	0	1	1	1
3	AT-1	0	1	1	1
2	Reserva	0	0	0	0
1	Reserva	0	0	0	0

La configuración y disposición general de la instalación queda reflejada en los planos: esquema unifilar simplificado, planta general y secciones generales del Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

La disposición física de los elementos del parque responde a lo normalizado por RED ELÉCTRICA para instalaciones de 400 kV, cuyas características principales son:

- Entre ejes de aparellaje 5.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos..... 6.000 mm
- Anchura de posiciones 20.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos 7.500 mm
- Altura de embarrados altos..... 13.500 mm
- Altura de embarrados tendidos altos 20.450 mm

La disposición física de los elementos del parque responde a lo normalizado por RED ELÉCTRICA para instalaciones de 220 kV, cuyas características principales son:

- Entre ejes de aparellaje 4.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos..... 4.000 mm
- Anchura de calle..... 13.500 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos 6.000 mm
- Altura de embarrados principales altos..... 10.500 mm
- Altura de tendidos altos 14.950 mm

2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

La obra adjudicada a contratistas se estima en los siguientes valores:

Actividad contratada	Presupuesto (K€)	Jornadas – hombre Previstas	Plazo ejecución (meses)
Obra civil del parque	134	60	2,0
Montaje de la estructura	2,5	30	0,5
Montaje de la aparamenta	49	50	2,0
Montaje en b.t.	2,5	30	0,5

Presupuesto adjudicado	188 Kilo €uros
Volumen mano de obra estimada	170 Jornadas - hombre
Punta de trabajadores	8 Trabajadores

En virtud de estos valores y conforme a lo establecido en el art. 4 del R.D. 1627/1997 para *Obras de construcción o ingeniería civil*, donde se expone que hay obligatoriedad de elaborar un Estudio de Seguridad en los casos en que se superen alguna de las de las circunstancias siguientes:

- Cuando el presupuesto total adjudicado de obra supere 450 k€.
- Cuando el volumen de mano de obra supere 500 jornadas – hombre.
- Cuando la duración sea superior a 30 días y haya 20 o más trabajadores.

Se procede a elaborar este Estudio de Seguridad y Salud.

2.3 CONTROL DE ACCESOS

Dado que la situación de la subestación, está alejada de núcleos urbanos o zonas de paso, la presencia de personal ajeno a la obra es improbable. A pesar de ello, la parcela se encuentra vallada, por lo que no procede ninguna actuación en este campo.

En el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

2.4 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

Al realizarse la ampliación en la calle externa al resto del parque no se prevé interferencias con las tareas de explotación del parque, salvo las referentes a las ampliaciones de los embarrados principales y a las pruebas de la protección diferencial de barras, para las cuales se solicitarán cuantos descargos sean pertinentes.

Los trabajos de obra civil no estarán interferidos en su mayor parte con ningún otro, si bien en la fase final interferirán con el inicio de los trabajos de montaje.

Los desplazamientos y las maniobras de trabajadores y maquinaria prevista en obra estarán condicionados por la existencia de elementos en tensión. La actuación en cuanto a las vías de paso autorizado se planificará de forma que no afecte a la instalación en servicio y siempre conforme a las normas indicadas en este documento en los apartados que les afecten.

2.5 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA

2.5.1 Movimiento de tierras

Consiste en preparar el terreno a fin de disponerlo en condiciones para ubicar los elementos componentes de la subestación.

Básicamente se utilizará maquinaria pesada de explanación y retirada de tierras.

- Acopio

Los materiales y equipos a instalar, provenientes de los suministradores se descargarán con medios mecánicos.

Se almacenarán en la campa situada en la propia subestación, en ubicación estable, apartado de las posiciones en construcción y donde no interfiera en el desarrollo posterior de los trabajos.

- Drenajes y saneamientos

La red cubrirá el parque de 400kV y el de 220 KV. Se realizará con tubo drenante en distribución que no produzca un efluente masivo. La zanja principal alcanzará en su punto más bajo una profundidad que se estima en 1,5 m.

2.5.2 Obra civil

Consiste en la realización de cimentaciones, canales de cables y drenajes.

Se dispondrá de campa de almacenaje de materiales de construcción en zona que no interfiera a los restantes trabajos y a las vías de circulación de vehículos.

La preparación de armaduras de encofrados se ubicará fuera las zonas de paso.

- Cimentaciones de soportes

Las cimentaciones para las estructuras soportantes de la nueva apartamenta se realizarán en dados de hormigón armado.

- Canales de cables

Se diseñan para proteger los cables de control y fuerza en su recorrido desde los mandos de cada equipo de las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. Los canales de cables serán prefabricados de hormigón.

- Edificio de control y casetas de relés

Se mantiene el edificio existente del parque de 400 KV y se construirán casetas de relés para albergar los equipos de las posiciones asociadas a la nueva calle de 400 kV y a las posiciones de 220KV incluidos los servicios auxiliares.

2.5.3 Montaje de estructuras y equipos

En esta fase se instalarán los embarrados altos, las estructuras soportantes de los equipos, los propios equipos y los embarrados de conexión.

Se planificarán las actividades de montaje de forma que no interfieran entre sí y especialmente se cuidará que no afecten a las de obra civil que aún persistan.

Las estructuras metálicas y soportes de la apartamenta se construirán con perfiles normalizados de alma llena.

- **Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión (b.t.)**

El tendido de cables de fuerza y control desde los equipos del parque a las casetas de relés se realizará manualmente siguiendo el trazado marcado por los canales.

El montaje de los equipos de control, protecciones, comunicaciones y medidas se realizará simultáneamente a los trabajos de cableado.

- **Puesta en servicio**

Se prevé que la puesta en servicio se realice por fases terminadas conectando eléctricamente la nueva posición / instalación a la red de transporte de electricidad.

Las calles y equipos puestos en servicio se delimitarán y se aislarán, de forma que permitan la ejecución de las posteriores fases de trabajo.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Las empresas adjudicatarias de las obras han de considerar que la evaluación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de subestaciones supone el análisis previo de:

- Las condiciones generales del trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control del trabajo que cada empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Por ello las empresas contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una evaluación de riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

No obstante, se prevé que los riesgos que se pueden presentar son:

Situaciones pormenorizadas de riesgo

Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas o de elementos manipulados con aparatos elevadores.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de montaje fijos, desplome de muros o hundimiento de zanjas o galerías
Choques y golpes	Choques contra objetos fijos, contra objetos móviles, golpes por herramientas manuales y eléctricas.
Maquinaria automotriz y vehículos	Atropello a peatones, choques y golpes entre vehículos, vuelco de vehículos y caída de cargas
Atrapamientos por mecanismos en movimiento	Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles, eléctricas. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes.
Proyecciones	Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.
Contactos térmicos	Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos. Contacto con proyecciones.
Contactos químicos	Contacto con sustancias corrosivas, irritantes/ alergizantes u otras.
Contactos eléctricos	Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas
Arcos eléctricos	Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables.

Situaciones pormenorizadas de riesgo

	Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.
Tráfico	Choques entre vehículos o contra objetos fijos Atropello de peatones o en situaciones de trabajo Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.
Agresión de animales	Picadura de insectos, ataque de perros o agresión por otros animales.
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor o al frío Cambios bruscos de temperatura.
Radiaciones no ionizantes	Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Horario de trabajo

2.6.1 Organización de la seguridad

- Coordinador en materia de seguridad y salud

Las tareas de obra civil y montaje electromecánico si bien estarán programadas en su mayor parte en periodos distintos, pueden que en algún momento interfieran entre sí, por lo que si así fuera sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de promotor procederá a nombrar coordinador en materia de seguridad.

- Jefes de trabajo de las empresas contratistas

Las personas que ejerzan in situ las funciones de jefe de trabajo, dirigiendo y planificando las actividades de los operarios, garantizarán que los trabajadores conocen los principios de acción preventiva y velarán por su aplicación.

- Vigilante de seguridad de la empresa contratista

La empresa contratista reflejará en el Plan de seguridad el nombre de una persona de su organización que actuará como su vigilante de seguridad para los trabajos, bien a tiempo total o compartido, con formación en temas de seguridad (cursillo, prueba, etc.) o con suficiente experiencia para desarrollar este cometido.

Quien actúe como jefe de obra organizará la labor del vigilante y pondrá a su disposición los medios precisos para que pueda desarrollar las funciones preventivas.

2.6.2 Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y en particular:

- Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- Dar las debidas instrucciones a los empleados.

- c) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- d) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- e) El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
- g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- h) La adaptación, en función de la evolución de obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el contratista.

2.6.3 Formación

El personal de la empresa contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en seguridad. No obstante, en las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información específica acorde al trabajo que va a realizar.

La empresa contratista garantizará que el personal de sus empresas subcontratadas será informado del contenido del Plan de seguridad.

Los operarios que realicen trabajos con riesgo eléctrico tendrán la categoría de "personal autorizado cualificado" para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001.

2.6.4 Medicina preventiva

La empresa contratista queda obligada a aportar a la obra trabajadores con reconocimiento médico realizado. Si como consecuencia de este reconocimiento fuera aconsejable el cambio de puesto de trabajo, la empresa contratista queda obligada a realizarlo.

En cualquier momento RED ELÉCTRICA podrá solicitar certificados de estos reconocimientos.

2.6.5 Medios de protección

Antes del inicio de los trabajos todo el material de seguridad estará disponible en la obra, tanto el de asignación personal como el de utilización colectiva.

Así mismo, todos los equipos de protección individual se ajustarán a lo indicado en el R.D. 773/1997 sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.

2.7 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo* y particularmente en su Anexo V, el contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios.

Si se utilizasen instalaciones permanentes existentes en la instalación, no será preciso dotar a la obra de instalaciones temporales. Esta circunstancia será reflejada en el Plan de Seguridad.

2.8 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA

2.8.1 Vías de evacuación

Dadas las características de la obra, trabajos en exterior, casetas y edificios de pequeñas dimensiones no es necesario la definición de vías o salidas de emergencia para una posible evacuación.

Si en la construcción del edificio de control estima la presencia de más de 20 trabajadores, se realizará un plano con las distintas vías de evacuación que serán definidas teniendo en cuenta el número de los posibles usuarios, que deberá instalarse en un lugar visible a la entrada del edificio. Además, se instalará señalización indicando las diferentes vías de emergencia con la mayor prontitud posible.

Cuando sea necesario, la decisión de la evacuación del lugar trabajo será tomada por el coordinador de seguridad, y en el caso de que no esté presente, del supervisor de RED ELÉCTRICA. Siendo el punto de reunión el portón principal de entrada a la subestación.

Dado el limitado número de personas que se prevén van a coincidir en la obra y la no existencia de recintos cerrados no se considera necesario establecer equipos de evacuación ni realizar simulacros al respecto.

2.8.2 Iluminación

Al tratarse de trabajos que se realizarán a la intemperie y en horario diurno, no será necesaria la instalación de alumbrado.

En el caso, que se realicen trabajos en horario nocturno, se instalará un sistema de alumbrado adecuado al trabajo que se va a realizar y que incluirá las vías de acceso los puntos de trabajo. Complementando el sistema de alumbrado se dispondrá de una alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

- Instalaciones de suministro y reparto de energía

Se instalará un grupo electrógeno para el suministro de la energía eléctrica.

El suministro eléctrico se tomará de la red existente

Las instalaciones de suministro y reparto de energía en la obra deberán instalarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas el acceso a las partes activas de las mismas quedará limitado a trabajadores autorizados o cualificados.

2.8.3 Ventilación

No se prevé la necesidad de realizar controles de ventilación dado el tipo de obra.

En los trabajos en galerías, centros subterráneos, etc. Previo al acceso al recinto y durante su permanencia en el mismo, se procederá a las determinaciones higiénicas oportunas de la atmósfera confinada que permitan conocer si los valores de oxígeno son suficientes o si los niveles de contaminantes tóxicos o inflamables están por encima de los niveles máximos permitidos.

Los trabajos a realizar en este tipo de recintos deberán en todo momento tener vigilancia desde el exterior, con una comunicación continua entre los trabajadores que permanezcan en el interior y exterior del recinto confinado. Tomándose todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

Dado que será necesario utilizar herramientas o máquinas que producen gases o vapores que reducen de forma peligrosa la concentración de oxígeno (<18%), y no está asegurada una buena renovación del aire existente en el lugar de trabajo, se instalará un sistema de ventilación de aire limpio.

Al preverse la existencia de contaminantes inflamables, las herramientas a utilizar serán compatibles con el riesgo detectado (herramientas antideflagrantes).

2.8.4 Ambientes nocivos y factores atmosféricos

Dado que se trata de un trabajo a la intemperie, la planificación de tareas que requieran un consumo metabólico alto se planificarán para que no coincidan con los periodos de temperatura extremos.

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo, ...), sin la protección adecuada.

2.8.5 Detección y lucha contra incendios

No se prevé en la obra la existencia de carga térmica elevada, para facilitarlos se mantendrán adecuadas condiciones de orden y limpieza.

La obra dispondrá de extintores la cantidad suficiente. Los extintores deberán situarse en lugares de fácil acceso.

No existirán bocas de extinción de incendios al no disponer el recinto de acometida de aguas.

El sistema de detección de incendios en casetas y edificio se instalará en cuanto el avance de la obra lo permita.

2.8.6 Primeros auxilios

Todo el personal debe conocer que el número de solicitud de ayuda de primeros auxilios es el **112**. La Administración dispondrá ayuda técnica o sanitaria que se solicite en dicho número.

La empresa contratista dispondrá de un botiquín de obra para prestar primeros auxilios. Se podrá hacer uso de los medios de primeros auxilios (camilla, elementos de cura, etc.) que exista en la subestación. Asimismo deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a un posible accidentado.

El contratista expondrá, para conocimiento de todos sus trabajadores la dirección de los centros de asistencia más próximos.

2.9 PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad que elabore la empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos, debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la obra.

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en obra, para lo cual debe permanecer en poder del jefe de trabajo y del coordinador de seguridad.

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN

La ejecución de la obra, objeto del Estudio de Seguridad, estará regulada por la normativa que a continuación se cita, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales
- Ley 54/03 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/97 de 24 de octubre sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 171/04 de 30 enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

La ejecución de la Obra queda igualmente condicionada por la normativa de RED ELÉCTRICA que se hace referencia, a efectos de aspectos más generales que aplican a la obra.

- TM-001. Organización de la seguridad en los trabajos en instalaciones de AT.
- IM-002. Medidas de seguridad en instalaciones de AT. para trabajos sin tensión.
- IM-013. Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- AM-004. Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas.
- AM-005. Trabajos de mantenimiento manual y mecánica.
- IC-003. Subcontratación por proveedores de RED ELÉCTRICA a terceros.

4 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Se estima 16 meses para la ampliación de la subestación Peñalba 400/220 considerando 8 meses para la ampliación del parque 400 kV y el nuevo transformador y 8 meses para la construcción del nuevo parque de 220 kV.

- Parque 400 kV

SE. Ampliación PEÑALBA 400

Duración del trabajo: (meses)	8
Operarios previstos:	8

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Unidades equiv.	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Casco de protección	2	11	5,11	56
2	Botas de seguridad	4	21	46,58	978
3	Botas de agua.	2	11	38,43	423
4	Guantes de trabajo.	36	192	4,38	841
5	Arnés de cintura o completo	0,5	3	146,12	438
6	Dispositivos anticaída y compl.	0,5	3	90,29	271
7	Trajera impermeables.	2	11	28,33	312
8	Gafas antiimpactos.	6	32	4,78	153
9	Pantalla de protección facial	2	11	9,44	104
10	Pantallas y gafas para soldadura	1	5	7,81	39
11	Mandiles, polaina, guantes soldadura	1	5	26,38	132
12	Ropa de trabajo	2	11	69,20	761
				Coste Parcial	4.508

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Dotación anual	Unidades equivalentes	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Cuerda 100m Línea de Seguridad	4	3	107,94	324
2	Complementos uso Lín. Seg.	10	7	120,05	840
3	Malla perforada de delimitación	1.000	667	0,49	327
4	Cinta o cadena de delimitación	1000	667	0,04	27
5	Señales de obligación e informativas	60	40	3,01	120
6	Botiquín primeros auxilios	2	1	18,06	18
7	Tablero o camilla evac. accidentados	1	1	253,80	254
8	Extintores	4	3	30,80	92
				Coste Parcial	2.002

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios	8	34,00	272
2	Reconocimientos médicos	8	30,50	244
			Coste Parcial	516

Total 7.026

Asciende este Presupuesto de Seguridad (Parque 400kV) a la cantidad de: **SIETE MIL VENTISEIS EUROS.**

- Parque 220 KV

SE. Ampliación PEÑALBA 220

Duración del trabajo: (meses)	8
Operarios previstos:	8

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Unidades equiv.	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Casco de protección	2	11	5,11	56
2	Botas de seguridad	4	21	46,58	978
3	Botas de agua.	2	11	38,43	423
4	Guantes de trabajo.	36	192	4,38	841
5	Arnés de cintura o completo	0,5	3	146,12	438
6	Dispositivos anticaída y compl.	0,5	3	90,29	271
7	Trajes impermeables.	2	11	28,33	312
8	Gafas antiimpactos.	6	32	4,78	153
9	Pantalla de protección facial	2	11	9,44	104
10	Pantallas y gafas para soldadura	1	5	7,81	39
11	Mandiles, polaina, guantes soldadura	1	5	26,38	132
12	Ropa de trabajo	2	11	69,20	761
				Coste Parcial	4.508

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Dotación anual	Unidades equivalente s	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Cuerda 100m Línea de Seguridad	4	3	107,94	324
2	Complementos uso Lin. Seg.	10	7	120,05	840
3	Malla perforada de delimitación	1.000	667	0,49	327
4	Cinta o cadena de delimitación	1000	667	0,04	27
5	Señales de obligación e informativas	60	40	3,01	120
6	Botiquín primeros auxilios	2	1	18,06	18
7	Tablero o camilla evac. accidentados	1	1	253,80	254
8	Extintores	4	3	30,80	92
				Coste Parcial	2.002

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios	8	34,00	272
2	Reconocimientos médicos	8	30,50	244
			Coste Parcial	516

Total 7.026

Asciende este Presupuesto de Seguridad (Parque 220kV) a la cantidad de: **SIETE MIL VENTISEIS EUROS.**

PRESUPUESTO TOTAL DE SEGURIDAD PEÑALBA 400/220 KV: Parque 400 kV + Parque 220 KV

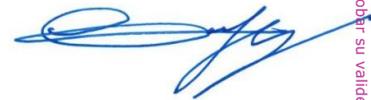
- Subtotal Parque 400 kV: 7.026 €
- Subtotal Parque 220 kV: 7.026 €

Total Parque 400/220 kV: 14.052 €

Asciende este Presupuesto Total de Seguridad a la cantidad de: **CATORCE MIL CINCUENTA Y DOS EUROS.**

Madrid, Noviembre de 2024

El Ingeniero industrial



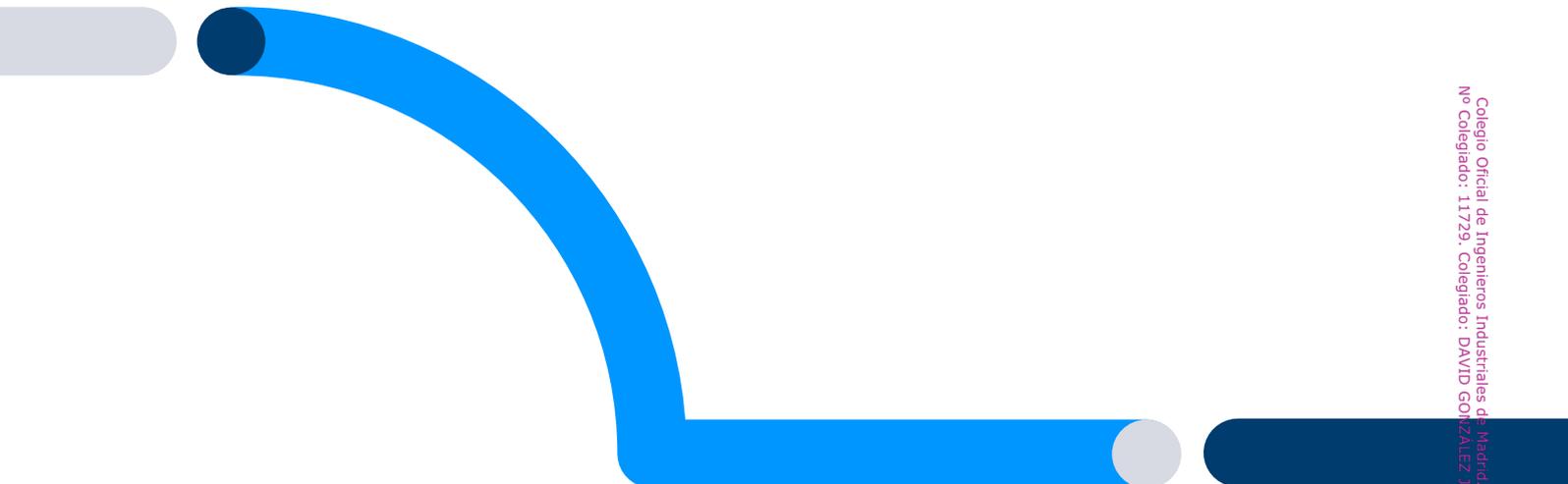
David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 3

PLANOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

ÍNDICE DE PLANOS

1. Situación y emplazamiento
2. Esquema unifilar simplificado. Parque de 400 y 220 kV
3. Implantación general. Parque de 400 y 220 kV
4. Planta general. Parque de 400 y 220 kV
5. Secciones generales. Parque de 400 y 220 kV
6. Planta fundaciones y canales. Parque de 400 y 220 kV
7. Planta general de red de tierras. Parque de 400 y 220 kV
8. Casetas de relés prefabricadas. Parque de 400 y 220 kV
9. Relación de bienes y derechos. Parque de 400 y 220 kV

Madrid, Noviembre de 2024

El Ingeniero industrial



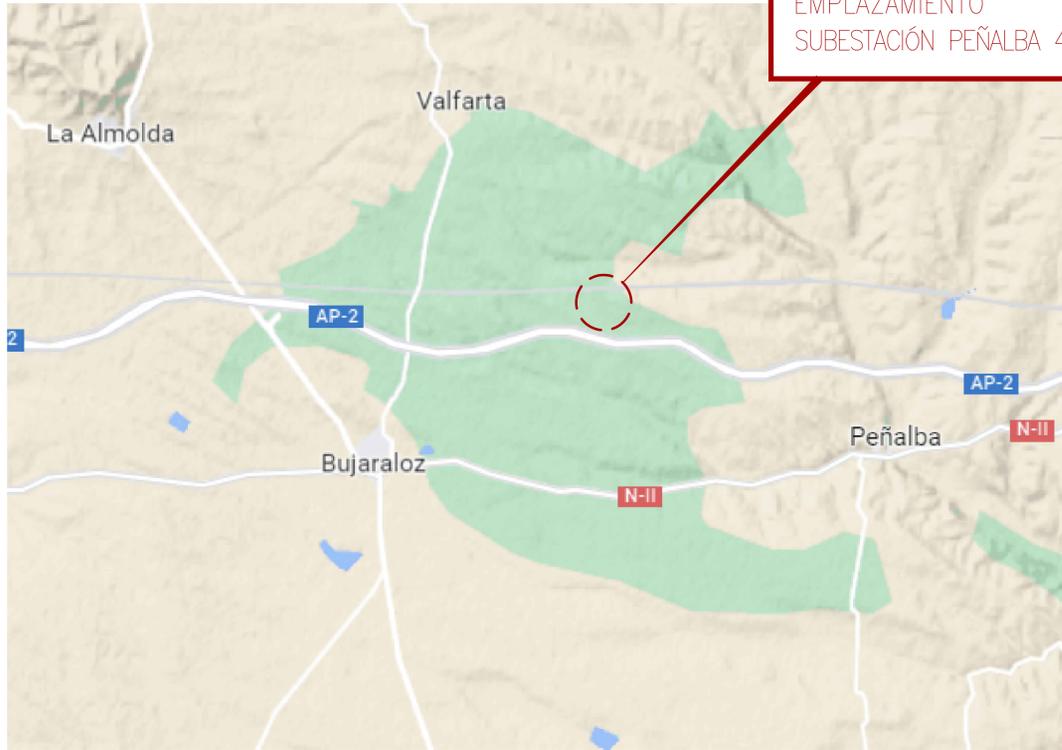
David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.as/Verificacion>. Cód. Verif. 5834560.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá un uso no autorizado del contenido del presente documento.



EMPLAZAMIENTO
SUBESTACIÓN PEÑALBA 400-220kV

PLANO DE EMPLAZAMIENTO



SITUACIÓN
SUBESTACIÓN DE PEÑALBA 400-220 kV

PLANO DE SITUACIÓN



SUBESTACIÓN DE PEÑALBA 400kV

SUBESTACIÓN DE PEÑALBA 220kV

LOCALIZACIÓN DE SUBESTACIÓN:

COORDENADAS: 41.52639259316286, -0.10109854537865533

EMPLAZAMIENTO:

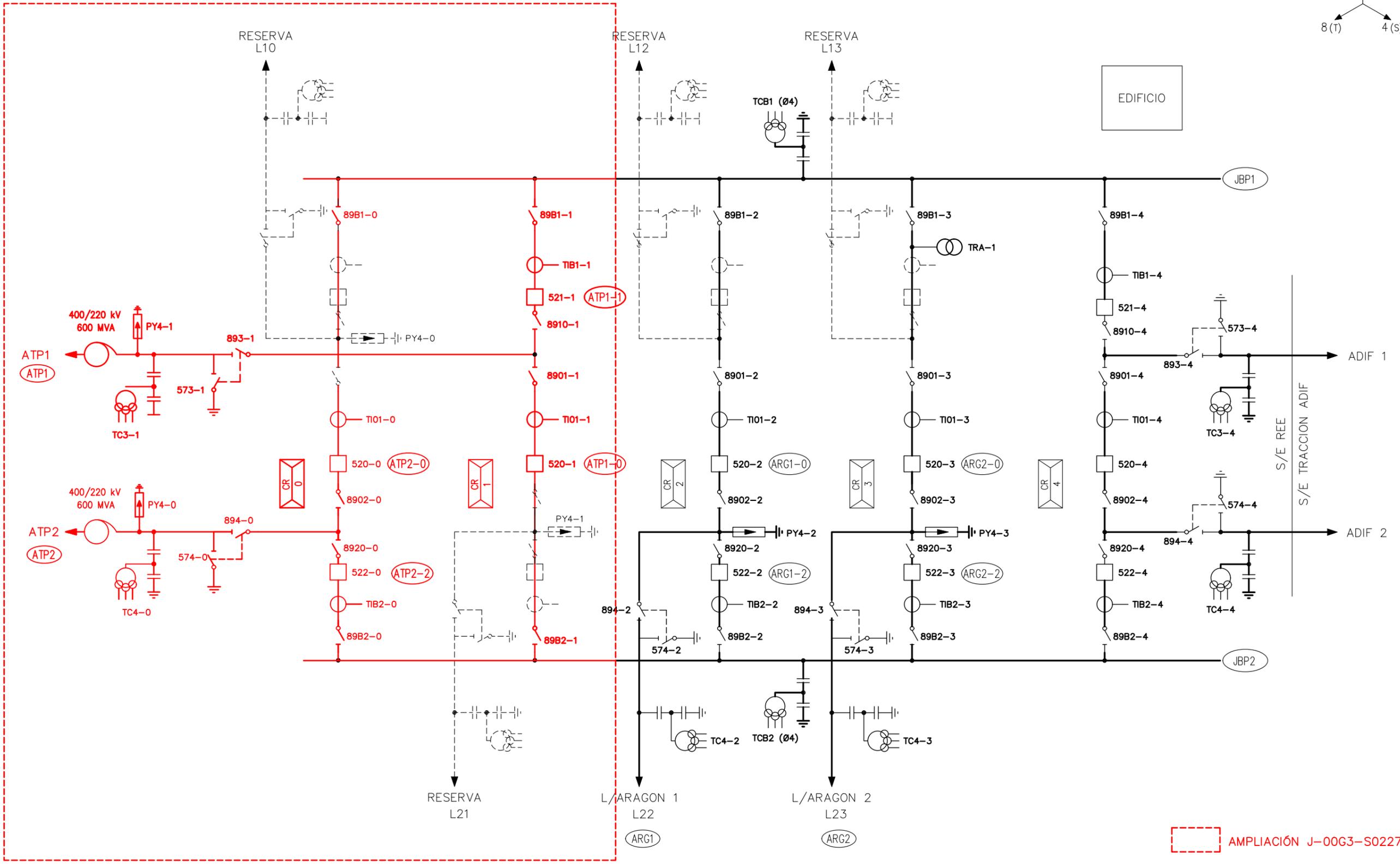
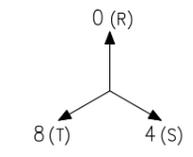
TÉRMINO MUNICIPAL PEÑALBA, PROVINCIA DE HUESCA, COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN.

PLANOS DE REFERENCIA

- P-PBAB1005 IMPLANTACIÓN GENERAL
- P-PBAB2000 PLANTA GENERAL 400kV.
- P-PBAB2002 PLANTA GENERAL 220kV.

0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-00G3-S0227)	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
red eléctrica				INSTALACIÓN	
				400kV - 220 kV SUBESTACIÓN DE PEÑALBA	
SITUACION Y EMPLAZAMIENTO				TÍTULO	
				SITUACION Y EMPLAZAMIENTO	
				VÁLIDO PARA PTA	
				COORD.	ETRS89
				HUSO	30
				CÓDIGO	
				J-00G3-S0227	
				A3	S/E
				Nº	P-PBAB1004
				HOJA	-

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá un uso no autorizado del contenido del presente documento.



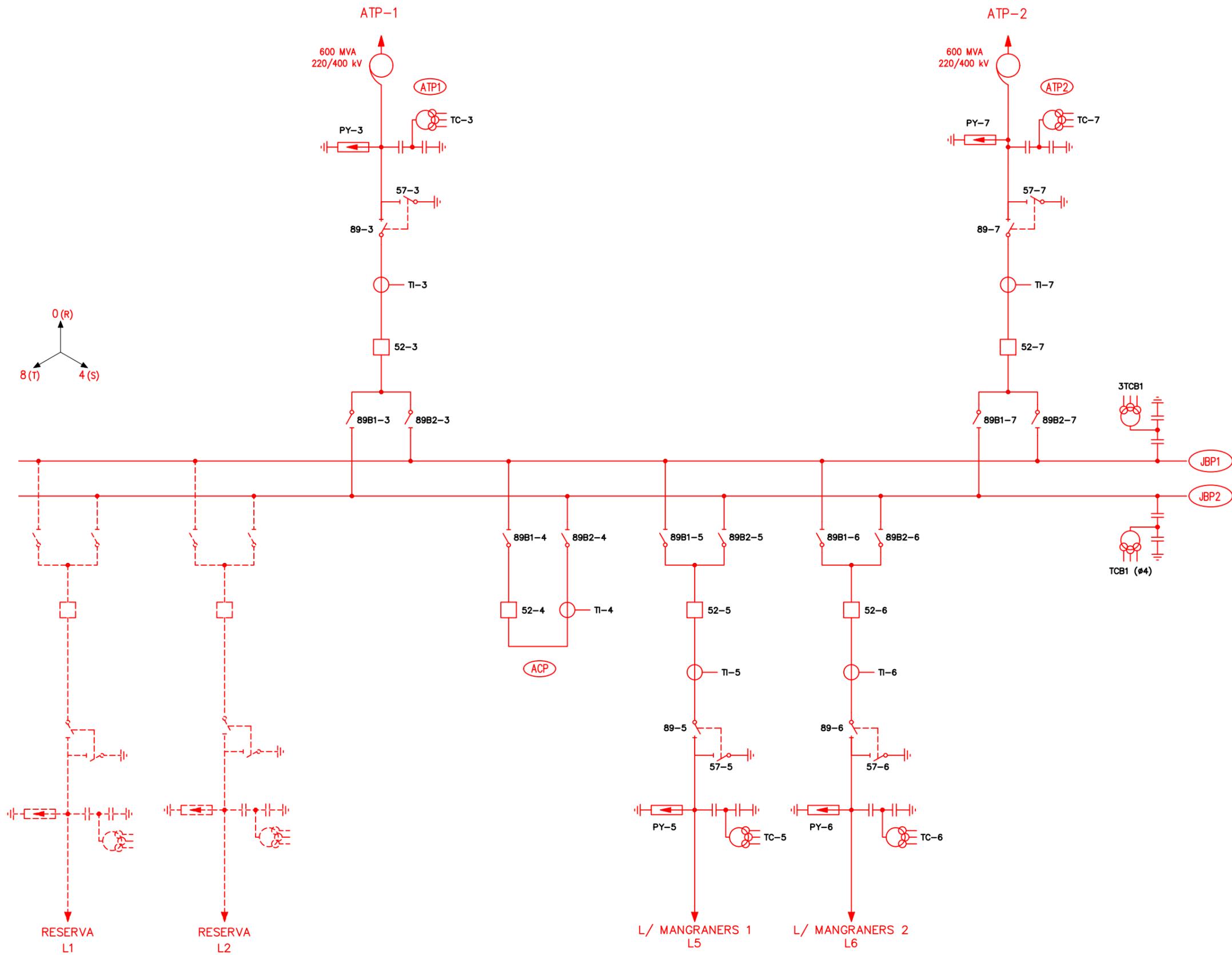
AMPLIACIÓN J-00G3-S0227

0	MAY-25	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-00G3-S0227)	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
red eléctrica				INSTALACIÓN	400 kV PEÑALBA
				TÍTULO	ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO PARQUE 400KV
				VÁLIDO PARA PTA	
				COORD.	-
				HUSO	-
				CÓDIGO	J-00G3-S0227
				A3	S/E
				Nº	P-PBA1000
				HOJA	-

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supone en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estará prohibida salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U.

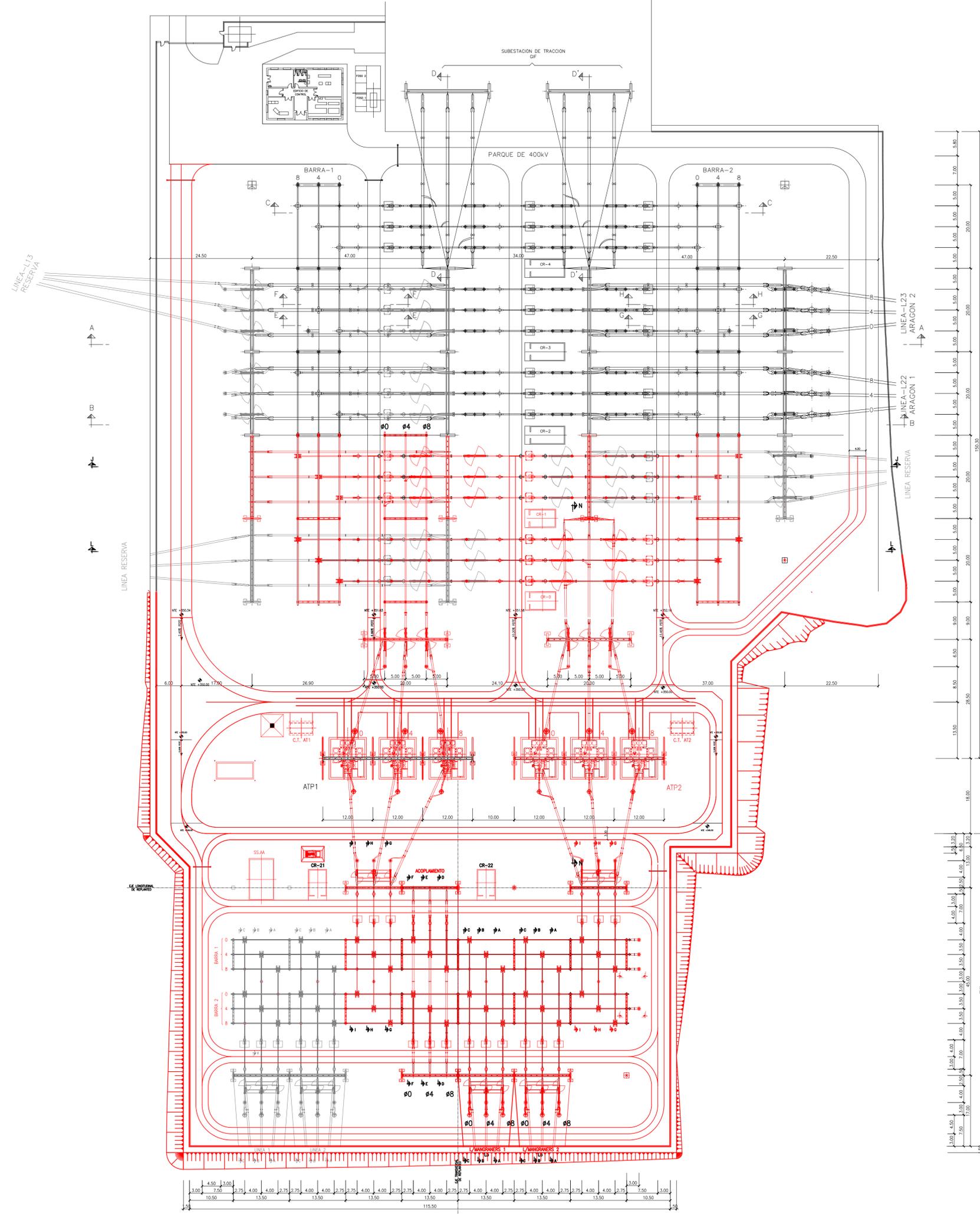
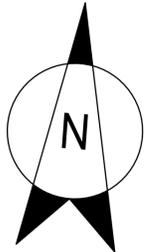
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: https://www.colim.es/Verificacion, Cod.Ver: 5834560.

RED ELECTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELECTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., RED ELECTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumió ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.



0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-00G3-S0227)	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
red eléctrica			INSTALACIÓN		VALIDO PARA PTA
			220 kV PEÑALBA		COORD. - HUSO -
			TÍTULO		CÓDIGO J-00G3-S0227
			ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO PARQUE 220kV		A3 S/E
					Nº P-PBAA2003 HOJA -

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANNEAU, Para comprobar su validez: https://www.colim.es/Verificacion, Cod.Ver: 5834560.



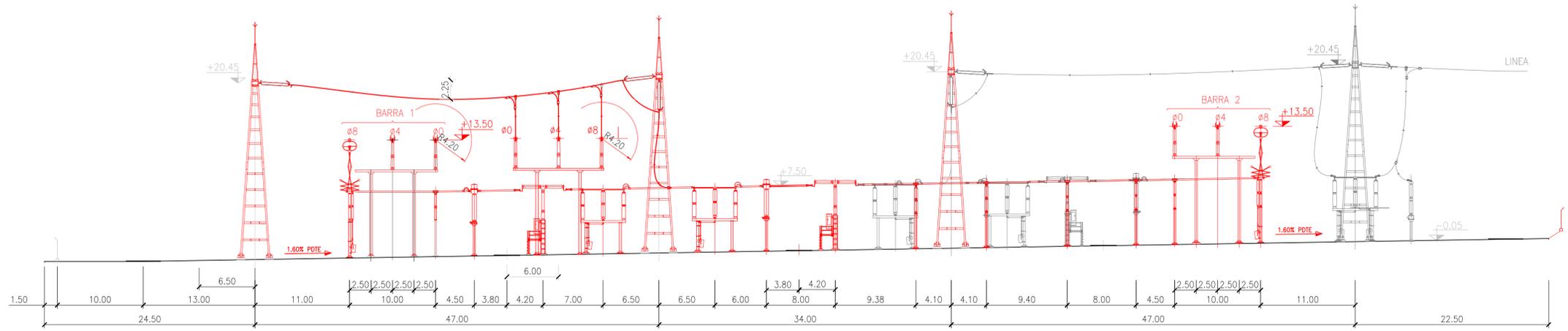
NOTAS:
DIMENSIONES EN METROS.

- PLANOS DE REFERENCIA:
- P-PBAB2000 PLANTA GENERAL. PARQUE 400 kv. SITUACION FUTURA
 - P-PBAB2001 SECCIONES GENERALES. PARQUE 400 kv. SITUACION FUTURA
 - P-PBAB2002 PLANTA GENERAL. PARQUE 220 kv. SITUACION FUTURA
 - P-PBAB2003 SECCIONES GENERALES. PARQUE 220 kv. SITUACION FUTURA

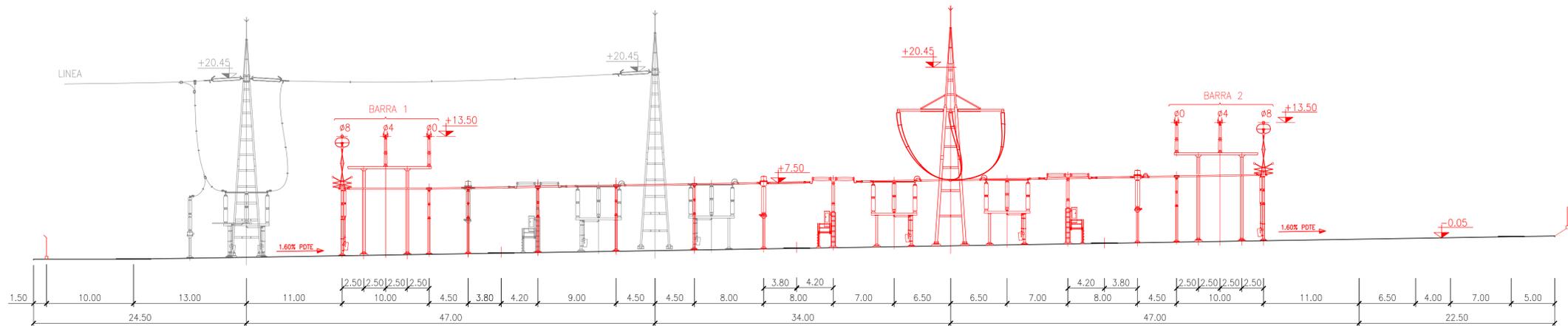
EDICION	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	R.E.E.	PROYECTO (J-0003-S0227)	VALIDO PARA PTA
0	MAY-23	A.G.M.				
INSTALACION 400 kv - 200 kv SUBSTACION DE PERALBA						CÓORD. ETR589 HUBO 30
TÍTULO PLANTA GENERAL						CÓORD. J-0003-S0227 AT 1:500 Nº P-PBAB1000 HOJA

red eléctrica de España, S.A. en su calidad de titular de la actividad de transporte de energía eléctrica, ha autorizado a la empresa promotora de este proyecto, para que, en el ámbito de su competencia, realice el estudio de factibilidad técnica y económica del presente proyecto.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Madrid, Nº 202404750, Fecha Validación: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11724, Colegiado: DAVID GONZALEZ DOMESTICOLA, para el uso de su nombre, dirección: https://www.ccoiim.com/es/impresora, Cód. Ver: 202404750.



SECCION J-J



SECCION L-L

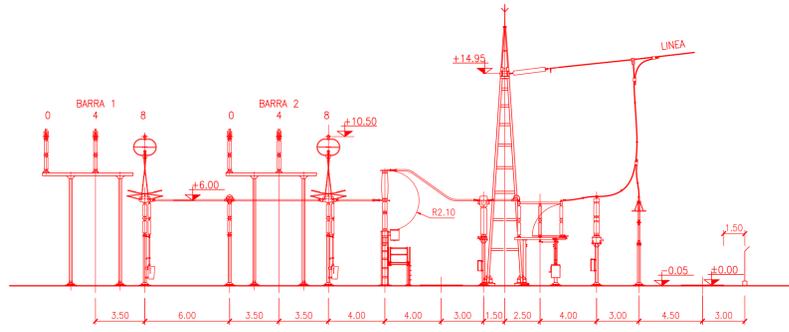
- NOTAS:
1. DIMENSIONES EN METROS.
 2. LAS COTAS +XX.XX AL ESTAR EN PENDIENTE NO SON ABSOLUTAS, SON RELATIVAS A LA ALTURA DE LOS EMBARRADOS DESDE EL TERRENO EN CADA PUNTO

PLANOS DE REFERENCIA:
 P-PB02000 PLANTA GENERAL.

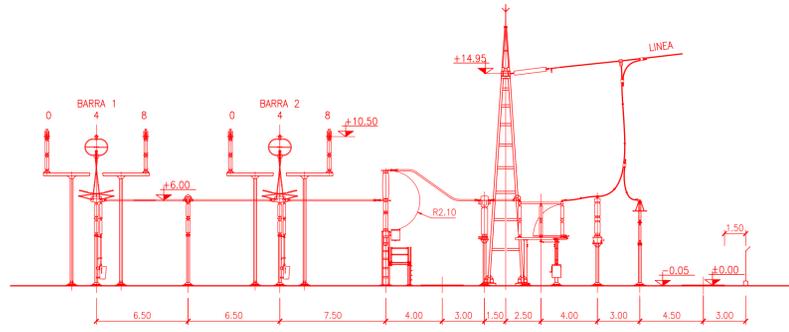
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-0003-S0227)
				VALIDO PARA PTA
INSTALACION				400 kV
SUBSTACION DE PEÑALBA				CÓORD. ETRS89 HUBO 3D
TÍTULO				SECCIONES GENERALES
				CÓDIGO J-0003-S0227
				AT 1:300
				Nº P-PB02001 HOJA 001

INGENIERIA DE SISTEMAS, S.A.S. es una empresa de ingeniería de sistemas, que presta servicios de consultoría, desarrollo de software, implementación de sistemas de información, mantenimiento de sistemas de información, soporte técnico, capacitación, entre otros. INGENIERIA DE SISTEMAS, S.A.S. es una empresa de ingeniería de sistemas, que presta servicios de consultoría, desarrollo de software, implementación de sistemas de información, mantenimiento de sistemas de información, soporte técnico, capacitación, entre otros.

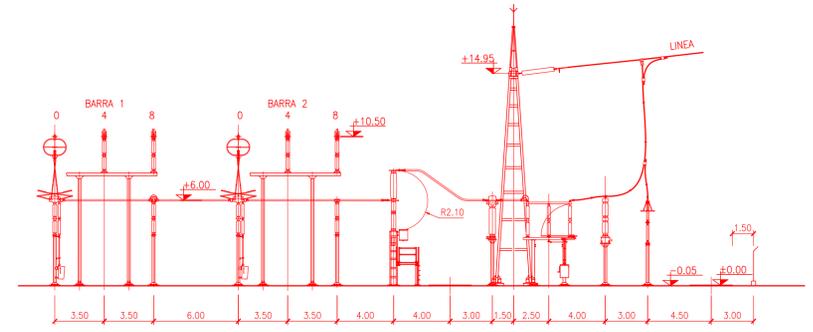
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Madrid, Nº 202404750, Fecha Validación: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11724, Colegiado: DAVID GONZALEZ DOMESTICO, para consultar su Validación: https://www.com.sgf.es/validacion, Cód. Ver: 5243866.



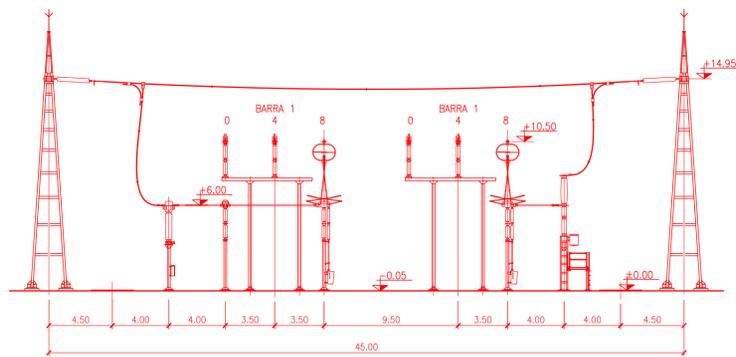
SECCION A-A
FASE 8



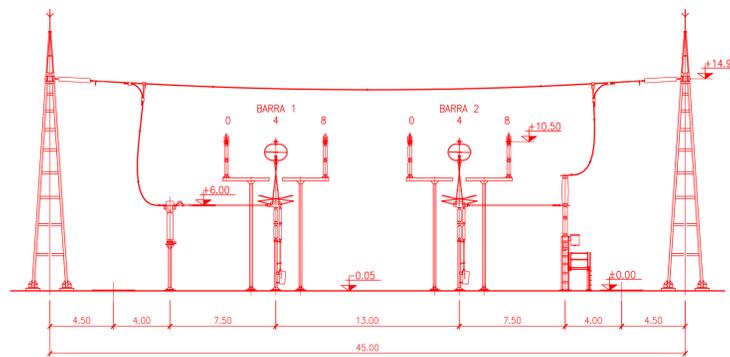
SECCION B-B
FASE 4



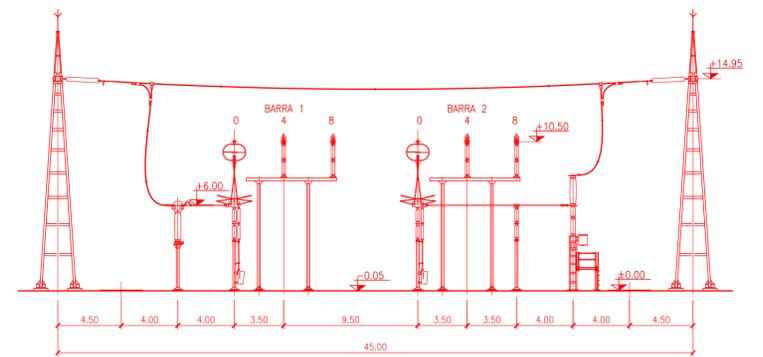
SECCION C-C
FASE 0



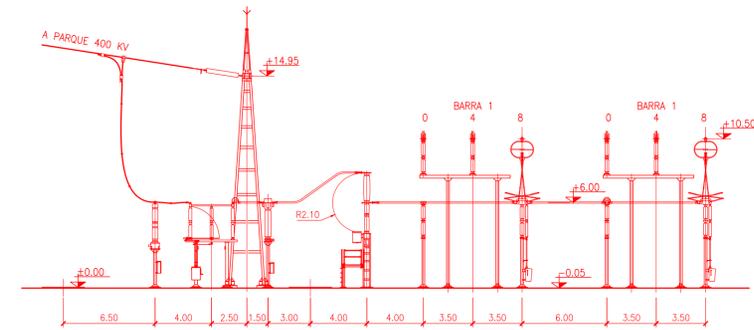
SECCION D-D
FASE 8



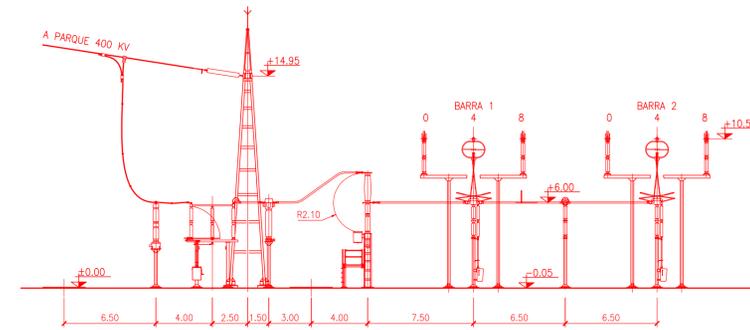
SECCION E-E
FASE 4



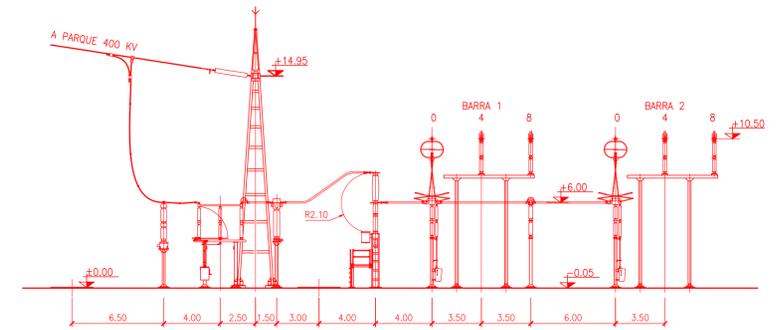
SECCION F-F
FASE 0



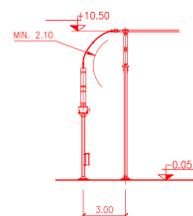
SECCION G-G
FASE 8



SECCION H-H
FASE 4



SECCION I-I
FASE 0



SECCION J-J

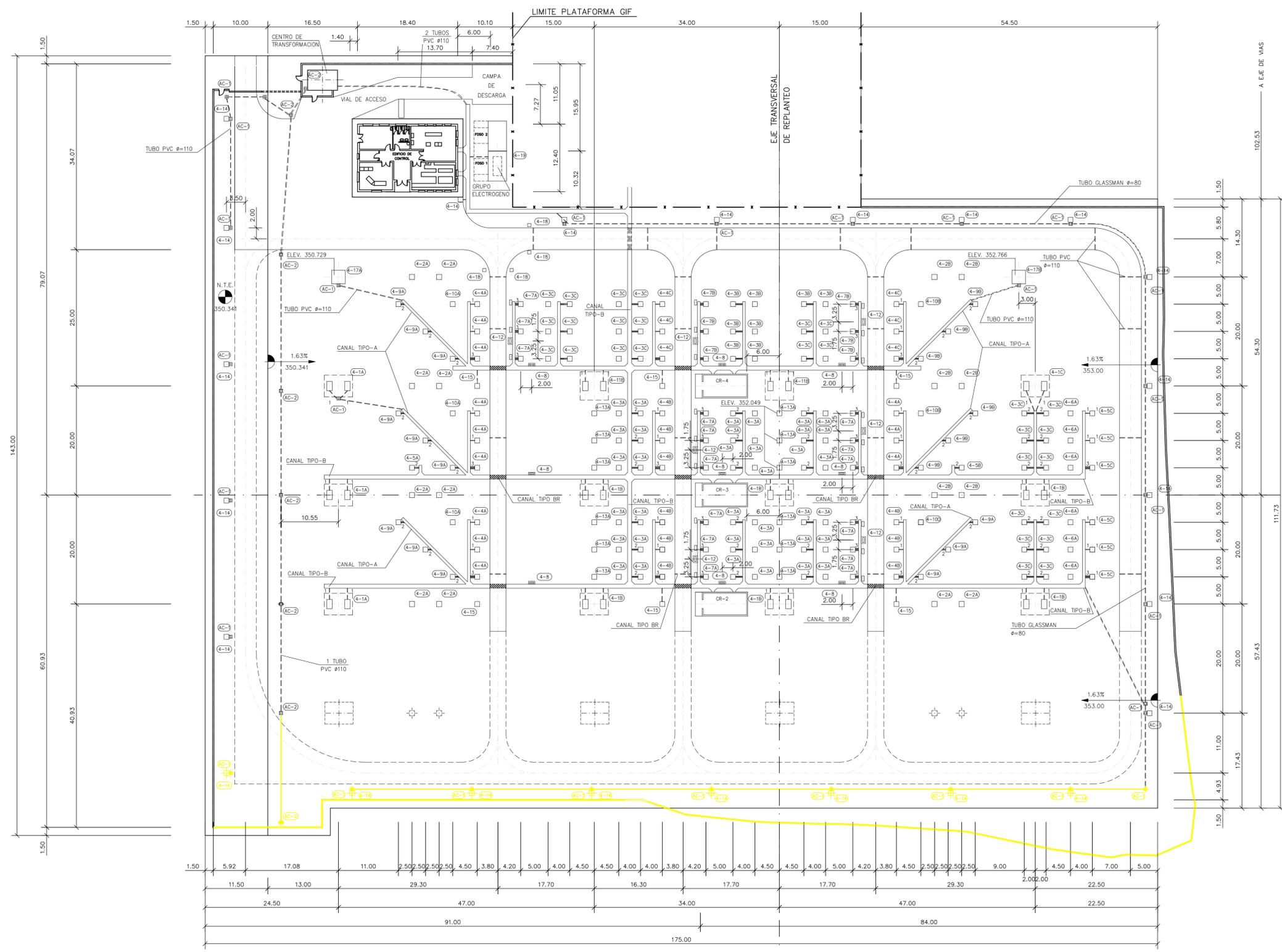
NOTAS:
1. DIMENSIONES EN METROS

PLANOS DE REFERENCIA:
P-PBA1000 PLANTA GENERAL SITUACION FUTURA.
P-PBA2002 PLANTA GENERAL

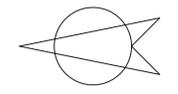
0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-0003-S0227)	VALIDO PARA PTA
EDICION	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCION	COORD. ETRS89
				INSTALACION	HUBO 30
				220 kV	CODIGO J-0003-S0227
				SUBSTACION DE PEÑALBA	AT 1:250
				TITULO	Nº P-PBA2003 HOJA
				SECCIONES GENERALES	
				SITUACION FUTURA	

red eléctrica de España, S.A. es una empresa de interés público. Toda la información contenida en este documento es propiedad de red eléctrica de España, S.A. y está sujeta a las condiciones de uso establecidas en el artículo 17 de la Ley 34/2002, de 11 de mayo, de servicios de comunicaciones electrónicas. red eléctrica de España, S.A. no se hace responsable de los daños o perjuicios que se deriven del uso de esta información. red eléctrica de España, S.A. no se hace responsable de los daños o perjuicios que se deriven del uso de esta información. red eléctrica de España, S.A. no se hace responsable de los daños o perjuicios que se deriven del uso de esta información.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Madrid, Nº 2024/0750, Fecha Validación: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 1274, Colegiado: DAVID GONZALEZ DOMESTICO, para comprobar su validez: https://www.mcm.es/verificador-cad/verificador-cad.aspx



POS.	CANT.	DENOMINACION	OBSERVACIONES
4-1	10	COLUMNA PRINCIPAL	S/PL. S139YC5105 H.3
4-2	16	PÓRTECO DE BARRAS	S/PL. S139YC5105 H.4
4-3	72	SECCIONADOR ROTATIVO	S/PL. S139YC5105 H.5
4-4	27	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	S/PL. S139YC5105 H.6
4-5	8	TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO	S/PL. S139YC5105 H.7
4-6	6	BOBINA DE BLOQUEO	S/PL. S139YC5105 H.8
4-7	21	INTERRUPTOR	S/PL. S139YC5105 H.9
4-8	9	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	S/PL. S139YC5105 H.10
4-9	18	SECCIONADOR PANTOGRAFO	S/PL. S139YC5105 H.11
4-10	6	AISLADOR	S/PL. S139YC5105 H.12
4-11	2	PÓRTECO PRINCIPAL CON SALIDA LATERAL	S/PL. S139YC5105 H.13
4-12	7	ARMARIO CENTRALIZACION INTERRUPTOR	S/PL. S139YC5105 H.14
4-13	12	PARARRAYOS-AUTOVALVULAS 400kV	S/PL. S139YC5105 H.15
4-14	12	COLUMNA DE ALUMBRADO	S/PL. S139YC5105 H.16
4-15	6	SOPORTE ALUMBRADO Y TOMA DE CORRIENTE	S/PL. S139YC5105 H.17
4-17	2	COLUMNA DE PARARRAYOS	S/PL. S139YC5105 H.21
4-18	4	PÓRTECO PARA DEFINICION DE GALBO	S/PL. S139YC5105 H.19
4-19	1	GRUPO ELECTROGENO	S/PL. S139XC5107
4-20	1	CENTRO DE TRANSFORMACION	
AC-1	27	ARQUETA CANALIZACION DE CABLES TIPO-1	S/PL. S139YC5106 H.5
AC-2	8	ARQUETA CANALIZACION DE CABLES TIPO-2	S/PL. S139YC5106 H.5



REFERENCIA
ORIENTACION
FUNDACIONES

EJE LONGITUDINAL
DE REPLANTEO

NOTAS.-

- 1.- COTAS Y ELEVACIONES EN METROS.
- 2.- LA CIFRA INDICADA EN ALGUNAS OMENTACIONES (1-2 & 3) CORRESPONDE AL NUMERO DE TUBOS NECESARIOS SEGUN SE DETALLA EN EL PLANO ESPECIFICO DE SU OMENTACION
- 3.- PARA DEFINICION DE VIALES, VER PLANO S139WC2002
- 4.- LAS LETRAS INDICADAS EN ALGUNAS POSICIONES CORRESPONDEN A DISTINTAS ALTURAS SEGUN SE INDICA EN EL DETALLE DE CADA OMENTACION
- 5.- TODO EL HORMIGON A UTILIZAR SE REALIZARA CON CEMENTO SULFORRESISTENTE

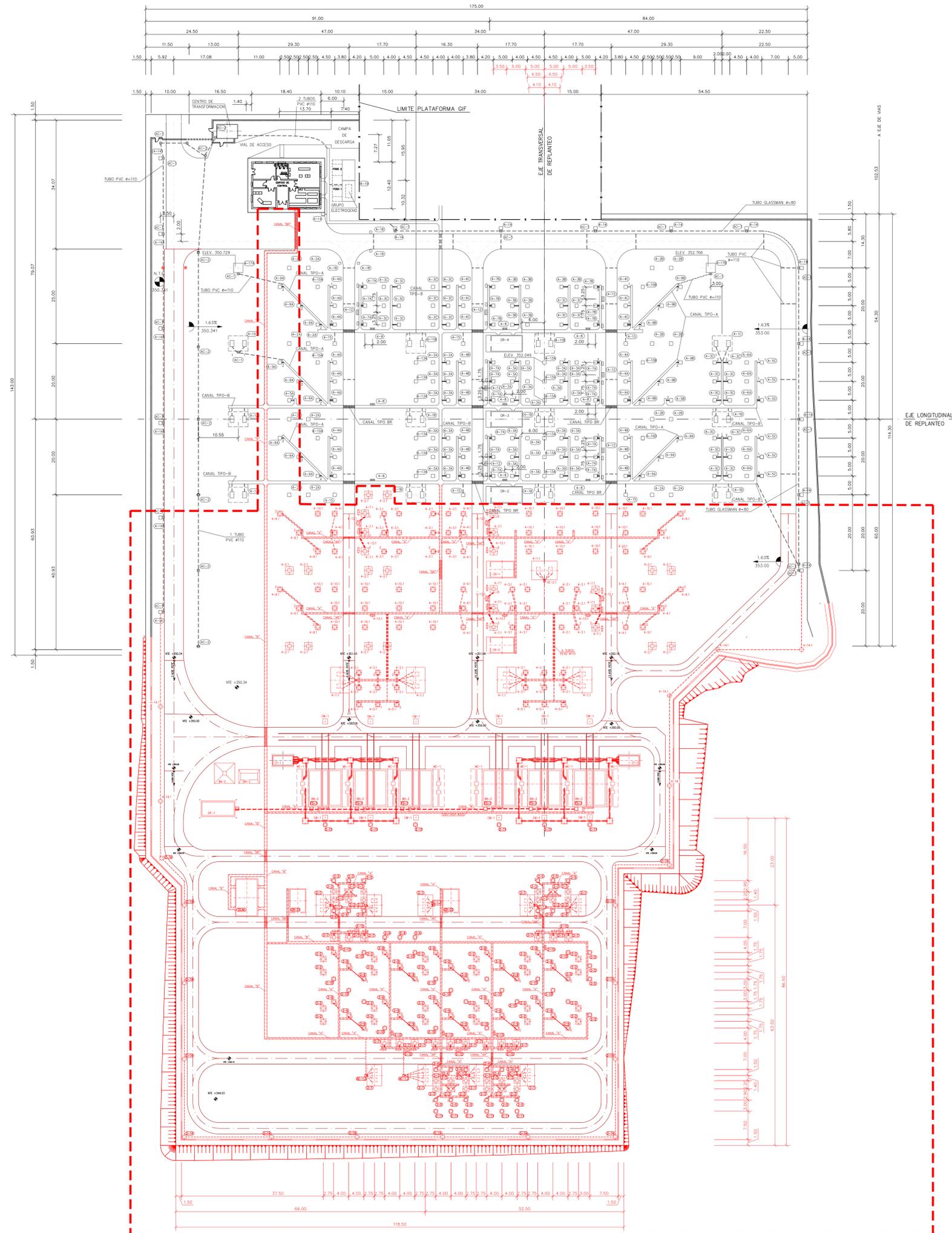
PLANOS DE REFERENCIA.-

- S139WE1001 PLANTA DE 400 kv - APARELLAJE
- S139WE1002 H.1 Y H.2 SECCIONES DE 400 kv - APARELLAJE
- S139WC2101 PLANTA GENERAL DE CERRAMIENTO
- S139WC2001 PLANTA GENERAL DE VIALES
- S139YC5106 CANALIZACIONES DE CABLES. DETALLES
- S139YC5105 DETALLES DE FUNDACIONES
- S139WD1202 EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL. PLANTA DE DISTRIBUCION
- S139WD2001 CASETA DE RELES CR-2. ARQUITECTURA Y DETALLES
- S139WD2003 CASETA DE RELES CR-3. ARQUITECTURA Y DETALLES
- S139WD2005 CASETA DE RELES CR-4. ARQUITECTURA Y DETALLES

COTA NIVEL ARRANQUE ESTRUCTURA	COTA NIVEL TERRENO EXPLANTADO	DISTANCIA A ORIGEN
	350,341	0,00
	350,341	1,50
	350,341	11,50
	350,548	24,50
	350,665	35,50
	350,727	38,00
	350,768	40,50
	350,808	43,00
	350,849	45,50
	350,890	48,00
	350,931	50,50
	350,972	53,00
	351,013	55,50
	351,054	58,00
	351,095	60,50
	351,136	63,00
	351,177	65,50
	351,218	68,00
	351,259	70,50
	351,300	73,00
	351,341	75,50
	351,382	78,00
	351,423	80,50
	351,464	83,00
	351,505	85,50
	351,546	88,00
	351,587	90,50
	351,628	93,00
	351,669	95,50
	351,710	98,00
	351,751	100,50
	351,792	103,00
	351,833	105,50
	351,874	108,00
	351,915	110,50
	351,956	113,00
	351,997	115,50
	352,038	118,00
	352,079	120,50
	352,120	123,00
	352,161	125,50
	352,202	128,00
	352,243	130,50
	352,284	133,00
	352,325	135,50
	352,366	138,00
	352,407	140,50
	352,448	143,00
	352,489	145,50
	352,530	148,00
	352,571	150,50
	352,612	153,00
	352,653	155,50
	352,694	158,00
	352,735	160,50
	352,776	163,00
	352,817	165,50
	352,858	168,00
	352,899	170,50
	352,940	173,00
	352,981	175,50

E	04-02	R.S.C.	A.M.R.	APLITEC	CONFORME A OBRA	J.A.P.
D	09-01	R.S.C.	J.A.M.	APLITEC	BANCADA GRUPO ELECTROGENO	J.A.P.
C	03-01	R.S.C.	R.S.C.	APLITEC	REVISION DEL PROYECTO (J0001-S139)	J.A.P.
B	12-00	A.C.M.	A.F.S.	APLITEC	REVISION DEL PROYECTO (J0001-S139)	J.A.P.
REVISION	FECHA	PROYECT.	DIBUJADO	COMPROB.	MODIFICACION	APROBADO POR R.E.E.
INSTALACION SUBSTACION DE PEÑALBA PARQUE DE 400 kv						Nº
PROYECTADO 10-00 C.L.J. DIBUJADO 10-00 E.T.E. COMPROBADO 10-00 APLITEC APROBADO POR R.E.E. 12-00 J.A.P.						ID: C0396414 ESCALA 1:400 Nº S139WC5001 HOJA 1 SIGUE -

Cálculo: Carlos de la Torre, Ingeniero de Edificación, Colección Nº 2024/04/15, Fecha: 15/04/2024, Proyecto: S139WC5001, Hoja: 1 de 1.



POS.	CANT.	DENOMINACION	OBSERVACIONES
4-1	10	COLUMNA PRINCIPAL	S/PL. S138VCS105 H.1.3
4-2	10	PORTICO DE BARRAS	S/PL. S138VCS105 H.1.4
4-3	72	SECCIONADOR	S/PL. S138VCS105 H.1.5
4-4	27	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	S/PL. S138VCS105 H.1.6
4-5	8	TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO	S/PL. S138VCS105 H.1.7
4-6	6	BORNA DE BLOQUEO	S/PL. S138VCS105 H.1.8
4-7	21	INTERRUPTOR	S/PL. S138VCS105 H.1.9
4-8	9	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	S/PL. S138VCS105 H.1.10
4-9	18	SECCIONADOR PANTOGRAF	S/PL. S138VCS105 H.1.11
4-10	6	AISLADOR	S/PL. S138VCS105 H.1.12
4-11	2	PORTICO PRINCIPAL CON SALIDA LATERAL	S/PL. S138VCS105 H.1.13
4-12	7	ARMARIO CENTRALIZACION INTERRUPTOR	S/PL. S138VCS105 H.1.14
4-13	12	PARABRAYOS-AUTOVALVULAS 40KV	S/PL. S138VCS105 H.1.15
4-14	17	COLUMNA DE ALUMBRADO	S/PL. S138VCS105 H.1.16
4-15	6	SOPORTE ALUMBRADO Y TOMA DE CORRIENTE	S/PL. S138VCS105 H.1.17
4-17	2	COLUMNA DE PARABRAYOS	S/PL. S138VCS105 H.1.21
4-18	4	PORTICO PARA DEFINICION DE GALBO	S/PL. S138VCS105 H.1.19
4-19	1	GRUPO ELECTROGENO	S/PL. S138VCS107
4-20	1	CENTRO DE TRANSFORMACION	S/PL. S138VCS106 H.1.5
AC-1	27	ARQUETA CANALIZACION DE CABLES TPO-1	S/PL. S138VCS106 H.1.5
AC-2	8	ARQUETA CANALIZACION DE CABLES TPO-2	S/PL. S138VCS106 H.1.5

RELACION DE CIMENTACIONES 400KV				
POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO N°	OBSERVACIONES
4-1-1	3	COLUMNA PORTICO PRINCIPAL	---	---
4-2-1	14	PORTICO DE BARRAS	---	---
4-3-1	30	SECCIONADOR	---	---
4-4-1	12	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	---	---
4-5-1	3	TRANSFORMADOR DE TENSION	---	---
4-7-1	3	INTERRUPTOR POLIMERICO	---	---
4-8-1	12	SECCIONADOR PANTOGRAF	---	---
4-10-1	28	ASLADOR DE APOYO	---	---
4-12-1	2	ARMARIO DEL INTERRUPTOR	---	---
4-13-1	3	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	---	---
4-14-1	6	COLUMNA DE ALUMBRADO	---	---
4-16-1	2	SOPORTE GALBO	---	---
4-17-1	1	FUNDACION TORRE PUNTA FRANKLIN	---	---
BN-2	3	BANCA DE REACCION	---	---
BN-3	1	BANCA DE GRUPO ELECTROGENO	---	---
BN-5	1	LOSA ALMACENAMIENTO TEMPORAL EQUIPOS	---	---
DP-1	1	DEPOSITO ESTANCO	---	---
CT-1	1	CENTRO DE TRANSFORMACION	---	---
AC-1.2	1	ARQUETA TIPICA PARA CABLES	---	---
CM-1	6	MUERO DE ARMARRITE	---	---
MC-1	1	MURO CONTALUEGOS	---	---
FS-1	6	FOSO COLECTOR	---	---

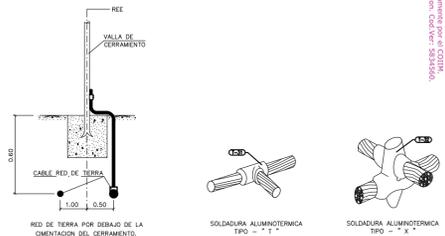
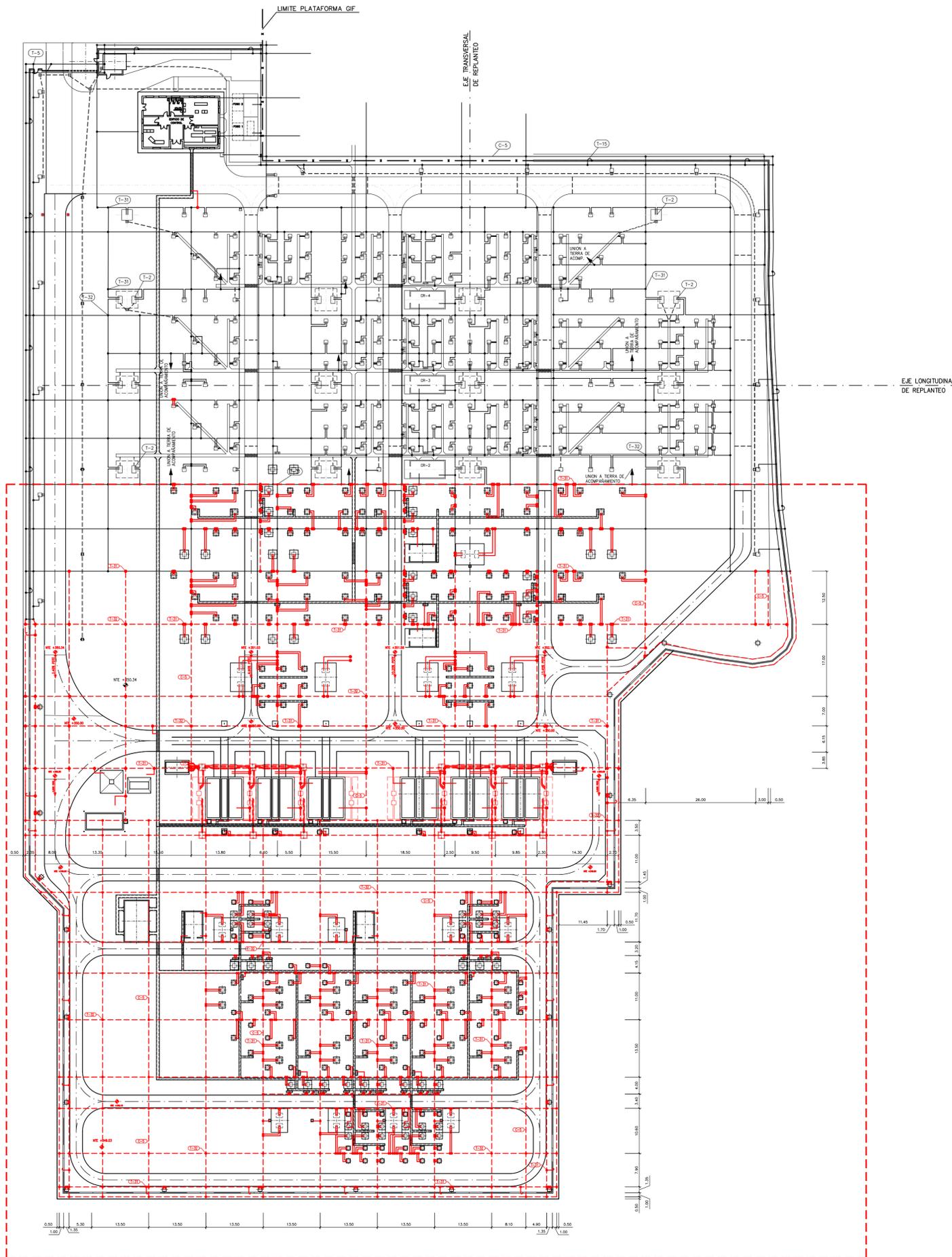
RELACION DE CIMENTACIONES 220KV				
POS.	CANT.	DENOMINACION	PLANO N°	OBSERVACIONES
2-1	8	COLUMNA PORTICO PRINCIPAL	---	---
2-2	24	PORTICO DE BARRAS	---	---
2-3	18	SECCIONADOR	---	---
2-4	15	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	---	---
2-5	15	TRANSFORMADOR DE TENSION	---	---
2-7	15	INTERRUPTOR POLIMERICO	---	---
2-9	30	SECCIONADOR PANTOGRAF	---	---
2-10	18	ASLADOR DE APOYO	---	---
2-11	15	AUTO-VALVULAS	---	---
2-12	5	ARMARIO DEL INTERRUPTOR	---	---
2-13	4	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	---	---
2-14	14	COLUMNA DE ALUMBRADO	---	---
2-17	1	FUNDACION TORRE PUNTA FRANKLIN	---	---
AC-2.1	7	ARQUETA TIPICA PARA CABLES	---	---

0	MAY-24	K.C.M.	R.E.E.	PIA PROYECTO J-003-50227
EDICION	FECHA	PROYECTISTA/RESPONSABLE	DESCRIPCION	VALOR PARA PIA
red eléctrica			400/220 KV S.E. PERALBA	---
Titulo			PLANTA GENERAL CIMENTACIONES Y CANALES DE CABLES	---

CODIGO	POS.	CANT.	DENOMINACION	OBSERVACIONES
3010033	C-5	727m	CABLE DE COBRE DESNUDO DE 120 mm ² (φ 14.2 mm)	
3010076	T-2	26	GRAPA DE ENLACE PARA ESTRUCTURA Y DOS CABLES DE COBRE DESNUDO DE 120 mm ² CON 2 TORNILLOS M6 A 50 mm	5/P.L. 513027007
3010081	T-15	21	GRAPA DE ENLACE PARA TUBO DE 48 mm φ Y CABLE Cu DESNUDO DE 120 mm ²	5/P.L. 513027007
3010095	T-5	5	TERMINAL DE PRESION PARA CABLE DE Cu DESNUDO DE 120 mm ² CON EMBUDO φ 14 mm	5/P.L. 513027007
3010070	T-31	202	SOLDADURA EXOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDO DE 120 mm ² (φ 14 mm)	
3010054	T-32	165	SOLDADURA EXOTERMICA EN "ORLIZ" PARA CABLES DE Cu DESNUDO DE 120 mm ² (φ 14 mm)	

RELACION DE MATERIALES 400V					
CODIGO/POS.	POS.	CANT.	DENOMINACION	RESERVACIONES	DIAMETRO
20000	C-4	1419m	CABLE DE Cu DESNUDO DE 120mm ² φ14mm	---	---
---	T-26	200	SOLDADURA EXOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDO (φ14.2mm)	---	---
---	T-28	111	SOLDADURA EXOTERMICA EN ORLIZ PARA CABLES DE Cu DESNUDO (φ14.2mm)	---	---
---	T-30	100	APARTEADO DE CONEXION A LA RED GENERAL DE TIERRAS	CONFINADO POR UNO	---

RELACION DE MATERIALES 220V					
CODIGO/POS.	POS.	CANT.	DENOMINACION	RESERVACIONES	DIAMETRO
20000	C-4	1419m	CABLE DE Cu DESNUDO DE 120mm ² φ14mm	---	---
---	T-26	49	SOLDADURA EXOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDO (φ14.2mm)	---	---
---	T-28	111	SOLDADURA EXOTERMICA EN ORLIZ PARA CABLES DE Cu DESNUDO (φ14.2mm)	---	---
---	T-30	47	APARTEADO DE CONEXION A LA RED GENERAL DE TIERRAS	CONFINADO POR UNO	---



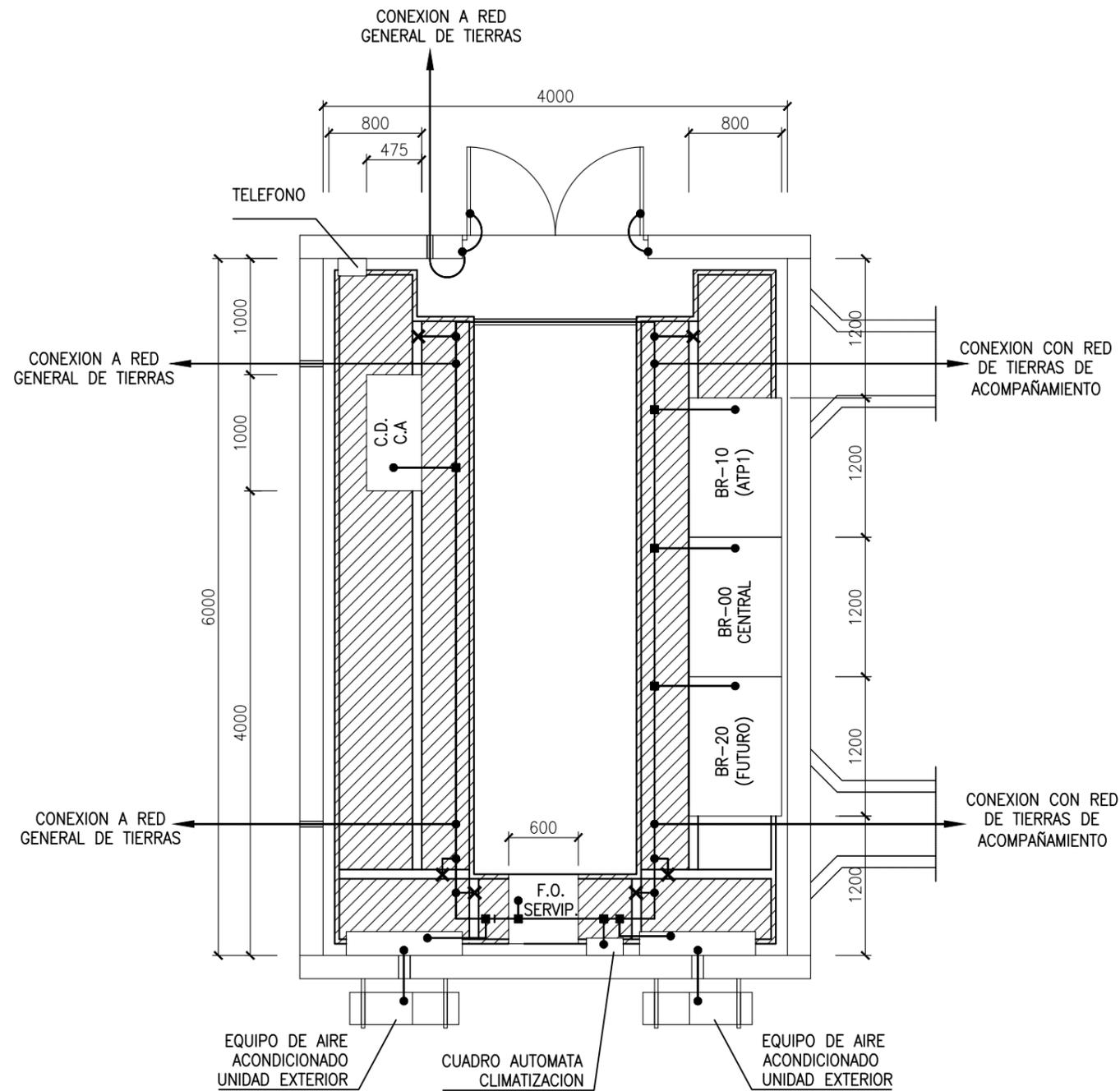
- SIEMBLAS**
- SOLDADURA EXOTERMICA EN CRUZ O EN "T"
 - CONEXION A ESTRUCTURA (LOS LATIGUILLOS IRAN PROTEGIDOS CON TUBO CORRUGADO SENCILLO DE DIAMETRO MAYOR DE 20 mm)
 - CONEXION A CERRAMIENTO
 - CONEXION A RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO (HASTA DENTRO DE CANAL DE CABLES CERCANO)
 - MALLA PRINCIPAL DE CABLE DE Cu DE 120 mm² A 60 cm DE PROFUNDIDAD (SE EJECUTARA PREFERENTEMENTE DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA):
 - DEBAJO DE CADA COMERCIALIZACION SE LEVARA UNA COCA POR CADA LATIGUILLO CON LONGITUD DE CABLE SUFICIENTE PARA CONECTAR A LA ESTRUCTURA CUANDO SE INSTALE LA MALLA
 - PARA LOS SOPORTES DE APARTEADO SE LEVARAN LATIGUILLOS DE 1.50 m DE LONGITUD EN LA ORIENTACION
 - PARA LAS COLUMNAS PRINCIPALES SE LEVARAN LATIGUILLOS DE 2.0 m DE LONGITUD EN LA ORIENTACION
 - EN LOS Muros CORRIDOS SE LEVARAN LATIGUILLOS DE 2.50 m DE LONGITUD APROXIMADA EN AMBOS LADOS A LA ALTURA DEL EJE CENTRAL (DETALLE 1)
 - PARA LAS TIERRAS INTERIORES DE CASAS Y EDIFICOS SE LEVARAN LATIGUILLOS DE 1.50m EN EL INTERIOR

- NOTAS:**
- LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERAN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS:
 - CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 20 m (MOVIMIENTO DE TIERRAS)
 - PARED DE DIVISION SUBSISTENCIA (MOVIMIENTO DE TIERRAS)
 - CERCHOS METALICOS DE ARQUITECTA (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS (OBRAS CIVILES)
 - MUEBLOS DE ARRIBRE (OBRAS CIVILES)
 - PANELES DE VIDES DE RESERVA (OBRAS CIVILES)
 - ORIENTACIONES DE EDIFICIOS Y CASITAS (OBRAS CIVILES)
 - TIPODOS LOS ELEMENTOS METALICOS QUE SE EJECUTEN EN LA FAJE DE MOVIMIENTO DE TIERRAS/OBRAS CIVILES QUE REQUIERAN CONEXION A TIERRA.
 - 1. SE DARA CONTINUIDAD EN LAS CASITAS Y EDIFICIO A LAS ARMADURAS DE MURO DE ORIENTACION Y SOLERA.
 - 2. LA SITUACION DE LAS CONEXIONES CON LA ESTRUCTURA EN CADA ORIENTACION ES ORIENTATIVA. EN CADA PROYECTO SE IRAN CONCORDAR CON EL JEFE INGENIERO EN LOS PLANOS DE MONTEAJE DE CADA EQUIPO.
 - 3. AL INTERIOR DE LAS ARQUITECTAS DE P. o T. DE LOS NEUTROS SE LEVARAN ADICION 4 CABLES DE Cu DE 120 mm².

- PLANOS DE REFERENCIA:**
- PLAN GENERAL RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO
- SIMBOLOGIA:**
- A UNIR CON RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO
- PLANOS DE REFERENCIA:**
- 5139ME1001 PLANTA DE 400 kV - APARELLAJE
 - 5139ME1002 H.1 Y H.2 SECCIONES DE 400 kV - APARELLAJE

FECHA	PROYECTADO	REVISADO	DESCRIPCION	VALIDO PARA
04/24	AGM	REJ	PIA PROYECTO J-003-0027	
05/03	AGM	REJ	400/220 kV S.E. PEÑALBA	PIA
05/03	AGM	REJ	PIA PROYECTO J-003-0027	PIA
05/03	AGM	REJ	PIA PROYECTO J-003-0027	PIA
05/03	AGM	REJ	PIA PROYECTO J-003-0027	PIA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Madrid, Nº 2024/0150, Fecha: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº 2024/0150, Documento: PLAN GENERAL RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO, para comprobar su validez: https://www.com.es/verificador-certificados/Cad/Ver/304360



SIMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm²
- ⊥ DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- ⊥ DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- ⤴ PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm²
- ⊗ PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- ▨ PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR

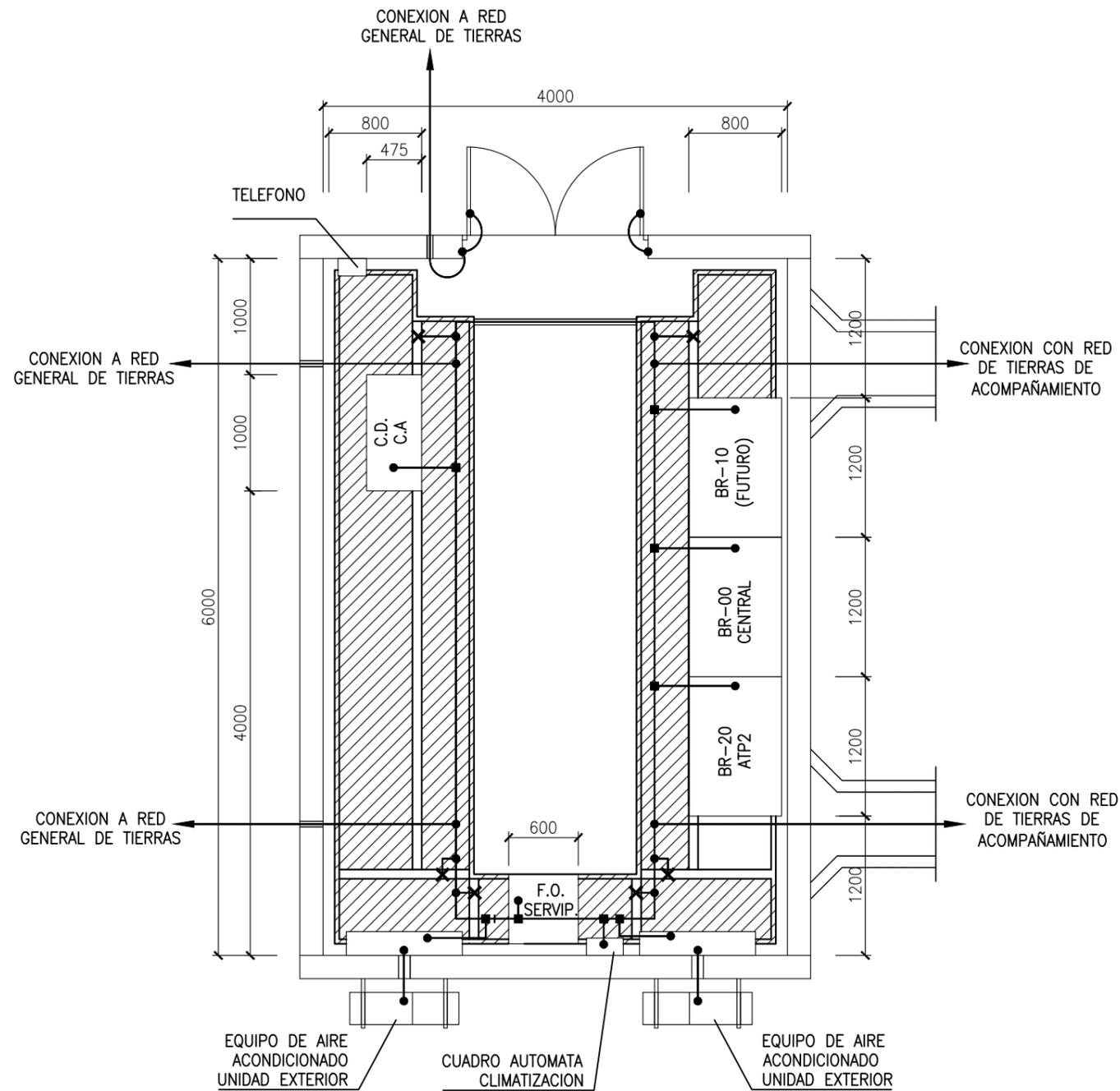
NOTAS:

1. LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASSETAS DE RELES.
2. EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.O. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSALES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
3. EN CASO DE CONTENER LA CASSETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

PLANOS DE REFERENCIA:

PBAF1000 PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	MAY-23	A.G.M.	R.E.E.	EMISIÓN INICIAL	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN 400 kV SUBESTACIÓN DE PEÑALBA	
				TÍTULO CASETA DE RELÉS CR-1 IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS	
				VÁLIDO PARA PTA	
				COORD.	HUSO
				CÓDIGO J-00G3-S0227	
				A3	1:50
				Nº P-PBAJ2003	HOJA -



SIMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm²
- ⊥ DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- ⊥ DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- ⤴ PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm²
- ⊗ PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- ▨ PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR

NOTAS:

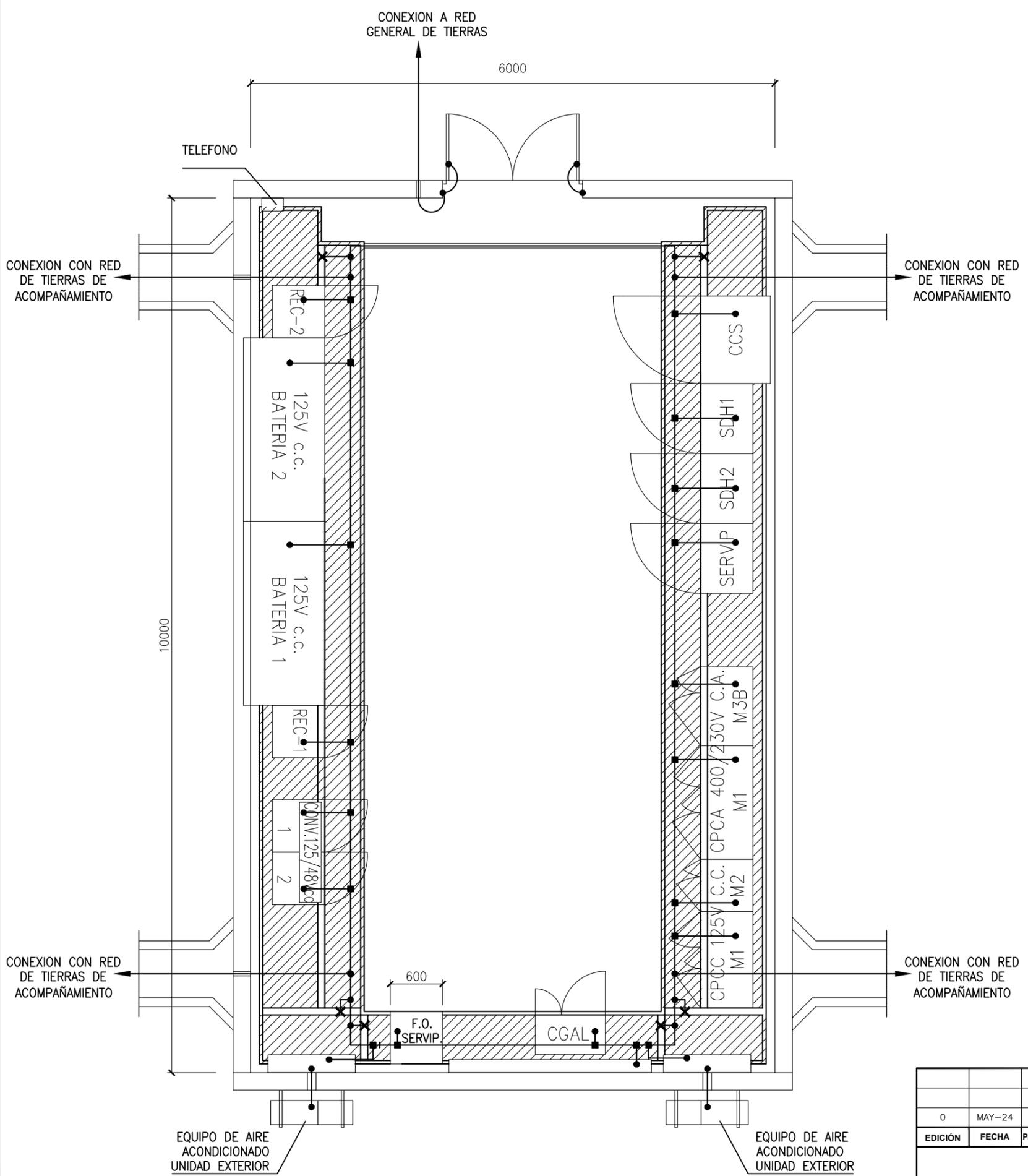
1. LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASSETAS DE RELÉS.
2. EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.O. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSALES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
3. EN CASO DE CONTENER LA CASSETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

PLANOS DE REFERENCIA:

PBAF1000 PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	MAY-23	A.G.M.	R.E.E.	EMISIÓN INICIAL	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN 400 kV SUBESTACIÓN DE PEÑALBA	
				TÍTULO CASSETA DE RELÉS CR-0 IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS	
				VÁLIDO PARA PTA	
				COORD.	HUSO
				CÓDIGO J-00G3-S0227	
				A3	1:50
				Nº P-PBAJ2001	HOJA -

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual del presente documento. Todos los derechos están reservados y por tanto su contenido pertenece única y exclusivamente a RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. El acceso a este documento no supondrá en forma alguna, licencia para su reproducción total o parcial, modificación o distribución que, en todo caso, estarán prohibidos salvo previo y expreso consentimiento por escrito de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U., no asumiendo ninguna responsabilidad derivada del uso no autorizado del contenido del presente documento.



SIMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm²
- ⊥ DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- ⤵ PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm²
- x PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- ▨ PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR

NOTAS:

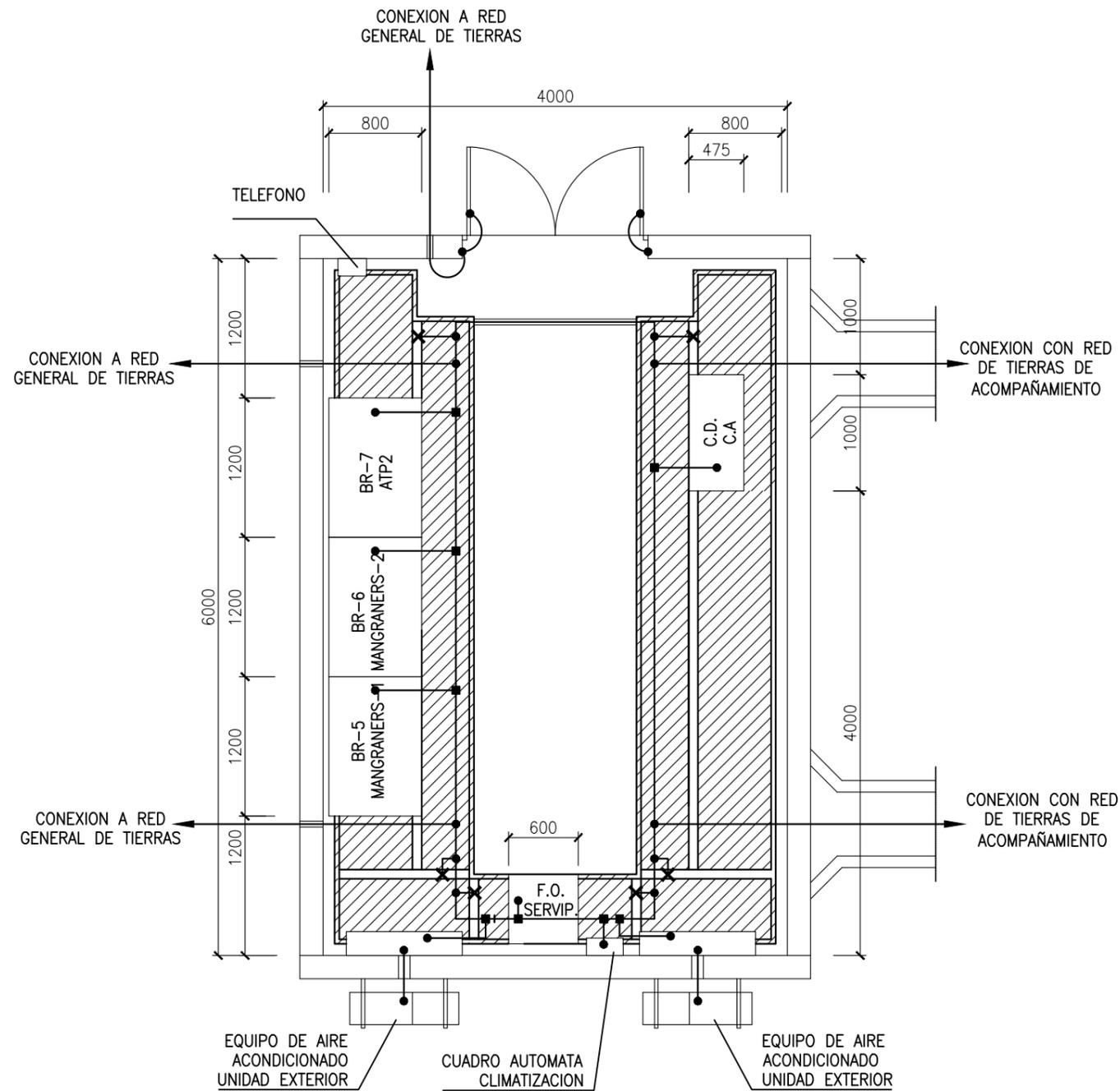
1. LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASETAS DE RELES.
2. EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.O. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSLAES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
3. EN CASO DE CONTENER LA CASETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

PLANOS DE REFERENCIA:

PBAF1000 PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-00G3-S0227)	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN	220 kV SUBESTACIÓN DE PEÑALBA
				TÍTULO	CASETA DE SS.AA IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS
				VÁLIDO PARA PTA	
				COORD.	ETRS89
				HUSO	30
				CÓDIGO	J-00G3-S0227
				A3	1:50
				Nº	P-PBAJ2000
				HOJA	-

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JUANINHAU, Para comprobar su validez: https://www.colim.es/Verificac... Cod: VES534560.



SIMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm²
- ⊥ DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- ⊥ DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- ⤴ PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm²
- ✕ PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- ▨ PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR

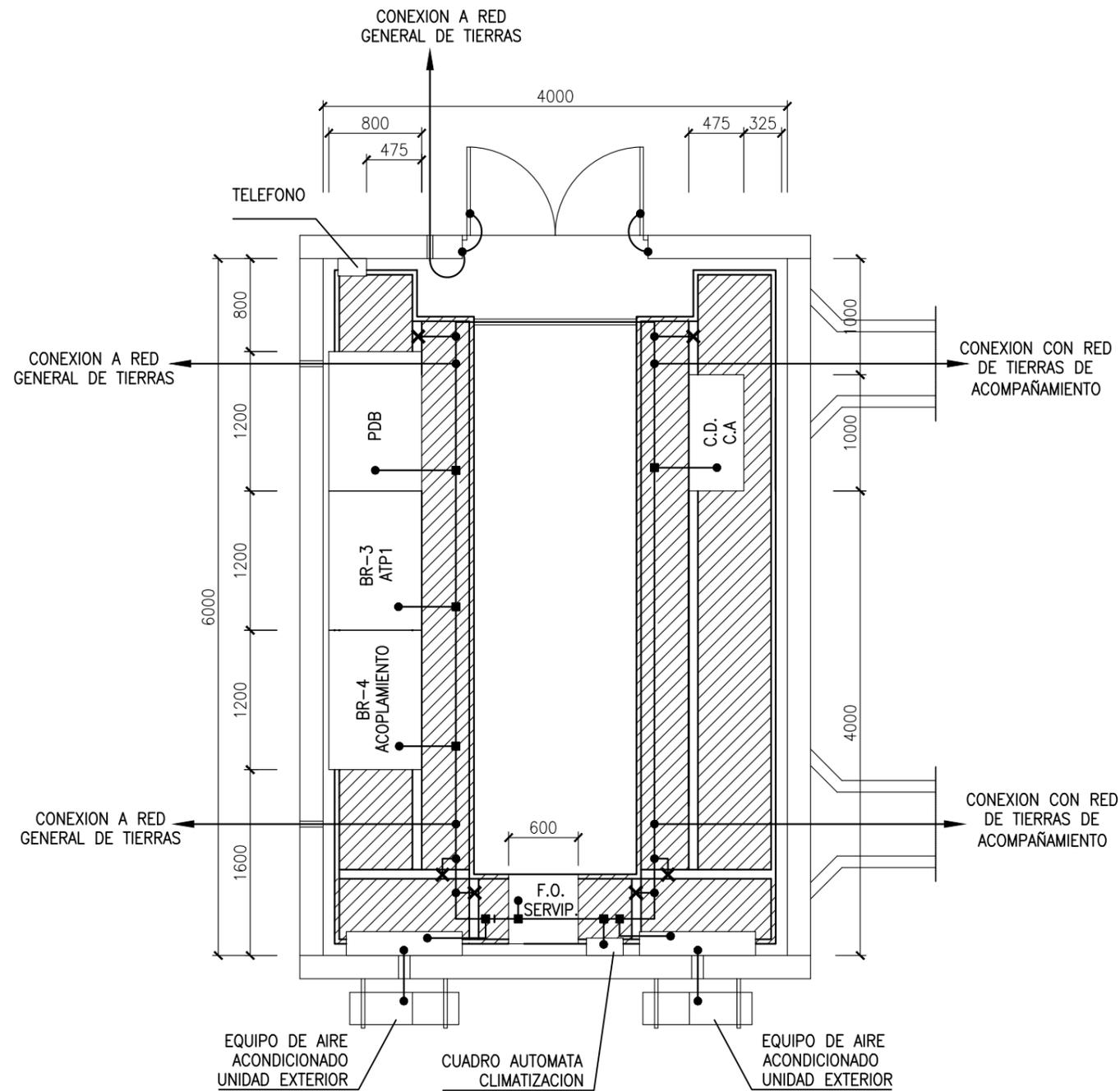
NOTAS:

1. LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASETAS DE RELES.
2. EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.O. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSLAES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
3. EN CASO DE CONTENER LA CASETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

PLANOS DE REFERENCIA:

PBAF1000 PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-00G3-S0227)	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN 220 kV SUBESTACIÓN DE PEÑALBA	
				TÍTULO CASETA DE RELÉS CR-22 IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS	
				VÁLIDO PARA PTA COORD. ETRS89 HUSO 30	
				CÓDIGO J-00G3-S0227	
				A3	1:50
				Nº P-PBAJ2002	HOJA -



SIMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm²
- ⊥ DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- ⊥ DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- ⤴ PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm²
- ✕ PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- ▨ PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR

NOTAS:

1. LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASETAS DE RELÉS.
2. EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.O. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSLAES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
3. EN CASO DE CONTENER LA CASETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

PLANOS DE REFERENCIA:

PBAF1000 PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	MAY-24	A.G.M.	R.E.E.	PROYECTO (J-00G3-S0227)		
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN		
				INSTALACIÓN		VÁLIDO PARA PTA
				220 kV SUBESTACIÓN DE PEÑALBA		COORD. HUSO
TÍTULO				CASETA DE RELÉS CR-21 IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS		CÓDIGO J-00G3-S0227
				A3	1:50	
Nº P-PBAJ2004				HOJA -		

red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

El presupuesto del presente proyecto incluye las partidas necesarias para el diseño y ejecución del proyecto. En este presupuesto no se incluyen otros costes incurridos para la final realización de la instalación, como son los costes de terrenos, licencias y tasas, costes financieros y costes de gestión y administración

1 PRESUPUESTO DESGLOSADO SUBESTACIÓN:

PEÑALBA PARQUE 400 kV (en euros)

1.1. Ingeniería de proyecto	82.200,00
1.2. Materiales	12.692.040,00
1.2.1. Aparataje y materiales de alta tensión	1.500.000,00
1.2.2. Transformador 400/ 220(3 x 200 MVA)	10.694.700,00
1.2.3. Protecciones, control y comunicaciones	377.834,00
Bastidores, cuadros y convertidores.....	80.000,00
Sistemas de control.....	40.000,00
Sistemas de comunicación.....	80.000,00
Protecciones.....	140.000,00
Servicios auxiliares, baterías y alumbrado.....	19.000,00
Cables.....	18.340,00
1.2.4. Estructura metálica	120.000,00
1.3. Construcción	1.201.288,00
1.3.1. Movimiento de tierras y Obra civil del parque 400 kV	832.000,00
1.3.2. Montaje electromecánico	452.000,00
1.3.3. Prueba y puesta en servicio	94.000,00
1.3.4. Servicios diversos	43.288,00
 TOTAL PRESUPUESTO 1 (Peñalba 400 kV)	14.195.328 euros

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM.
 No Colegiado: JUAN CARLOS GARCIA YANES, Colegiado: JUAN CARLOS GARCIA YANES, E-Auditor: JUAN CARLOS GARCIA YANES, Verificación: https://www.colim.es/Verificacion, Cod.Ver: 5834560.

PEÑALBA PARQUE 220 kV (en euros)

1.4. Ingeniería de proyecto	70.827
1.5. Materiales	3.149.061
1.5.1. Aparataje y materiales de alta tensión	1.898.000
1.5.2. Protecciones, control y comunicaciones	585.320
Bastidores, cuadros y convertidores.....	63.910
Sistemas de control.....	114.170
Sistemas de comunicación.....	100.000
Protecciones.....	190.690
Servicios auxiliares, baterías y alumbrado.....	89.948
Cables.....	90.358
1.5.3. Estructura metálica	125.000
1.6. Construcción	1.564.520
1.6.1. Movimiento de tierras y Obra civil del parque 400 kV	675.000
1.6.2. Montaje electromecánico	494.945
1.6.3. Prueba y puesta en servicio	180.000
1.6.4. Servicios diversos	214.575
 TOTAL PRESUPUESTO 1 (Peñalba 220 kV)	4.784.408 Euros

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Colindado 1725, Calle de Alcala 1725, Madrid, España. Para comprobar su validez: <https://www.colim.asy/Verificacion>, Cod.Ver: 5834560.

2 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL (en euros)

2.1. Seguridad y salud laboral parque 400 KV.....	7.026 Euros
2.2. Seguridad y salud laboral parque 220 KV.....	7.026 Euros
2.3. Seguridad y salud laboral Peñalba 400/ 220 KV.....	14.052 Euros

TOTAL PRESUPUESTO 2 14.052 Euros

3 PRESUPUESTO TOTAL(PRESUPUESTO 1 + PRESUPUESTO 2)

3.1. PEÑALBA PARQUE 400 kV.....	14.195.328 Euros
3.2. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL PARQUE 400 kV.....	7.026 Euros
3.3. SUBTOTAL PEÑALBA 400 kV.....	14.202.354 Euros

El presupuesto de la ampliación del parque de Peñalba 400 kV asciende a **CATORCE MILLONES DOSCIENTOS DOS MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS.**

3.4. PEÑALBA PARQUE 220 KV.....	4.784.408 Euros
3.5. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL PARQUE 220 KV.....	7.026 Euros
3.6. SUBTOTAL PEÑALBA 220 KV.....	4.791.434 Euros

El presupuesto de la ampliación del parque de Peñalba 220 kV asciende a **CUATRO MILLONES SETECIENTOS NOVENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS.**

3.7. TOTAL SUBESTACIÓN PEÑALBA 400 / 220 KV.....	18.979.736 Euros
3.8. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL SUBESTACIÓN PEÑALBA 400/220 KV.....	14.052 Euros

TOTAL..... 18.993.788 Euros

El presupuesto total de la ampliación de la subestación PEÑALBA 400/220 KV incluyendo los parques de 400 kV y 220 kV asciende a **DIECIOCHO MILLONES NOVECIENTOS NOVENTA Y TRES MIL SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS.**

Madrid, Noviembre de 2024

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

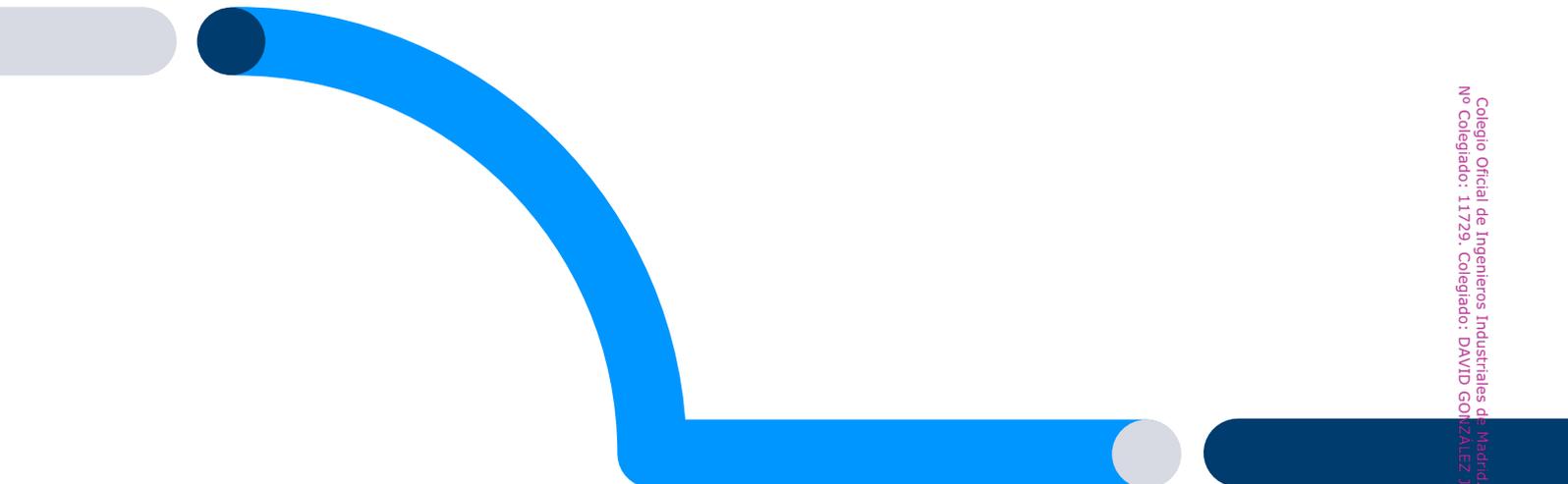
Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente, por el COIIM, No Colegiado, 11/09, Colegiado DAVID GONZÁLEZ JUANNEAU, Para comprobar su autenticidad: https://www.colim.es/Verificacion, C.I. Verif:834560.

red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN SUBESTACION PEÑALBA 400 kV

DOCUMENTO 5 A

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

Índice

1 OBJETO	3
2 NORMATIVA VIGENTE.....	3
3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS	4
4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO	5
5 RESULTADOS	10
6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	11
7 CONCLUSIONES.....	11
8 REFERENCIAS	11

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
No Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.asp/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Para la elaboración del análisis del campo magnético, se ha desarrollado una aplicación que realiza la simulación y cálculo del campo magnético en los puntos deseados de la instalación y su entorno.

La aplicación desarrollada está realizada sobre Matlab/Octave. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores 3D de una subestación, discretizados a segmentos rectilíneos, y sobre un periodo de onda completo para obtener valores eficaces. Se tienen en cuenta los diferentes desfases entre fases o motivados por la presencia de un transformador. La misma metodología ha sido empleada con buenos resultados en otros estudios publicados [1],[2],[3].

A modo de validación de la aplicación se han calculado los ejemplos descritos en la Norma UNE-EN 62110, obteniéndose los mismos resultados que en dicha norma. El desarrollo de estos cálculos se recoge en el anexo a este documento.

El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores. Esta simplificación no afecta de forma significativa a los resultados obtenidos según se indica en UNE-CLC/TR 50453. De igual forma, no se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparatamenta eléctrica, quedando el cálculo por el lado de la seguridad.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la subestación así como las corrientes que circulan por cada conductor. Las corrientes consideradas para el cálculo son las máximas previstas para cada posición (en especial de los transformadores) o tramo de ella, de forma que se obtiene el máximo campo magnético. El estado de carga máximo planteado es técnicamente posible de alcanzar, pero difícil que se produzca en realidad, y en todo caso durante un breve espacio de tiempo.

En ocasiones, debido a la topología de la instalación, no es posible determinar las corrientes por todos los tramos de las diferentes posiciones. Para estos casos se estiman las corrientes por dichos tramos que dan lugar a los campos más desfavorables.

Los resultados obtenidos se presentan en los límites exteriores de la subestación accesibles por el público considerándose para el cálculo una distancia de 0,2 m del vallado y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la subestación a una altura de 1 m a efectos informativos.

4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El parque de 400 kV AIS del proyecto tipo tiene las siguientes características:

Nivel de 400 kV.

- Tipo..... Intemperie convencional
- Topología..... Interruptor y medio
- Posiciones de línea..... 4
- Posiciones de transformador..... 2
- Posiciones de barras..... 2
- Posiciones de reactancia..... 1
- Superficie aprox. del parque..... 27830 m²

El estado de carga considerado consiste en considerar las líneas 1 y 3 aportando su máxima potencia, los dos transformadores 400/220 kV evacuando su potencia máxima, la línea 2 evacuando su potencia máxima y la línea 4 evacuando la potencia que no ha sido evacuada por los transformadores y la línea 2, hasta completar el total de la potencia aportada por las líneas 1 y 3. La reactancia consume su máxima potencia reactiva.

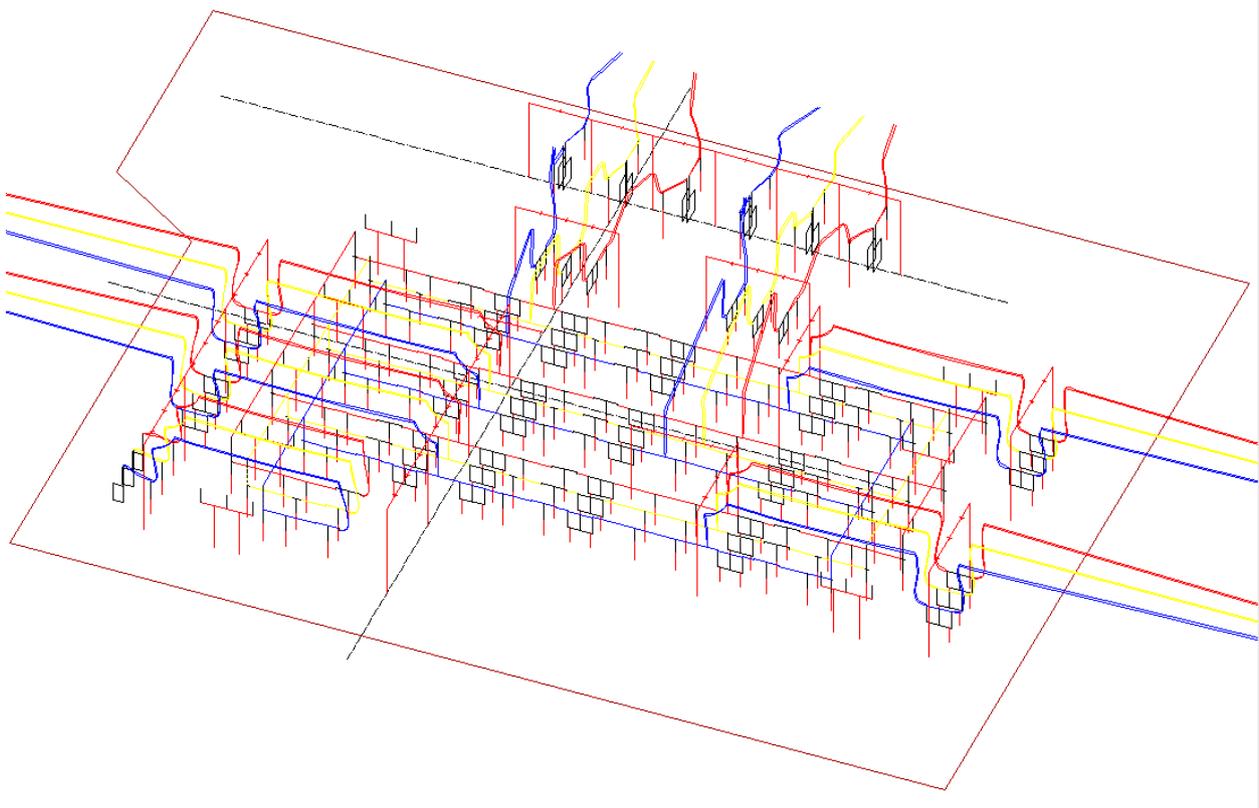


Figura 1. Modelo 3D de los cables de la instalación.

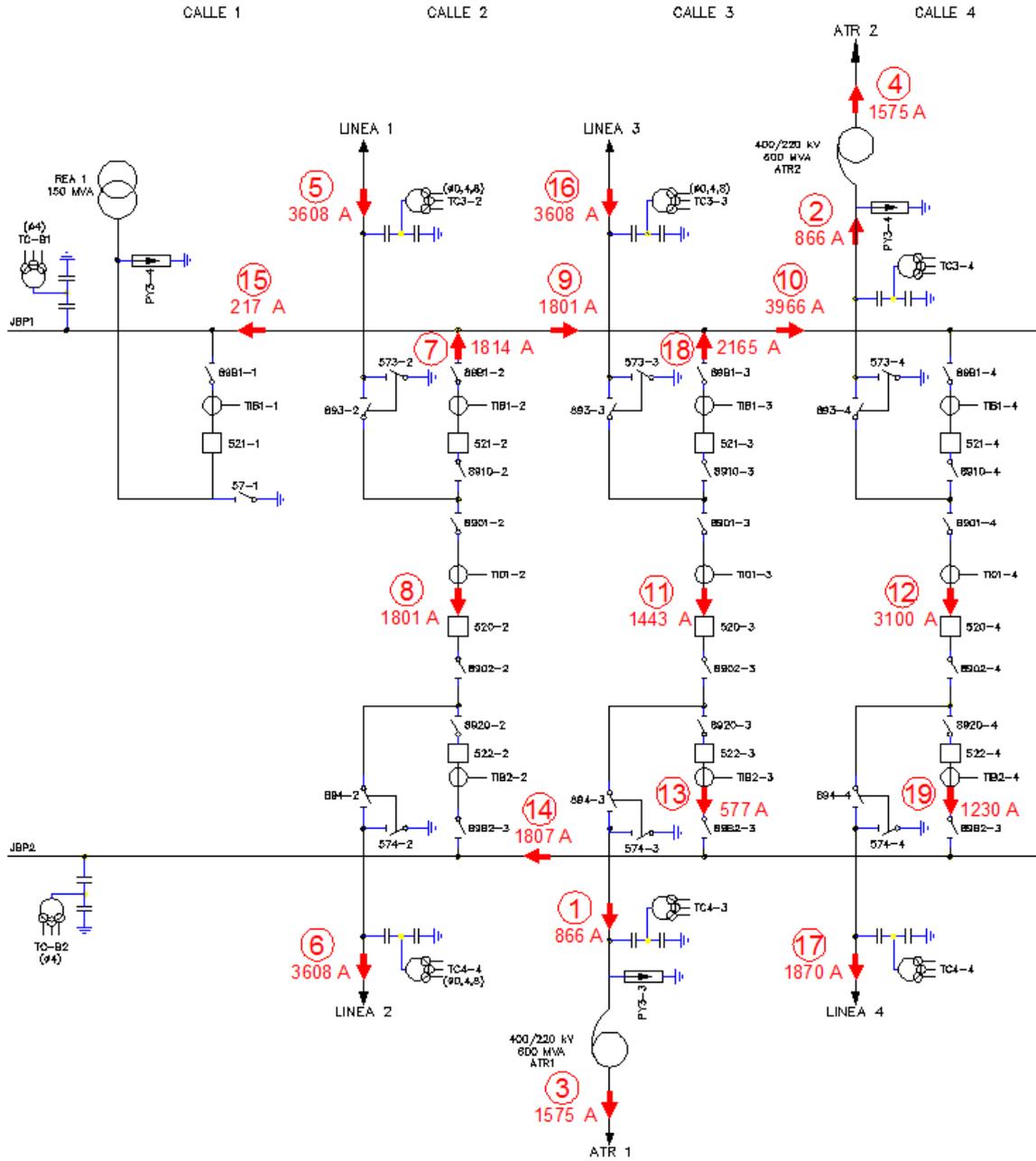


Figura 2. Unifilar con intensidades consideradas

Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
TRAFO 1 400 kV	1	866 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 400 kV	2	866 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 1 220 kV	3	1575 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 220 kV	4	1575 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 1	5	3608 ⁽¹⁾	-3.4	Trifásica equilibrada
LÍNEA 2	6	3608 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada
CALLES 2 – BARRAS 1	7	1814	-6.9	Trifásica equilibrada
CALLE 2	8	1801	0	Trifásica equilibrada
BARRAS 1: CALLE 2 – CALLE 3	9	1807	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4 – BARRAS 1	10	3966	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3	11	1443	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4	12	3100	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 2	13	577	0	Trifásica equilibrada
CALLE 2 – BARRAS 2	14	1807	0	Trifásica equilibrada
REACTANCIA	15	217 ⁽³⁾	-90	Trifásica equilibrada
LÍNEA 3	16	3608 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 4	17	1870	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 1	18	2165	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4 – BARRAS 2	19	1230	0	Trifásica equilibrada

(1) Intensidad correspondiente a la capacidad de transporte máxima de la línea, 2500 MVA.

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador, 600 MVA.

(3) Intensidad correspondiente a la potencia máxima de la reactancia, 150 MVA.

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa, las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación, permiten reducir los niveles de exposición al público en general por debajo de los límites establecidos en el Real Decreto.

No se consideran las aportaciones del parque adyacente de 220 kV, salvo los representados en la figura 3.

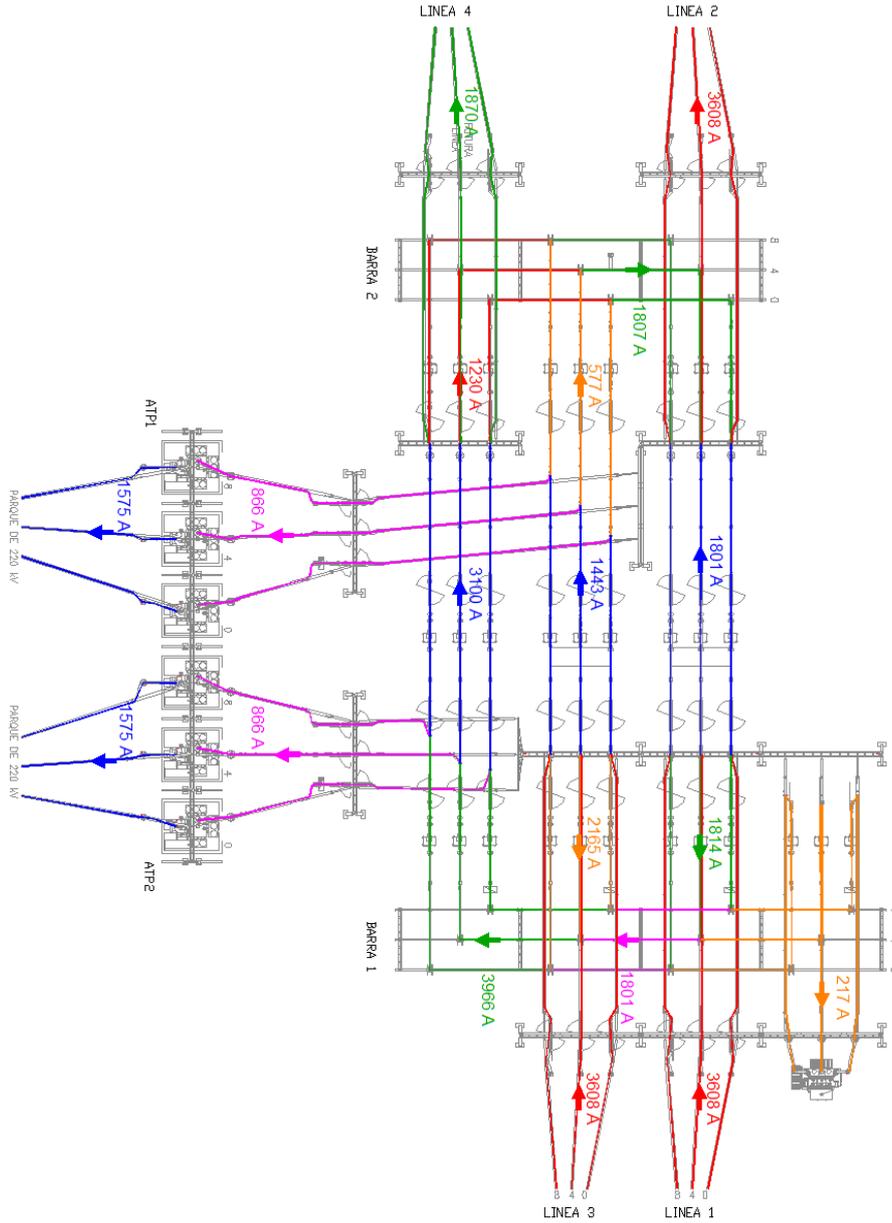


Figura 3. Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético

Para la introducción de la topología del parque se ha partido de los planos de planta general del parque cortes de las calles, así como la potencia de los transformadores y potencia máxima de las líneas.

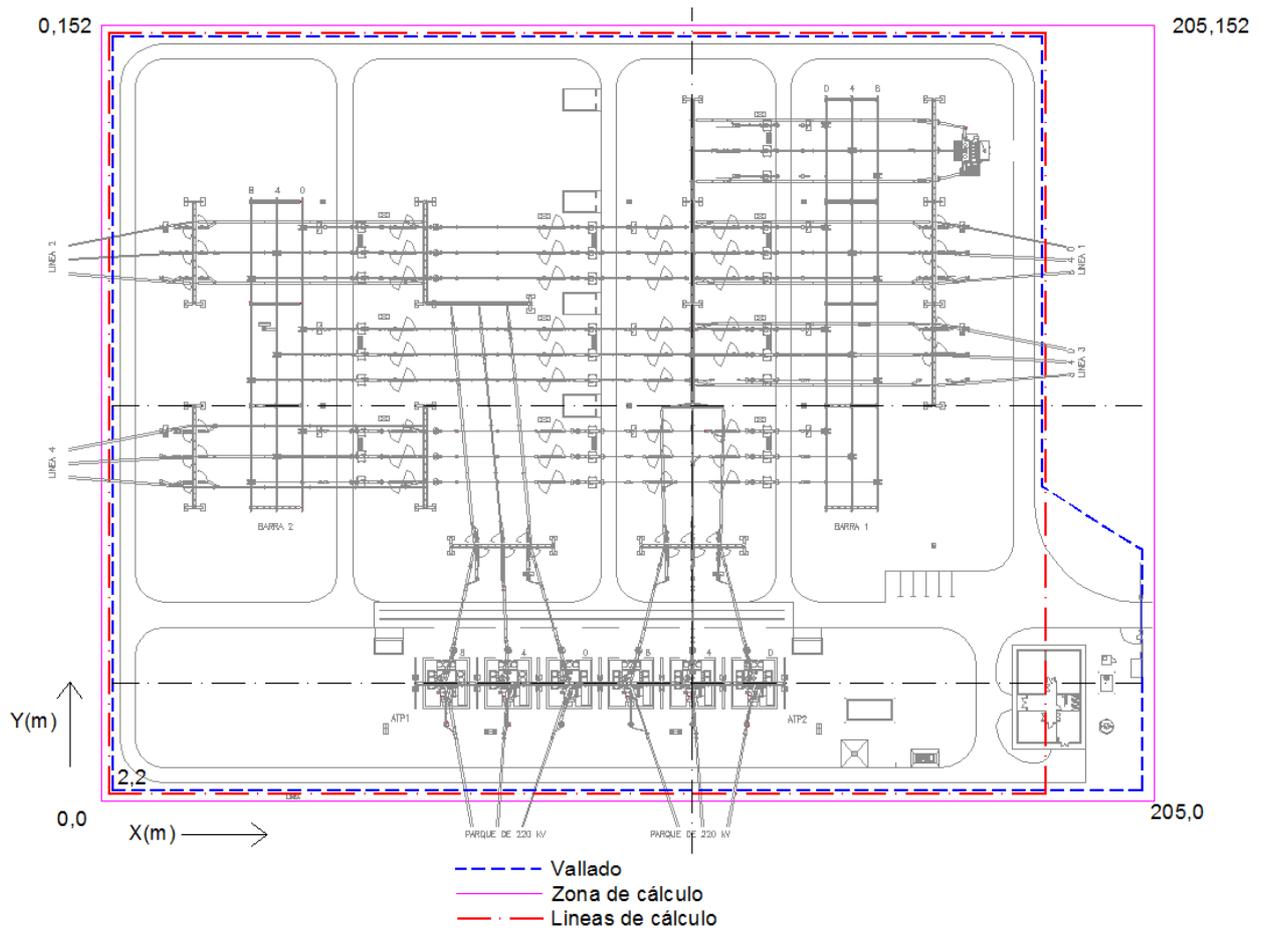


Figura 4. Vallado y zonas límite del cálculo

5 RESULTADOS

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual de la subestación.

Se ha obtenido el campo magnético en el parque de 400 kV, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del parque de 400 kV. (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Debido a la irregularidad del vallado exterior, y a que los valores de campo magnético obtenidos están alejados de los límites reglamentarios, se ha considerado más adecuado presentar los resultados en las 4 líneas de cálculo representadas en la figura 4, aunque no coinciden en todo su recorrido con el vallado real del parque. En las zonas donde coincide el recorrido del vallado del parque con las líneas de cálculo, estas se sitúan en el exterior, a **0.2 m** del mismo.

Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de entrada de las líneas de 400 kV, siendo de **22.4 μ T**.

Los resultados se incluyen en el plano "CAMPO MAGNÉTICO A 1 m. SOBRE EL SUELO".

En las figuras siguientes se representa, como resumen, el campo magnético en los puntos de intersección de una cuadrícula de 21 x 17, correspondiendo a una separación de 10.25 x 9.5m. La resolución utilizada para el cálculo es de 0.2 m.

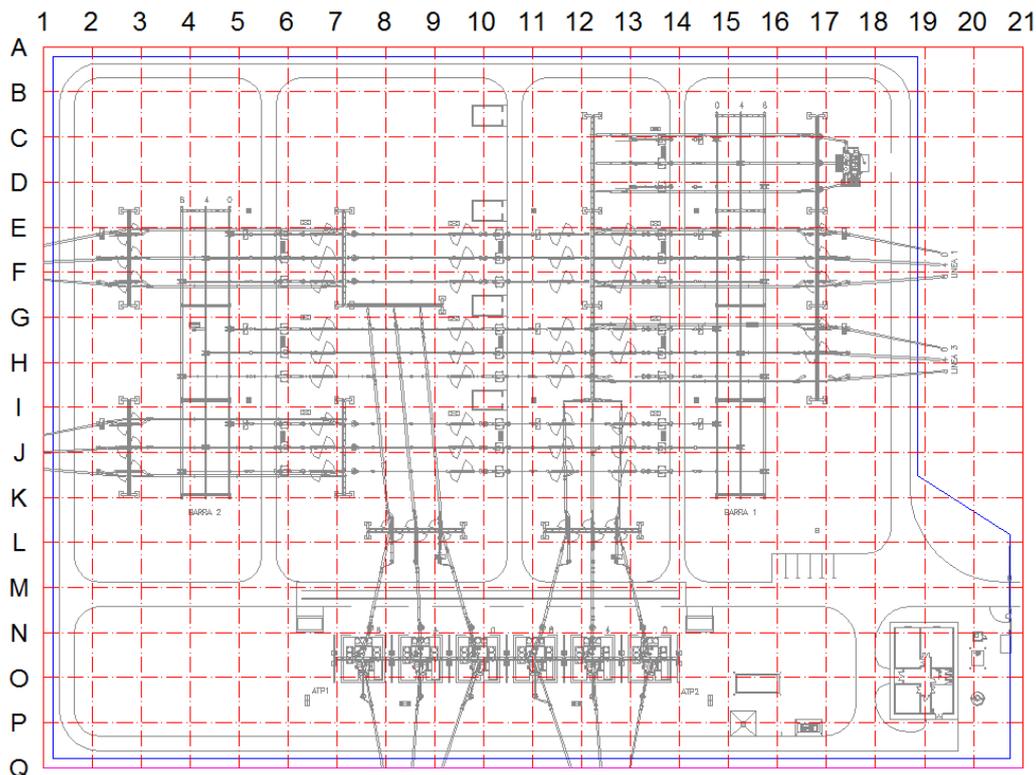


Figura 5. Cuadrícula para resumen de los resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	3,49	3,46	3,43	3,42	3,39	3,31	3,19	3,11	3,11	3,17	3,30	3,51	3,77	4,01	4,14	4,21	4,27	4,36	4,42	4,41	4,33
B	4,79	4,69	4,61	4,63	4,63	4,50	4,25	4,10	4,12	4,22	4,38	4,69	5,18	5,60	5,71	5,71	5,75	5,94	6,06	6,02	5,87
C	7,50	7,17	6,84	7,04	7,20	7,04	6,45	6,16	6,37	6,55	6,66	7,05	8,07	9,01	8,57	8,73	8,98	9,21	9,35	9,15	8,82
D	12,57	12,36	11,38	11,40	11,16	11,31	10,21	10,65	12,02	12,37	11,96	11,26	12,24	12,33	13,36	14,59	14,47	15,48	14,98	14,18	13,48
E	19,03	27,21	34,09	18,90	10,67	13,59	7,86	25,99	31,49	31,59	29,72	17,63	10,35	10,88	13,42	28,08	38,41	26,49	21,26	19,58	18,53
F	19,34	36,10	54,29	26,44	32,78	30,95	16,25	34,23	39,26	38,15	36,31	21,35	27,26	36,07	37,86	33,31	52,55	25,80	21,10	19,79	18,77
G	12,45	13,86	16,00	29,98	28,78	18,37	10,52	12,88	17,35	19,05	20,15	12,43	27,30	33,59	42,37	29,13	20,46	16,27	18,66	17,81	16,88
H	4,15	5,90	12,45	24,05	23,88	16,82	12,44	11,99	20,29	22,12	20,66	10,79	39,54	44,82	39,10	39,12	58,73	28,29	21,26	20,06	19,22
I	3,85	6,82	13,37	17,79	13,64	14,18	23,39	36,08	36,76	34,18	35,77	41,15	48,24	50,42	62,31	48,78	25,57	21,53	19,12	17,88	17,04
J	9,21	18,93	30,30	31,23	41,32	43,79	56,43	72,14	75,59	78,68	82,17	92,60	110,57	114,63	102,70	57,53	21,29	14,45	13,43	12,60	11,91
K	10,03	13,54	18,54	20,94	24,65	27,21	32,43	43,01	48,43	43,33	45,49	57,74	60,15	58,98	53,18	32,03	15,90	10,66	9,17	8,47	7,97
L	7,14	7,57	8,43	9,81	10,87	11,97	13,39	22,76	28,83	14,91	15,74	32,70	24,44	18,53	16,58	12,95	9,46	7,37	6,37	5,85	5,48
M	4,70	4,86	5,14	5,57	5,95	6,56	9,58	18,23	19,95	10,69	11,46	21,51	18,65	10,18	7,59	6,63	5,73	4,98	4,49	4,17	3,92
N	3,21	3,29	3,36	3,45	3,52	4,01	8,12	18,08	18,78	9,93	10,74	19,41	18,43	7,68	4,14	3,82	3,64	3,42	3,21	3,04	2,89
O	2,28	2,31	2,30	2,28	2,38	3,58	10,56	25,42	24,37	14,80	15,76	24,45	25,33	9,45	3,28	2,47	2,44	2,42	2,35	2,27	2,18
P	1,69	1,68	1,65	1,63	1,91	3,81	10,67	19,13	17,72	10,41	11,89	18,30	18,56	9,94	3,62	1,94	1,75	1,77	1,77	1,73	1,68
Q	1,29	1,28	1,25	1,25	1,53	2,83	5,91	8,55	7,48	3,83	4,52	7,87	8,52	5,77	2,78	1,58	1,35	1,36	1,37	1,36	1,32

Figura 6. Valores de campo magnético en microteslas en los puntos de intersección de la cuadrícula de la figura 5. Los valores recuadrados son los más cercanos al vallado del parque.

6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con el Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo con fecha 11 de Mayo de 2001, a partir del informe técnico realizado por un Comité pluridisciplinar de Expertos Independientes en el que se evaluó el riesgo de los campos electromagnéticos sobre la salud humana, se puede concretar que para los niveles de campo magnético que se generan en el parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, no se ocasionan efectos adversos para la salud, ya que son unos niveles de radiación muy inferiores a las 100 μT ., límite preventivo para el cual, se puede asegurar que no se ha identificado ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la exposición a estos niveles de campo electromagnético y el riesgo de padecer alguna enfermedad, en concordancia así mismo, con las conclusiones de la Recomendación del Consejo de Ministros de Salud de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz, cuya transcripción al ámbito nacional queda recogida en el Real Decreto 1066/2001 28 de Septiembre de 2001.

Estos niveles de campo magnético no son, por otra parte, exclusivos de subestaciones eléctricas, siendo habituales en otros ambientes, como oficinas, medios de locomoción o incluso en ambientes residenciales fruto de la evolución tecnológica de la sociedad.

7 CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado por la actividad del parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están muy por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 μT para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

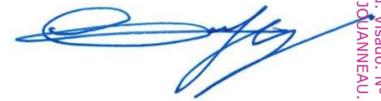
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: No 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. No Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOURNEAU. Para comprobar su validez: www.coiim.com. Qr: VV5fr10n. Cód. Ver: 585566

8 REFERENCIAS

- [1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup “Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations” 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.
- [2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa “Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid” International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE.
- [3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu “Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO” 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference

Madrid, Noviembre de 2023

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. No Colgado: 11729. Colgado: DAVID GONZALEZ JOUANNEAU. Parametros de validación: https://www.colim.es/Verificacion. Cod.Ver: 5834560.

red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

SUBESTACIÓN

PEÑALBA 220 kV

DOCUMENTO 5 B

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

Índice

1 OBJETO	3
2 NORMATIVA VIGENTE.....	3
3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS	4
4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO	5
5 RESULTADOS	10
6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	11
7 CONCLUSIONES.....	11
8 REFERENCIAS	11

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.

4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El parque de 220 kV AIS del proyecto tipo tiene las siguientes características:

Nivel de 220 kV.

- Tipo..... Intemperie convencional
- Topología..... Doble barra
- Posiciones de línea..... 4
- Posiciones de barras..... 2
- Posiciones de acoplo..... 1
- Superficie aprox. del parque..... 14852 m²

El estado de carga considerado consiste en considerar los dos transformadores 400/220 kV a potencia máxima y conectados a la barra 1. Las líneas se conectan a la barra 2, estando el acoplamiento cerrado, por tanto, por el acoplamiento pasa toda la potencia aportada por los transformadores. La línea 1 evacúa su potencia máxima y la línea 2 la restante hasta completar la aportada por los transformadores.

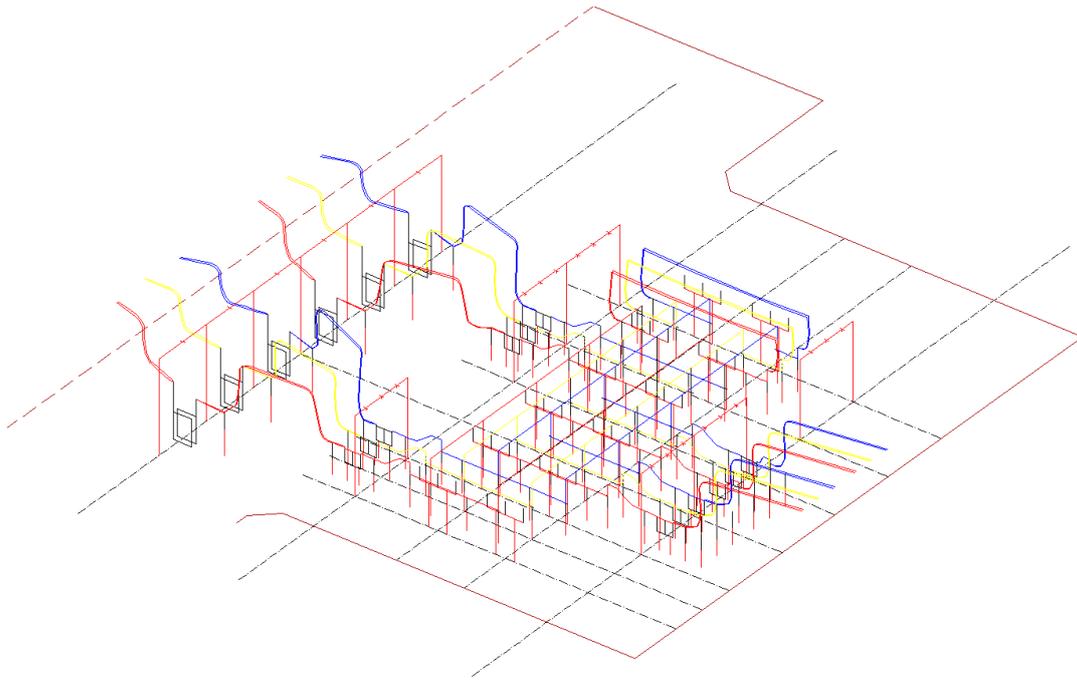


Figura 1. Modelo 3D de los cables de la instalación.

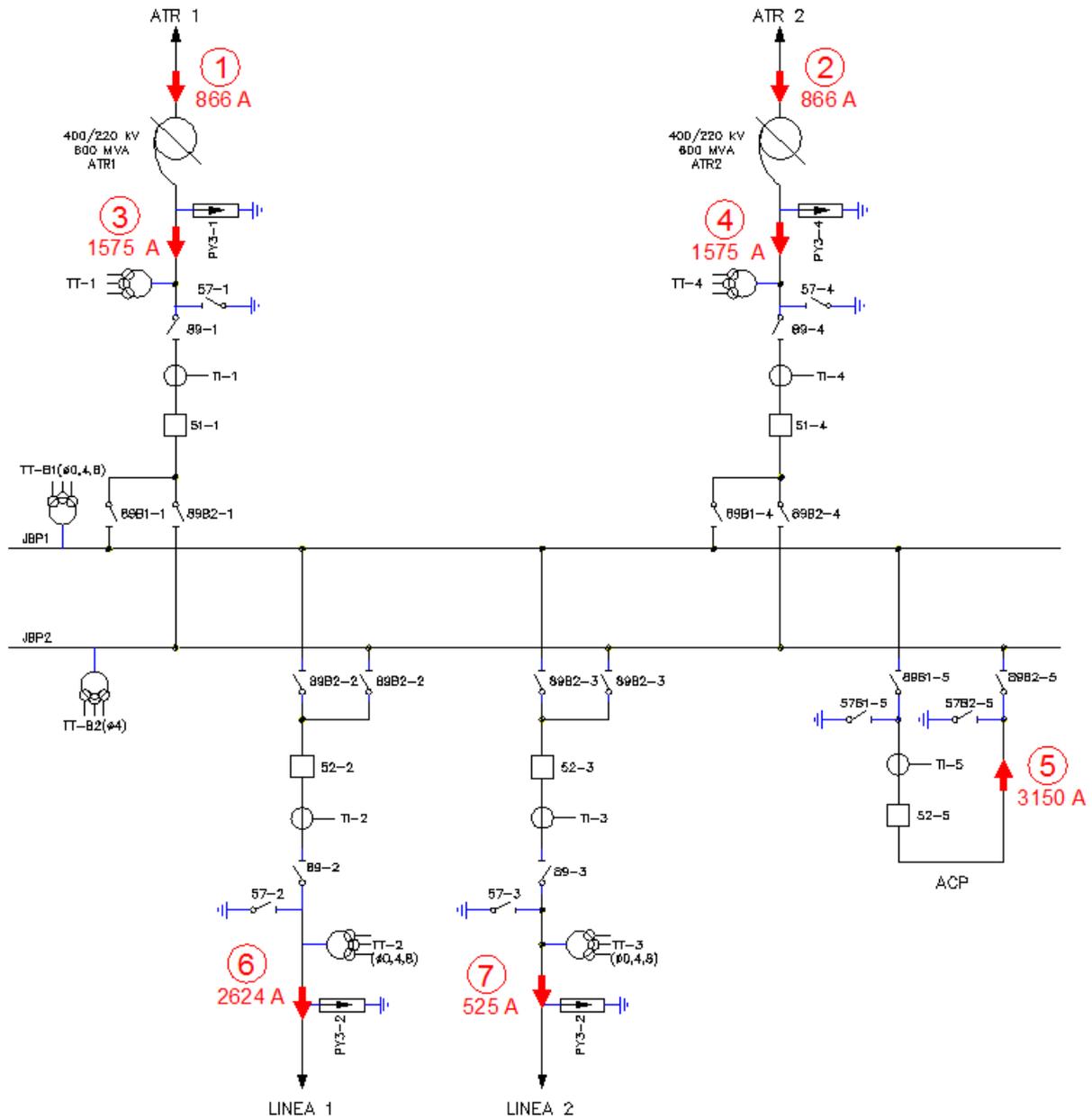


Figura 2. Unifilar con intensidades consideradas

Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
TRAFO 1 400 kV	1	866 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 400 kV	2	866 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 1	3	1575 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2	4	1575 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada
UNIÓN DE BARRAS	5	3150	0	Trifásica equilibrada ⁽¹⁾
LÍNEA 1	6	2624 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 2	7	525	0	Trifásica equilibrada

(1) Intensidad correspondiente a la capacidad de transporte máxima de la línea, 1000 MVA.

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador, 600 MVA.

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa, las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación, permiten reducir los niveles de exposición al público en general por debajo de los límites establecidos en el Real Decreto.

No se han tenido en cuenta las aportaciones del parque adyacente de 400 kV, salvo el de los conductores representados en la figura 3.

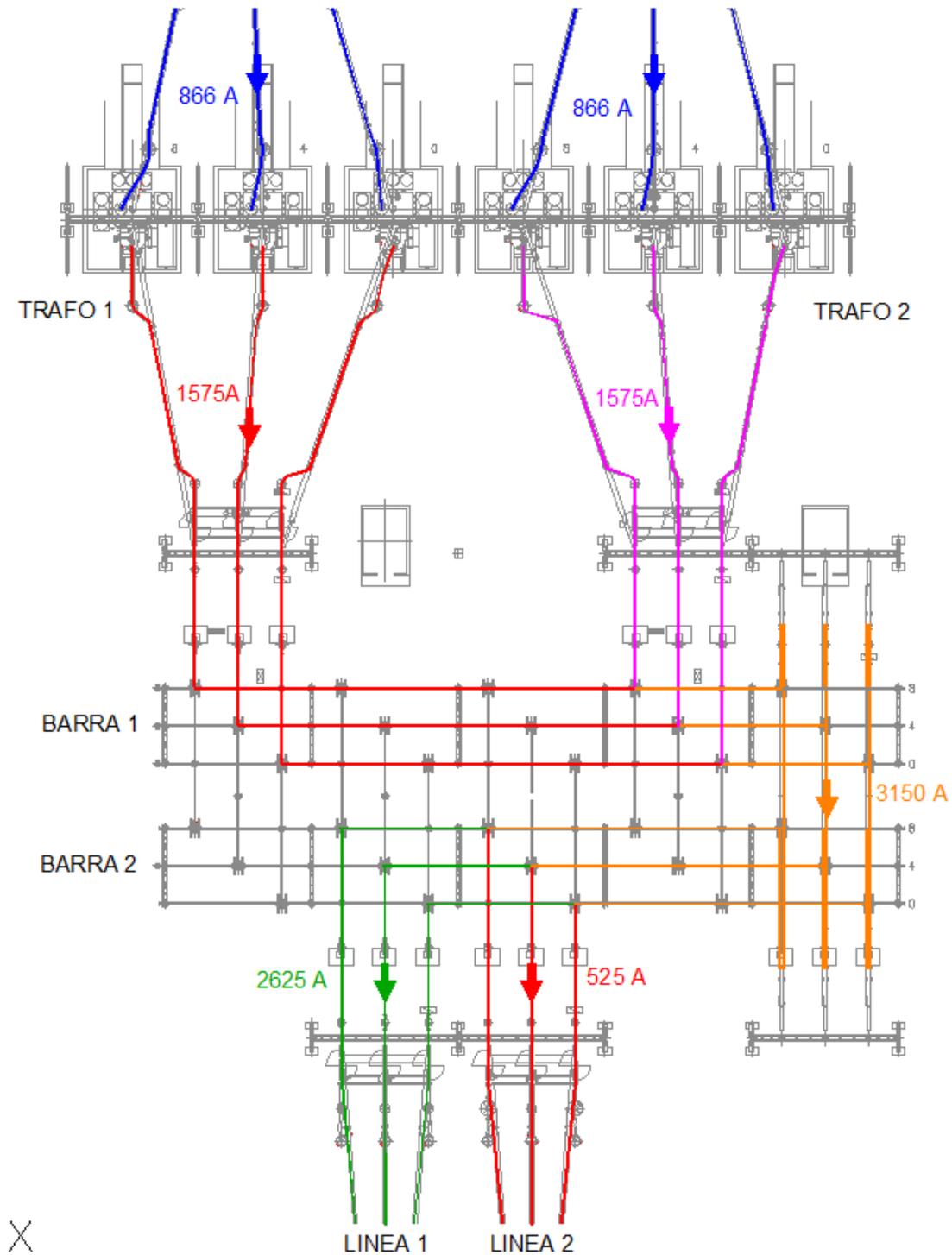


Figura 3. Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético

Para la introducción de la topología del parque se ha partido de los planos de planta general del parque y cortes de las calles, así como la potencia de los transformadores y potencia máxima de las líneas.

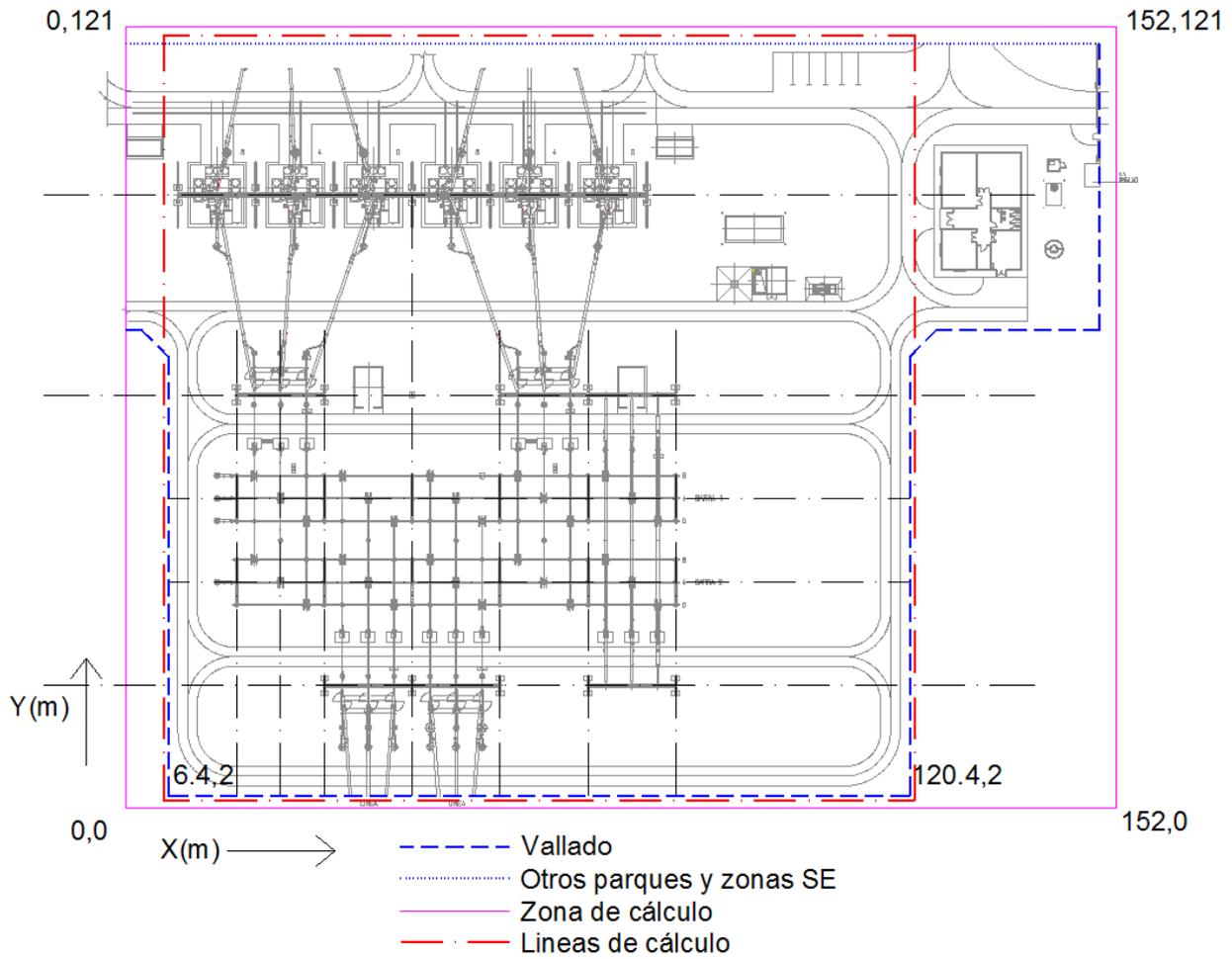


Figura 4. Vallado y zonas límite del cálculo

5 RESULTADOS

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual de la subestación.

Se ha obtenido el campo magnético en el parque de 220 kV, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del parque de 220 kV. (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Debido a la irregularidad del vallado exterior, y a que los valores de campo magnético obtenidos están alejados de los límites reglamentarios, se ha considerado más adecuado presentar los resultados en las 4 líneas de cálculo representadas en la figura 4, aunque no coinciden en todo su recorrido con el vallado real del parque. En las zonas donde coincide el recorrido del vallado del parque con las líneas de cálculo, estas se sitúan en el exterior, a **0.2 m** del mismo.

Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de entrada de las líneas de 220 kV, siendo de **18 μ T**.

Los resultados se incluyen en el plano "CAMPO MAGNÉTICO A 1 m. SOBRE EL SUELO".

En las figuras siguientes se representa, como resumen, el campo magnético en los puntos de intersección de una cuadrícula de 21 x 17, correspondiendo a una separación de 7.6 x 7.56 m. La resolución utilizada para el cálculo es de 0.2 m.

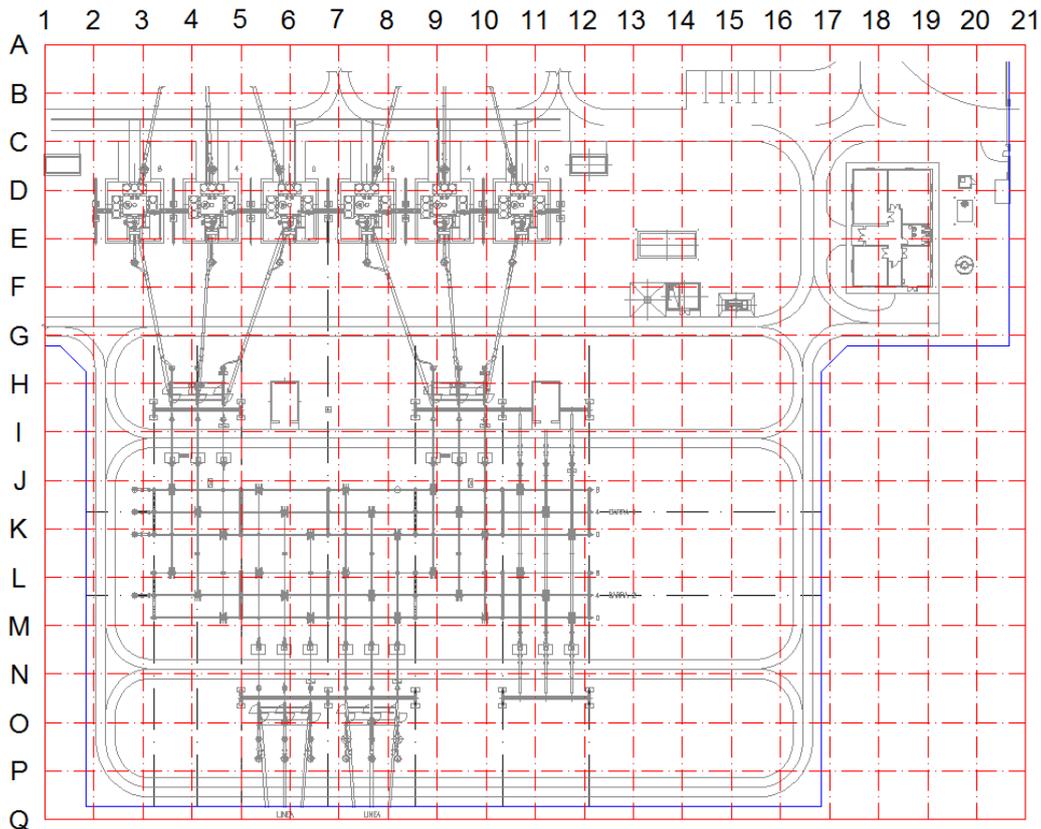


Figura 5. Cuadrícula para resumen de los resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	0,97	1,58	2,36	2,87	2,70	2,05	1,88	2,52	2,94	2,66	1,90	1,16	0,69	0,44	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14
B	2,29	4,20	7,50	9,23	8,39	4,49	2,87	7,22	9,19	8,60	5,24	2,62	1,54	1,05	0,78	0,60	0,48	0,39	0,33	0,28	0,23
C	3,35	6,20	12,65	15,37	14,74	8,28	4,64	12,64	15,00	15,08	8,43	3,96	2,37	1,57	1,12	0,83	0,64	0,51	0,42	0,34	0,29
D	4,90	10,57	22,66	24,30	23,63	17,26	10,52	21,81	23,64	24,76	16,32	6,71	3,50	2,15	1,46	1,06	0,80	0,63	0,50	0,41	0,34
E	6,09	12,90	23,65	24,82	23,58	17,34	12,23	22,28	24,20	24,78	18,15	8,52	4,32	2,59	1,75	1,26	0,95	0,74	0,58	0,47	0,39
F	6,15	11,73	21,46	27,42	24,63	15,42	12,30	19,78	26,74	26,38	17,41	8,42	4,28	2,70	1,92	1,42	1,07	0,83	0,66	0,53	0,43
G	5,61	10,03	22,15	45,38	28,66	15,47	13,19	18,52	38,73	40,98	20,17	8,81	3,39	2,58	2,03	1,54	1,17	0,91	0,71	0,57	0,46
H	4,98	8,66	20,88	46,76	29,81	15,91	13,77	17,55	41,00	46,30	38,08	17,34	4,49	3,02	2,23	1,66	1,25	0,96	0,76	0,61	0,49
I	4,96	8,62	20,79	46,50	29,82	16,00	13,85	17,58	40,81	46,26	39,08	17,86	4,63	3,05	2,24	1,66	1,25	0,97	0,76	0,61	0,49
J	4,31	6,95	15,19	36,79	35,38	25,33	22,70	23,71	28,04	44,87	75,65	42,29	10,51	4,37	2,57	1,78	1,31	1,00	0,79	0,63	0,51
K	3,75	5,39	8,32	14,08	32,16	36,21	35,65	33,72	22,63	39,62	52,78	30,67	10,36	4,77	2,74	1,83	1,33	1,01	0,80	0,64	0,52
L	3,39	4,66	6,59	10,55	32,04	54,69	40,77	42,92	43,14	56,80	32,64	8,22	6,96	4,30	2,66	1,80	1,31	1,00	0,79	0,63	0,52
M	3,20	4,54	7,18	14,74	48,18	75,94	22,87	34,57	34,69	51,50	58,06	16,26	7,00	3,80	2,41	1,68	1,24	0,96	0,76	0,62	0,51
N	3,07	4,50	7,51	15,92	49,85	78,10	21,32	17,78	18,11	21,55	24,36	10,61	4,73	3,00	2,06	1,51	1,15	0,90	0,72	0,59	0,49
O	2,89	4,31	7,20	14,64	44,73	77,87	21,11	13,86	11,68	9,81	8,87	5,53	3,20	2,30	1,73	1,32	1,04	0,83	0,67	0,56	0,46
P	2,63	3,94	6,46	11,97	25,77	36,59	14,82	10,29	8,50	6,48	5,14	3,68	2,54	1,88	1,45	1,15	0,92	0,75	0,62	0,52	0,44
Q	2,27	3,36	5,40	9,15	13,99	14,85	11,15	8,17	6,37	4,75	3,58	2,67	2,00	1,54	1,22	0,98	0,81	0,67	0,56	0,47	0,40

Figura 6. Valores de campo magnético en microteslas en los puntos de intersección de la cuadrícula de la figura 5. Los valores recuadrados son los más cercanos al vallado del parque.

6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con el Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo con fecha 11 de Mayo de 2001, a partir del informe técnico realizado por un Comité pluridisciplinar de Expertos Independientes en el que se evaluó el riesgo de los campos electromagnéticos sobre la salud humana, se puede concretar que para los niveles de campo magnético que se generan en el parque de 220 kV AIS del proyecto tipo, no se ocasionan efectos adversos para la salud, ya que son unos niveles de radiación muy inferiores a las 100 μT ., límite preventivo para el cual, se puede asegurar que no se ha identificado ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la exposición a estos niveles de campo electromagnético y el riesgo de padecer alguna enfermedad, en concordancia así mismo, con las conclusiones de la Recomendación del Consejo de Ministros de Salud de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz, cuya transcripción al ámbito nacional queda recogida en el Real Decreto 1066/2001 28 de Septiembre de 2001.

Estos niveles de campo magnético no son, por otra parte, exclusivos de subestaciones eléctricas, siendo habituales en otros ambientes, como oficinas, medios de locomoción o incluso en ambientes residenciales fruto de la evolución tecnológica de la sociedad.

7 CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado por la actividad del parque de 220 kV AIS del proyecto tipo, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están muy por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 μT para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

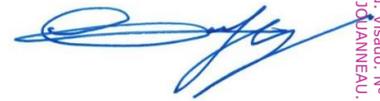
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404750, Fecha Visado: 02/12/2024, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZALEZ GUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.mh.es/infopro>, Cod. Val: 5345560.

8 REFERENCIAS

- [1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup “Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations” 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.
- [2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa “Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid” International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE.
- [3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu “Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO” 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference

Madrid, Noviembre de 2023

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. No 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. No Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZALEZ JOUANNEAU. Parametros de validación: https://www.colim.es/Verificacion. Cod.Ver: 5834560.

red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN PEÑALBA 400/220 kV

DOCUMENTO 6

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**

Departamento de **Subestaciones**

Noviembre de 2024

1 OBJETO

En virtud de lo establecido en el Art. 56.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (LSE) y en el Art. 149.1 del 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, la Declaración, en concreto, de Utilidad Pública, lleva implícita, en todo caso, la necesidad de ocupación de los bienes o de adquisición de los derechos afectados e implica la urgente ocupación a los efectos del Art. 52 de la Ley de Expropiación Forzosa.

Por ello, en cumplimiento de lo prescrito en las citadas leyes, se integra en este Proyecto de técnico administrativo el presente Anexo de Afecciones a los mencionados efectos de urgente ocupación de la Ley de Expropiación Forzosa.

En el correspondiente expediente administrativo, RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA S.A.U. (en lo sucesivo RED ELECTRICA) asumirá la condición de entidad beneficiaria.

2 JUSTIFICACIÓN

RED ELÉCTRICA, de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico, como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

En el ejercicio de las citadas funciones y en orden al efectivo cumplimiento de las finalidades relativas al transporte de energía eléctrica, RED ELÉCTRICA ha proyectado la ampliación de la SE PEÑALBA 400/220 kV con dos nuevas posiciones de transformador de transporte en el parque de 400 KV y un nuevo parque de 220 kV con cinco posiciones, para construir un nuevo eje de 220 kV desde Aragón a Cataluña. La instalación se ubica en el término municipal de Peñalba, provincia de Huesca, dentro de la Comunidad Autónoma de Aragón.

3 AFECCIONES

El establecimiento de la subestación PEÑALBA 400/220 kV requiere la expropiación de los bienes y derechos necesarios de:

- La expropiación permanente o del pleno dominio de la superficie de terreno ocupado para ampliar la plataforma de la subestación, necesaria para construir las nuevas posiciones de transformador y el nuevo eje de transporte desde Aragón a Cataluña.
- La ocupación temporal de los terrenos necesarios para movimiento de maquinaria y acopio de material en la fase de ejecución de obra.

4 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS POR LA SUBESTACIÓN

La Subestación Peñalba 400/220 kV, supone la afección, en los términos legalmente previstos, de las parcelas que se indica en la relación que figura en el cuadro adjunto y que a su vez queda reflejado en los planos del proyecto, incluidos en el Documento nº 3 Planos.

Parque 400 KV

Parcela Proyecto	Propietario	Referencia Catastral	Polígono	Parcela	Superficie parcela (m²)	Ocupación Pleno dominio Subestación (m²)	Ocupación Pleno dominio Acceso (m²)	Ocupación Servidumbre Subterránea (m²)	Ocupación Temporal (m²)	Naturaleza del terreno
2	SASOT BELTRAN, JOSE MARIA JAIME	22241C504000100000HI	504	10	119.134	4.745	0	0	51	Labor regadío Pastos
3	AYUNTAMIENTO DE PEÑALBA	22241C603000020000WJ	603	2	39.441	1.624	0	0	259	Pastos
4	ORUS MATEO, JULIAN	22241C603000010000WI	603	1	9.275	224	0	0	221	Labor secano Pastos

Parque 220 kV

Parcela Proyecto	Propietario	Referencia Catastral	Polígono	Parcela	Superficie parcela (m²)	Ocupación Pleno dominio Subestación (m²)	Ocupación Pleno dominio Acceso (m²)	Ocupación Servidumbre Subterránea (m²)	Ocupación Temporal (m²)	Naturaleza del terreno
2	SASOT BELTRAN, JOSE MARIA JAIME	22241C504000100000HI	504	10	119.134	12.042	0	0	1.404	Labor regadío Pastos

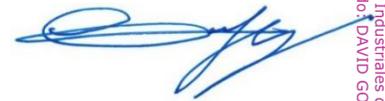
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: No. 2022-04750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. No Colegiado: 11729. Colegiado: SAVID GONZALEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod. Ver: 5834560.

5 PLANOS PARCELARIOS.

IMPLANTACIÓN GENERAL. ÁREAS DE OCUPACIÓN: **RBD_PBA400, RBD_PBA220** (Incluido en el Documento nº3 Planos).

Madrid, Noviembre de 2024

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado, No 202404750. Fecha Visado: 02/12/2024. Firmado Electrónicamente por el COIIM. No Colegiado: 11725. Colegiado: DAVID GONZALEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.asy/Verificacion>. Cod.Ver: 5834560.