

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

Nueva subestación LITHICA 132 kV

COMUNIDAD AFECTADA

Islas Baleares

TÉRMINO MUNICIPAL

Ciudadella de Menorca

GONZÁLEZ
DAVID

Madrid, octubre de 2025

Rfª.: TI. S/2025/J-0896-S3423

	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 202504073	FECHA DE VISADO 20/10/2025
VISADO	
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA	
COLEGIADO/A Nº:	NOMBRE
11729 COIIM DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU	



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

Nueva subestación LITHICA 132 kV

ÍNDICE

		Nº DE PÁGINAS
DOCUMENTO 1	MEMORIA	27
ANEXO 1	CÁLCULOS	43
DOCUMENTO 2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	10
ANEXO 1	REQUISITOS AMBIENTALES. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	15
ANEXO 2	ESTUDIO DE SEGURIDAD	17
DOCUMENTO 3	PLANOS	14
DOCUMENTO 4	PRESUPUESTO	03
DOCUMENTO 5	ESTUDIO CAMPOS MAGNÉTICOS	15
DOCUMENTO 6	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS	07

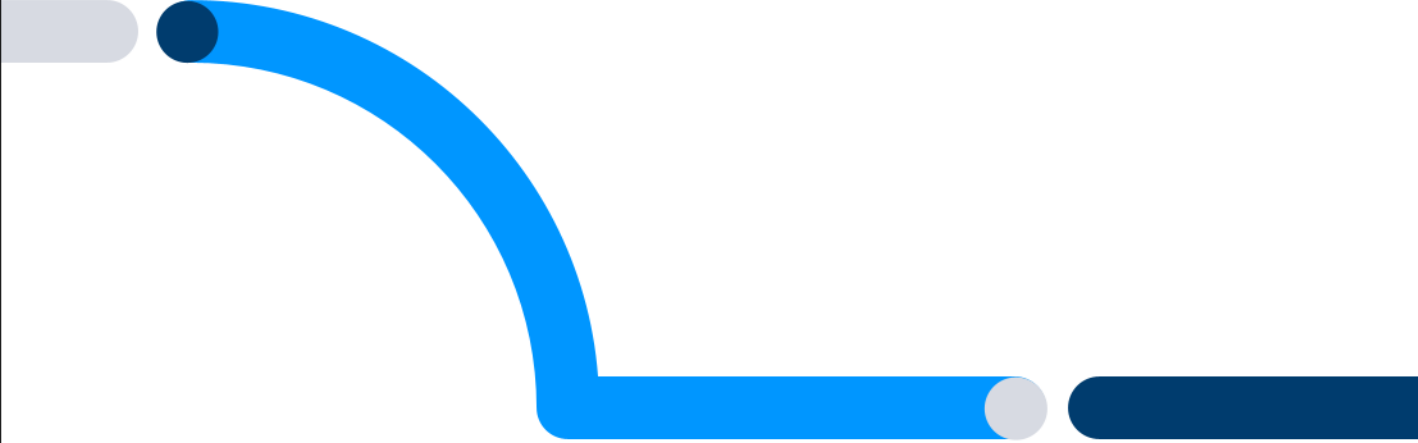
Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

Nueva subestación LITHICA 132 kV

DOCUMENTO 1
MEMORIA

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre 2025



Índice

1.	GENERALIDADES.....	4
1.1	ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN	4
1.2	OBJETO	5
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	7
1.4	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	7
1.5	ESQUEMA DE LA ACTUACIÓN	9
2.	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS EN LA SUBESTACIÓN DE LITHICA BALEARES	10
2.1	GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO.....	10
2.1.1	Características básicas y emplazamiento	10
2.1.2	Hipótesis de diseño	10
2.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	11
2.2.1	Descripción general de la instalación.....	11
2.2.2	Configuración y disposición general de la instalación	11
2.3	SISTEMA ELÉCTRICO	12
2.3.1	Magnitudes eléctricas	12
2.3.2	Distancias	12
2.3.3	Embarrados.....	14
2.3.4	Características de la aparamenta	15
2.4	RED DE TIERRAS	18
2.4.1	Red de tierras inferiores.....	18
2.4.2	Red de tierras superiores.....	19
2.5	ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	19
2.6	SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN	19
2.6.1	Sistemas de control	19
2.6.2	Sistemas de protecciones.....	19
2.7	SERVICIOS AUXILIARES	20
2.8	SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES	21
2.9	OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN	22
2.9.1	Movimiento de tierras	22
2.9.2	Drenajes	22
2.9.3	Cimentaciones, viales y canales de cables.....	22
2.9.4	Accesos.....	23
2.9.5	Edificios	23
2.9.6	Cerramiento.....	24
2.10	INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA	24



red eléctrica

2.10.1	Alumbrado	24
2.10.2	Fuerza	25
2.11	SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO.....	25
3.	NORMATIVA APLICADA	26
4.	PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO.....	27

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 99972871.

TI. S/2025/J-0896-S3423

Proyecto Técnico Administrativo

3



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. (en adelante 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 nueva subestación LITHICA en el parque de 132 kV, para la nueva Interconexión Mallorca-Menorca 132 kV. La instalación se ubica en el término municipal de Ciutadella de Menorca, provincia de Islas Baleares, dentro de la Comunidad Autónoma de Islas Baleares.

La citada nueva subestación se encuentra recogida como actuación con puesta en servicio posterior a 2026 (Anexo II) en el documento de «Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2021-2026», aprobada mediante Acuerdo del Consejo de Ministros de fecha 22 de marzo de 2022 y publicada por Resolución de la Secretaría de Estado de Energía de fecha 8 de abril de 2022 («Boletín Oficial del Estado» n.º 93, de 19 de abril de 2022).

Indicar que esta instalación viene recogida en Anexo I en la propuesta inicial de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, período 2025-2030, cuyo borrador de planificación se encuentra, a fecha de realización del presente proyecto, en fase de trámite de audiencia, con consulta a las Administraciones Públicas afectadas y a las personas interesadas e información pública, a los efectos tanto del trámite sustantivo como del trámite ambiental de la propuesta de planificación de la red de transporte de energía eléctrica para el horizonte 2030 y su estudio ambiental estratégico, publicado en el Boletín Oficial del Estado, n.º 236, el 01 de octubre de 2025.

Cabe aclarar que en la propuesta inicial que se encuentra en trámite de audiencia, se hace referencia a esta subestación con el nombre de Oeste, si bien, en la descripción general de la interconexión entre las islas de Mallorca y Menorca, ya se hace referencia al enlace en corriente alterna 132 KV entre SE San Martín y SE Lithica y en los propios mapas de dicha propuesta también se indica el nombre de Lithica, que será el nombre definitivo de dicha nueva subestación. De igual modo, con el fin de evitar cualquier discrepancia con el nombre definitivo de esta instalación, se indica que el código numérico de la instalación es el 3946.

La citada Planificación eléctrica es vinculante para RED ELÉCTRICA como sujeto que actúa en el sistema eléctrico y en su elaboración las Comunidades Autónomas han participado en las propuestas de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, en cumplimiento de lo dispuesto en la referida Ley 24/2013 de 26 de diciembre 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.

Así mismo, debe tenerse en cuenta que esta nueva subestación, en el momento que se apruebe la Planificación eléctrica 2025-2030, quedará incluida en el Plan Director Sectorial Energético de las Islas Baleares, aprobado mediante el Decreto 96/2005, de 23 de septiembre, y modificado en diciembre de 2014 por el Decreto Ley 3/2014, de 5 de diciembre, de medidas urgentes destinadas a potenciar la calidad, la competitividad y la desestacionalización turística en las Illes Balears, que en su artículo 19, modificó la disposición adicional del citado Decreto 96/2005, en el sentido de que las obras e instalaciones previstas en la planificación estatal obligatoria de las redes de transporte de electricidad y de gas, así como las modificaciones a las subestaciones de distribución de energía

eléctricas existentes o planificadas, desarrolladas de acuerdo con las leyes del sector eléctrico y de hidrocarburos, quedan automáticamente incluidas en las determinaciones del Plan director sectorial energético de las Illes Balears que se aprueba mediante este Decreto con carácter general y, especialmente, en cuanto a los efectos de declaración de utilidad pública energética.

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:**
 - En el parque de 132 kV tipo GIS de la nueva subestación LITHICA 132 kV: para las 6 posiciones GIS equipadas y 6 posiciones GIS adicionales con el carácter de reserva. De estas últimas, 3 serán objeto de retribución de acuerdo al artículo 5 del Real Decreto 1047/2013 de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica.
 - En el parque de intemperie con tecnología AIS que facilitará la conexión y desconexión de las reactancias de compensación de energía reactiva asociadas al cable de interconexión Mallorca-Menorca 132 kV: para las 3 posiciones AIS equipadas y 1 posición AIS adicional con carácter de reserva. Esta última posición será objeto de retribución de acuerdo con el artículo 5 del Real Decreto 1047/2013 de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica
 - Para las 3 reactancias 132kV de compensación del nuevo enlace.
- **Autorización administrativa de construcción:**
 - En el parque de 132 kV tipo GIS de la nueva subestación LITHICA 132 kV: para las 6 posiciones GIS equipadas.
 - Para el parque de intemperie con tecnología AIS que facilitará la conexión y desconexión de las reactancias de compensación de energía reactiva asociadas al cable de interconexión Mallorca-Menorca 132 kV: para las 3 posiciones AIS equipadas.
 - Para las 3 reactancias 132kV de compensación del nuevo enlace.
- **Declaración, en concreto, de Utilidad Pública**, con los efectos establecidos en el artículo 56 y siguientes de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Estas instalaciones se encuentran incluidas en la red de transporte secundaria en virtud de los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, por lo que compete al Departamento de Energía y Cambio Climático de la Conselleria de Empresa, Autónomos y Energía del Govern Balear resolver sobre la autorización administrativa previa, la declaración, en concreto, de utilidad pública y la autorización administrativa de construcción de las instalaciones objeto del presente proyecto técnico administrativo.

Asimismo, para la autorización ambiental de estas instalaciones competencia del Govern Balear será de aplicación el Texto Refundido de la Ley de Evaluación Ambiental de las Illes Balears, aprobado por el Decreto legislativo 1/2020 de 28 de agosto, según el cual el procedimiento aplicable a los proyectos es el de evaluación de impacto ambiental ordinaria, por lo que, el órgano ambiental

competente es, la Dirección General de Armonización Urbanística y Evaluación Ambiental de la Consejería de Vivienda, Territorio y Movilidad del del Govern Balear.

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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COLIMI.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



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 Ciutadella de Menorca.
- Consejo Insular de Menorca. Carreteras.

1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Parque de 132 kV

- Nuevas posiciones de interruptor a instalar:

Nº de posiciones 6

- Características:

Tecnología	GIS.
Instalación	En edificio.
Configuración	Interruptor y Medio.
Intensidad de cortocircuito de corta duración (kA)	40

- Nuevas posiciones de interruptor a instalar:

Nº de posiciones 3

- Características:

Tecnología	AIS.
Instalación	Intemperie.
Configuración	Simple Barra.
Intensidad de cortocircuito de corta duración (kA)	31,5

- Reactancias:

Número	Instalación	Tensión Nominal (kV)	Potencia (MVar)	Conexión	Tipología
3	Intemperie	132	17	Trifásica	Trifásica

- Circuitos enterrados de 132 kV a embarrado AIS:

Número de circuitos 1



Longitudes	1.- GIS 132 kV a embarrado AIS. 40 m.
Conductor	132 RHE-RA+2OL(AS) 1x1200MAI+H135
Aislamiento	XLPE
Tipo de cable	XLPE 132 RHE-RA+2OL(AS) 1x1200MAI+H135
Número de cables por circuito	3
Capacidad de transporte	233 MVA.
Instalación	Disposición en tresbolillo, en zanja
Conexión de pantallas	"Single point"

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cód.Ver: 99972871.

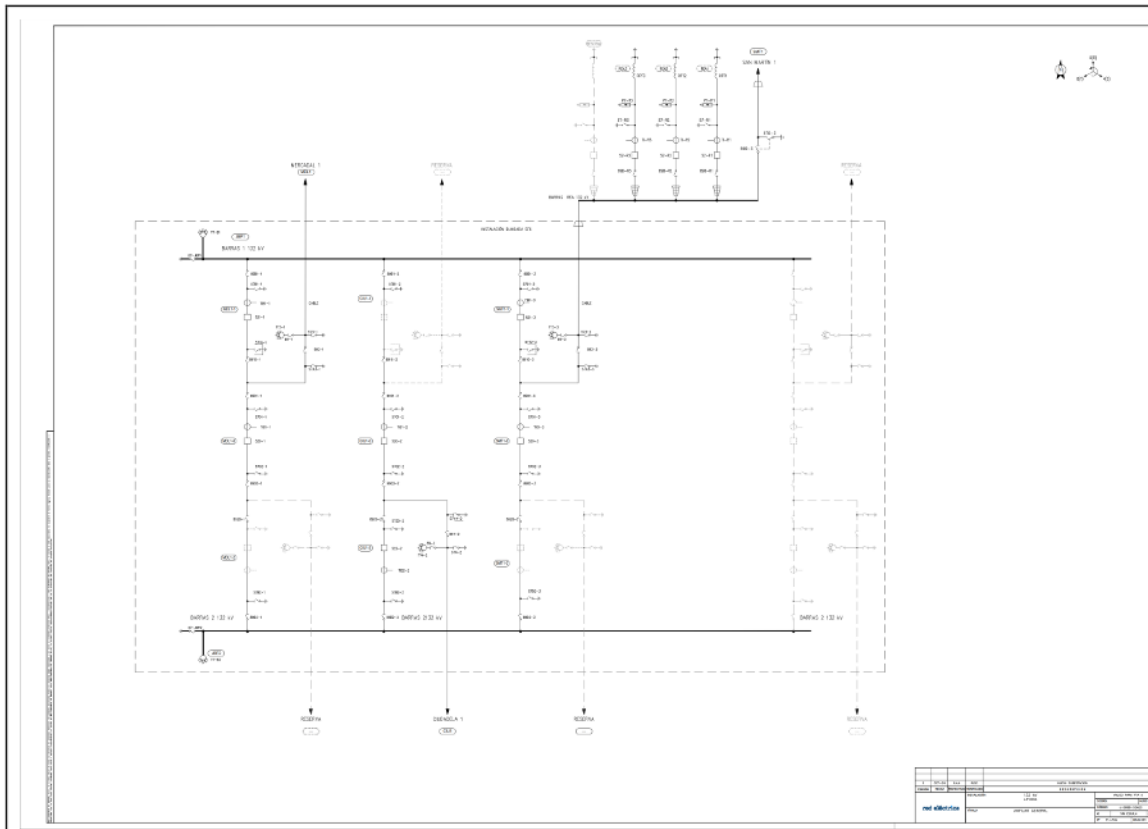


1.5 ESQUEMA DE LA ACTUACIÓN

La actuación consiste en la Nueva subestación LITHICA 132 kV tipo GIS en edificio - con configuración de Interruptor y Medio.

Además, cuenta con un pequeño parque de intemperie con tecnología AIS para la conexión y desconexión de reactancias de compensación de energía reactiva asociadas al cable de interconexión Mallorca-Menorca 132 kV.

El esquema unifilar del parque de 132 kV donde se recogen las actuaciones a realizar se muestra a continuación.



Subestación eléctrica LITHICA 132kV.



2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS EN LA SUBESTACIÓN DE LITHICA BALEARES

2.1 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

2.1.1 Características básicas y emplazamiento

La subestación de LITHICA 132 kV está situada en el término municipal de Ciutadella de Menorca, provincia de Islas Baleares, Islas Baleares.

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 GIS.

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 132 kV de la subestación LITHICA 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 mar37 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 Estática. Acciones en la Edificación" del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del 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 Ciutadella de Menorca de 0.04 g por lo que sí se tendrán en cuenta estas acciones sísmicas.

- Datos de cortocircuito

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de 40 kA para el equipamiento GIS y 31,5 kA para el equipamiento AIS.

Las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte 2026 para el parque de 132 kV son las siguientes:

- Monofásica8,67 kA
- Trifásica7,91 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 Ω *m.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

2.2.1 Descripción general de la instalación

El parque de 132 kV en la subestación de LITHICA responde a las siguientes características principales:

Parque GIS 132 kV

- Tensión nominal 132 kV
- Tensión más elevada para el material (Um) 145 kV
- Tecnología GIS
- Instalación En edificio
- Configuración Interruptor y medio
- Intensidad de cortocircuito de corta duración..... 40 kA

Parque AIS 132 kV:

- Tensión nominal 132 kV
- Tensión más elevada para el material (Um) 145 kV
- Tecnología AIS
- Instalación Intemperie
- Configuración Simple barra
- Intensidad de cortocircuito de corta duración..... 31,5 kA

2.2.2 Configuración y disposición general de la instalación

Parque GIS 132 kV:

Calle	Posición	Nº interruptores existentes	Nº interruptores nuevos
1	Mercadal 1	0	1
1	Central calle 1	0	1
1	Reserva	0	0
2	Reserva	0	0
2	Central calle 2	0	1
2	Ciudadela 1	0	1
3	San Martín 1	0	1



3	Central calle 3	0	1
3	Reserva	0	0
4	Reserva	0	0
4	Reserva (central calle 4)	0	0
4	Reserva	0	0

Parque AIS 132 kV:

Calle	Posición	Nº interruptores existentes	Nº interruptores nuevos
1	REA1	0	1
2	REA2	0	1
3	REA3	0	1
4	Reserva	0	0

- Tres reactancias, 132 kV 17 MVA.
- Cable aislado de conexión de 132kV desde la GIS 132kV al parque AIS donde se ubican las reactancias.

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

2.3 SISTEMA ELÉCTRICO

2.3.1 Magnitudes eléctricas

Las magnitudes eléctricas básicas de diseño adoptadas para el parque de **132 kV**:

- Tensión nominal 132 kV
- Tensión más elevada para el material (Ve) 145 kV
- Neutro Rígido a tierra
- Intensidad de cortocircuito trifásico (valor eficaz)..... 40 kA GIS y 31,5kA AIS
- Tiempo de extinción de la falta 0,5 seg
- Tensión soportada a frecuencia industrial 275 kV
- Tensión soportada a impulso tipo rayo 650 kV
- Línea de fuga mínima para aisladores..... 4495 mm (31 mm/kV)

2.3.2 Distancias

Las distancias mínimas adoptadas para el parque de 132 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 1.300 mm
- Punta-estructura 1.300 mm

Distancias fase-fase:

- Conductores paralelos 1.300 mm
- Punta-conductor 1.300 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 650 mm
- Conductor-conductor 650 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 GIS y AIS 132 kV 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 132 kV:



red eléctrica

- Entre ejes de aparellaje 3.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos 3.500 mm
- Anchura de calle 12.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos 4.500 mm
- Altura de embarrados principales altos 7.500 mm

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

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 132 kV estarán dispuestos en tres niveles:

- Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 4,5 m de altura. Se realizarán con tubo de aluminio.
 - Embarrados altos, barras principales de tubo de aluminio a 7,5 m de altura en configuración apoyada sobre aisladores soporte.
- Embarrados en tubo

Las características de los tubos destinados a los embarrados principales de 132 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 132 kV:



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.

- Embarrados con cable

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

- Formación.....Síplex
- TipoGLADIOLUS
- Sección total del conductor776,5 mm²
- Diámetro exterior35,98 mm
- Intensidad admisible permanente a 35° C de temperatura ambiente y 85° C en conductor1.294 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 en el parque de 132 kV.

Equipos con aislamiento en Aire

- Interruptores automáticos:
 - Tensión más elevada.....145 kV
 - Intensidad nominal.....2.000 A
 - Intensidad límite térmica31,5 kA
 - Frecuencia nominal.....50 Hz
 - Tipo de mando.....Unipolar
 - Tecnología cámara de corteSF6
- Transformadores de intensidad:
 - Tensión más elevada.....145 kV
 - Intensidad límite térmica31,5 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.....145 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 132 kV serán de tipo rotativo de tres columnas/, de mando tripolar motorizado, y con las siguientes características:

- Tensión más elevada.....145 kV
- Intensidad nominal.....2.000 A
- Intensidad límite térmica31,5 kA
- Tipo de seccionador.....Rotativo
- Tipo de mando.....Tripolar
- Seccionadores de Puesta a Tierra: Tripolar, con cuchilla de puesta a tierra, de mando unipolar motorizado, y de las siguientes características:
 - Tensión más elevada.....145 kV
 - Intensidad límite térmica31,5 kA

- Pararrayos:

Se dispondrán autoválvulas con las siguientes características:

- Tensión nominal120 kV
- Tensión operación continua > 96 kV
- Intensidad nominal de descarga10 kA

- Aisladores de apoyo:

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales del parque de 132 kV se seleccionan con larga línea de fuga (LLF) y tienen las siguientes características:

- TipoC10-650 (LLF)
- Carga de rotura a flexión10.000 N
- Carga de rotura a torsión.....4.000 Nm
- Longitud línea de fuga4.495 mm

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados secundarios del parque de 132 kV se seleccionan con larga línea de fuga (LLF) y tienen las siguientes características:

- TipoC6-650 (LLF)
- Carga de rotura a flexión6.000 N
- Carga de rotura a torsión.....3.000 Nm
- Longitud línea de fuga4.495 mm

Equipos con aislamiento en -SF6



- Interruptores automáticos:
 - Tensión más elevada..... 145 kV
 - Intensidad nominal..... 2.000 A
 - Intensidad límite térmica40 kA
 - Intensidad límite dinámica..... 100 kA (valor cresta)
 - Frecuencia nominal..... 50 Hz
 - Tipo de mando.....Unipolar/Tripolar
 - Tecnología cámara de corte SF6
- Transformadores de intensidad:
 - Tensión más elevada..... 145 kV
 - Intensidad límite térmica40 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..... 145 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 132 kV serán y con las siguientes características:

- Tensión más elevada..... 145 kV
- Intensidad nominal.....2.000 A
- Intensidad límite térmica40 kA
- Tipo de mando..... Tripolar
- Seccionadores de línea:
 - Tensión más elevada..... 145 kV
 - Intensidad nominal.....2.000 A
 - Intensidad límite térmica40 kA
 - Intensidad límite dinámica 100 kA (valor cresta)
 - Frecuencia nominal50 Hz
 - Tipo de mando..... Tripolar



Cables aislados 132 kV:

- CorrienteAlterna trifásica
- Frecuencia.....50 Hz
- Tensión asignada132 kV
- Tensión más elevada para el material145 kV
- Categoría de la red.....A (Según UNE 20435)
- Tensión soportada a impulso tipo rayo650 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min)....190 kV
- Intensidad máxima admisible de cortocircuito en conductor ≥40 kA
 - Duración del cortocircuito0,5 s
 - Temperatura inicial90 °C
 - Temperatura final250 °C
- Intensidad máxima admisible de cortocircuito en pantalla ≥40 kA
 - Duración del cortocircuito0,5 s
 - Temperatura inicial.....80 °C
 - Temperatura final250 °C

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 2026 (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 la nueva posición 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, puesto 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.

- **Protecciones de Barras:**

En subestaciones de interruptor y medio, se prevé la instalación de dos sistemas de protección independientes con función de protección diferencial (87B)

En subestaciones de simple barra, se prevé la instalación de un sistema de protección con función diferencial (87B).

- **Protecciones de línea e Interruptor:**

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

- Discordancia de polos (2).
- Comprobación de sincronismo y acoplamiento de redes (25-25AR).
- Protección por mínima tensión (27).



- Oscilografía.
- Fallo de interruptor (50S-62).
- Vigilancia de los circuitos de disparo (3).
- 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.
- 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.

- **Protecciones de Reactancia:**

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 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, 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.).
- Relé de maniobra controlada.

2.7 SERVICIOS AUXILIARES

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.

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

- Alimentación desde una línea de M.T. y/o centro de transformación MT/BT.
- Grupo electrógeno.

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 autómatas 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 instalar 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

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



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

Se ha llevado a cabo un cuidadoso estudio de su emplazamiento como principal medida preventiva, con el objeto de mejorar la integración paisajística de la subestación.

Respecto al apantallamiento visual

Se propone el mantenimiento, en la medida de lo posible, del matorral y los ejemplares arbóreos existentes en la zona sur y suroeste del emplazamiento de la SE, con el fin de para mejorar su integración visual y paisajística.

Para mejorar la integración paisajística de la subestación se propone, además, la creación de un apantallamiento vegetal adicional que estará compuesto por acebuches u olivos con 5 m de separación entre cada ejemplar.

2.9.1 Movimiento de tierras

La plataforma de la subestación nueva de Lithica 132 kV se realizará con amplitud suficiente para un parque GIS de cuatro calles en configuración interruptor y medio y AIS de 4 calles en configuración simple barra, implantación del edificio de control e instalaciones anejas (aparcamiento, fosa séptica, depósito de agua, caseta de grupo a presión, grupo electrógeno, centro de transformación prefabricado etc.). El movimiento de tierras será realizado conforme a las instrucciones de la Dirección Facultativa y a la vista del estudio geotécnico que ha de realizarse previamente al inicio de las obras.

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

El acceso a la nueva subestación se realizará a través de un vial, que se diseñará para que tenga 5.0 m de ancho, según especificaciones de RED ELÉCTRICA para tráfico ligero, y que entroncará con la vía de servicio Camí Rafal Nou, paralelo a la RC-2

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

- **Edificio de mando y control**

En la Subestación se construirá un Edificio de una planta, de dimensiones adecuadas para albergar las instalaciones y equipos, conforme a los planos de planta, alzado y secciones del Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Este edificio, dispondrá de sala de mando y control, sala de comunicaciones, sala de servicios auxiliares, aseos, un hall de entrada, archivo y un almacén. Albergará el edificio los equipos de comunicaciones de toda la subestación, la unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería cuadros de servicios auxiliares de c.c. y c.a y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y anti-intrusismo.

Básicamente se trata de un edificio con zócalo inferior de hormigón visto, cerramiento prefabricado con voladizo superior y peto y cubierta plana con placas alveolares e impermeabilización. La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

Las salas de control, de comunicaciones y servicios auxiliares contarán con falso suelo. En la parte inferior del muro se habilitarán huecos para el paso de cables.

Para la climatización del Edificio se instalarán dos equipos de aire acondicionado solo frío en la sala de control y comunicaciones, y se instalará uno más en la sala de servicios auxiliares; además se instalarán radiadores eléctricos con termostato para calefacción en todas las dependencias.

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.

En la sala de servicios auxiliares se instalará un extractor para ventilación y un equipo de aire acondicionado.

Por otro lado, y como medida correctora se empleará una tipología arquitectónica sencilla y acabados en un color similar a la cobertura edáfica y a las edificaciones rurales tradicionales: de marrón claro grisáceo a ligeramente rojizo. Se tinarán los paneles del edificio de color terroso (código S 2030-



Y50R de la carta de colores NCS Edition 2, 1995). Estos acabados tienen una magnífica integración en relación con los tonos de terreno en que se sitúa y, además, son los acabados que con gran resultado de aceptación está Red Eléctrica construyendo todas sus nuevas subestaciones en las Islas Baleares.

2.9.6 Cerramiento

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.

Por otro lado, y como medida correctora el murete de piedra seca que será puntualmente afectado por la implantación de la SE (esquina sureste de la plataforma de implantación) será restituido y adaptado en su distribución a la implantación de la nueva SE.

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 semiextensivo, 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 instalarán 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 instalará una central para controlar el sistema de incendios e intrusión, encargado de activar y transmitir las alarmas generadas.

Se instalarán cámaras de seguridad en las puertas de acceso y dependencias del edificio de control, a excepción de aseos y vestuarios, así como en las casetas de relés, También 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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



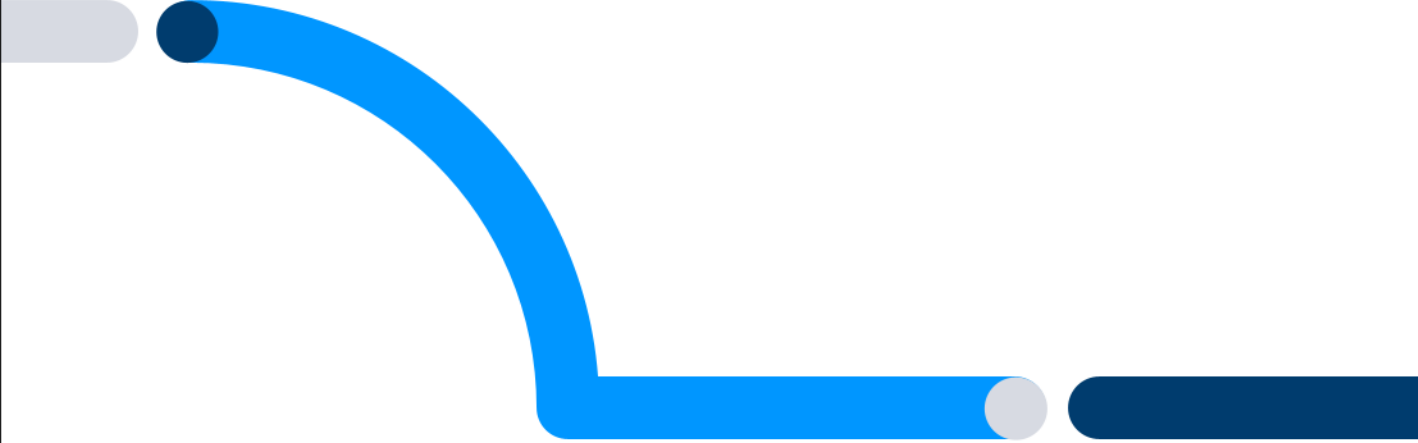
4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

Se estima en 13 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto de Ejecución.

Madrid, octubre de 2025
El Ingeniero industrial



David González Jouanneau
Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España SAU.



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

Nueva subestación LITHICA 132 KV

DOCUMENTO 2
CALCULOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre 2025



Índice

CAPÍTULO 1.	OBJETO	3
CAPÍTULO 2.	SUBESTACIÓN LITHICA 132 KV	4
2.1	CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS.....	4
2.2	CÁLCULO MECÁNICO DEL EMBARRADO SECUNDARIO	13
2.3	CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.	19
2.4	DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE EMBARRADOS TENDIDOS	21
2.5	RED DE TIERRAS INFERIORES.....	27
2.6	RED DE TIERRAS SUPERIORES	32
2.7	CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS APLICABLES A LA LINEA DE 132 kV DE INTERCONEXION ENTRE PARQUES	33

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 99972871.



CAPÍTULO 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.
- Cálculos eléctricos de la línea de 132 kV de interconexión entre parque y embarrado AIS.

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



CAPÍTULO 2. SUBESTACIÓN LITHICA 132 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 7,91 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]	0,135
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]	13,0
Distancia entre fases [m]	3,0
Anclajes	Fijo - Elástico
Vano B (Conexión entre aisladores soporte)	
Longitud de vano [m]	7
Distancia entre fases [m]	3
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/m3]	1,114
Presión del viento (N/m2)	842,260

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 (Rpo2) [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 (Rpo2) [N/mm ²]	160
Coefficiente de dilatación lineal (s) [1/K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	2040
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116

2.1.5 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

2.1.6 Cálculo mecánico del embarrado PRINCIPAL.

2.1.1.6 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 132 [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)	94,675
Factor k	1,674

2.1.7 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} :



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

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

Esfuerzo por peso Total F_p :

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

Esfuerzos por hielo F_h :

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

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":

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

Donde:

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

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:

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

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.

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

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

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

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

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



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

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:

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

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

Esfuerzos por viento (Fv) [N/m]	126,339
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	94,568
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador (Fpa) [N/m]	34,871
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	129,440
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000
Esfuerzo por cortocircuito (Fs) [N/m]	517,502
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	2,378
Factor de efecto dinámico (V σ)	0,312
Factor de reenganche (V r)	1,814
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σ) [N/mm ²]	51,469
Tensión de trabajo de viento (σ_v) [N/mm ²]	22,241

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	73,710
Tensión de trabajo de peso propio (σ_p) [N/mm ²]	22,787
Tensión de trabajo por hielo (σ_h) [N/mm ²]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_{to}) [N/mm ²]	77,152
Coefficiente de seguridad	2,074

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:

R_{po2} : 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]	77,15
Factor de resistencia del conductor (q)	1,414
Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2}) * Factor de resistencia del conductor (q)	226,218

Cumple la condición 1.

$$2. \sigma_v + \sigma_m \leq R_{po2}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	73,710
Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2}) [N/mm ²]	160,000

Cumple la condición 2.

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

1.2.1.7 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,






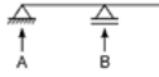
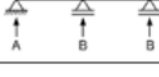
Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito: Según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

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

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]	126,339
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	292,369
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	5443,204
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	5845,528
Carga de rotura flexión aislador	1,711

2.2.1.7 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]	12,31100284
-----------------------	-------------

3.2.1.7 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]	95,127
--	--------

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

4.2.1.7 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 $\rho_c = 116 [A/mm^2]$ 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)	6,84E-04
-----------------	----------

Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	414,004
Intensidad térmica en corte circuito (I _{th}) [kA]	40,014

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

5.2.1.7 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:

I _{max} [A]	3072,888
Potencia [MVA]	702,557

Por lo que tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.2 CÁLCULO MECÁNICO DEL EMBARRADO SECUNDARIO

2.2.1 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 132 [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)	94,675
Factor k	1,674

2.2.2 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 cuatros 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 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 ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ [N/A}^2\text{]}$).

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:



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

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

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]	84,226
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	46,892
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador [N/m]	17,436
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	64,327
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000
Fuerza por cortocircuito (Fs) [N/m]	517,502
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	6,312
Factor de efecto dinámico (Vσ)	0,540
Factor de reenganche (Vτ)	1,553
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σm) [N/mm2]	58,814
Tensión de trabajo de viento (σv) [N/mm2]	11,406
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σm) + (σv) [N/mm2]	70,220
Tensión de trabajo de peso propio (σp) [N/mm2]	8,711
Tensión de trabajo por hielo (σh) [N/mm2]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	70,758
Coeficiente de seguridad	2,261

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 (σto) [N/mm2]	70,758
Factor de resistencia del conductor (q)	1,431
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) * Factor de resistencia del conductor (q)	228,997

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]	70,220
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.

2.2.3 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]	84,226
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	434,320
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	3370,551
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	3619,679
Carga de rotura flexión aislador	1,658

2.2.4 Flecha en el tubo

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



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

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]	4,363048945
-----------------------	-------------

2.2.5 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]	47,563
--	--------

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

2.2.6 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 $\rho_c = 116 [A/mm^2]$ 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)	6,84E-04
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	205,552
Intensidad térmica en corte circuito (Ith) [kA]	40,014

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

2.2.7 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]	440,989

Tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.3 CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.

2.3.1 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, y 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 .

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 $1,225 \text{ [kg/m}^3\text{]}$.

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	0,909
Coefficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	7,500
DMG [cm]	377,976
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	30,422
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	575,044
Efecto Corona VANO B	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,909
Coefficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	5,000
DMG [cm]	377,976
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	31,129
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	432,842

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]	460,035
Tensión crítica disruptiva Embarrado B (Uc) [kV]	346,273

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 (83,7 [kV] para 145 [kV]) por lo que no es de esperar que el efecto corona se produzca.

2.4 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE EMBARRADOS TENDIDOS

2.4.1 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]	11
Flecha máxima (al 3%) [m]	0,33
Tipo de conductor	Simplex LAPWING
Cantidad de subconductores (n)	1
Diámetro del conductor (\emptyset)/(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]	3
Longitud media de cadenas [m]	2
Separación entre conductores de la misma fase (a_s) (mm)	0
Rigidez de los soportes (S) [N/m]	75000
Tiempo de despeje de defecto (Tk1) [seg]	1
Intensidad de cortocircuito (Ik3) [kA]	32
Relación R/X del sistema	0
Tensión máxima a 50°C [kg]	1050
Fuerza de tensión máxima en el cable a 50°C (Fst) [N]	10300,50
Radio medio geométrico (GMR) [mm]	19,080
Distancia media geométrica (GMD) (L_s) [m]	3,78

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".

2.4.2 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.

2.4.3 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 (P_v) [kg/m ²]	68,056
--	--------

Fuerzas del viento sobre los conductores (Fv) [kg/m]	2,597
Ángulo de oscilación de desplazamiento (Θ) [Grados]	44,249
Coefficiente K	0,650
Coefficiente Dpp	1,400
Desplazamiento del conductor (dmax) [m]	0,230
Distancia mínima entre conductores (Dmin) [m]	1,563

Distancia inferior a la adoptada que es de 4 [m] para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.4.4 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 periodo 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]	58,182
Relación entre la fuerza electromagnética y la de gravedad sobre el conductor (r)	2,225
Dirección de la fuerza resultante sobre el conductor (α_1) [grados]	65,795
Flecha estática equivalente del conductor (bc) [m]	0,038
Periodo de oscilación del conductor (T) [segundos]	0,352
Periodo de oscilación del conductor en cortocircuito (Tres) [segundos]	0,225
σ_{fin} [N/m ²]	5,00E+07
Módulo de Young real (Eeff) [10 ¹⁰ N/m ²]	3,90
Norma de rigidez (N) [1/N]	1,24E-06
Factor de tensión mecánica del conductor principal (ξ)	0,003
Ángulo en relación a su posición régimen permanente (α_{end}) [grados]	131,591
Coefficiente (X)	-1,225
Ángulo de oscilación calculado (α_{max}) [grados]	180,000



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:

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

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:

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

2.4.5 Aproximación de conductores

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

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

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)	4,317
Fuerza de tracción ($F_{t,d}$) [N]	10931,318
Valor de Ψ	0,014



Coefficiente de Expansión elástica (Eela)	7,83E-04
Coefficiente térmico del cable (Cth) [m4/A2s]	2,70E-19
Coefficiente de Expansión térmica (Eth)	3,28E-05
Incremento de la flecha causado por alargamiento elástico y térmico (Cd)	1,099
Incremento de la flecha dinámica del conductor por el cambio de forma de curva (Cf)	1,150
Flecha dinámica resultante (Fed) [m]	0,049
Fuerza de tracción por caída después del cortocircuito (Fs,t)[N]	12485,591
Desplazamiento horizontal del vano (bh) [m]	0,044

2.4.6 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]	2,911
--	-------

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 650 mm de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.4.7 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 e UNE-EN 60071 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

DISTANCIAS FASE TIERRA.....	1.300 mm
DISTANCIAS FASE-FASE.....	1.300 mm

2.4.8 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]	12024,450
Condición de entrechoque efectivo	CUMPLE
Factor V1 del conductor	No Aplica
Factor V2 del conductor	No Aplica
Factor V3 del conductor	No Aplica
Factor V4 del conductor	No Aplica
Fuerza de la corriente de cortocircuito (F _v) [N]	No Aplica
Factor de deformación Estático (Est)	No Aplica
Factor de deformación Dinámico (E _{pi})	No Aplica
Parámetro de configuración de entrechoque (j)	No Aplica
Factor V _e del conductor	No Aplica
Factor de seguridad	6,24

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.

2.5 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".

- 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]	40,00
Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ) [Ω m]	3.000
Coefficiente reductor (Cs)	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 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: $C_s = 1 - \left(\frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \right)$

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 (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) [Ω m]	200
Longitud total del conductor enterrado (L) [m]	2.254
Profundidad de enterramiento del conductor (h) [m]	0,6
Superficie ocupada por la malla (A) [m^2]	5.040
Resistencia de la red de tierras [Ω]	1,33

- 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]	1,33
Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω]	1,38
Variable X [kA]	7,54
Intensidad disipada por la malla (I_g) [kA]	3,85

- 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]	0,0157
Longitud del conductor enterrado (L) [m]	2254
Intensidad disipada por la malla (I _g) [kA]	3,85

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

Teniendo como resultado:

Parámetro Kh	1,264911064
Parámetro Ki	0,970693771
Parámetro Kii	0,2604245
Parámetro n	2,207390346
Parámetro na	31,52447552

Parámetro nb	0,709627421
Parámetro nc	1,010910694
Parámetro nd	0,097608601
Longitud del conductor de la malla (Lc) [m]	2254
Longitud del perímetro de la malla (Lp) [m]	143
Longitud máxima de la malla en la dirección x (Lx) [m]	80
Longitud máxima de la malla en la dirección y (Ly) [m]	64
Distancia máxima entre dos puntos lejanos de la malla (Dm) [m]	10
Parámetro Km	0,847006905
Parámetro Ks	0,330622697
Tensión de paso de verificación (E_paso) [V]	146
Tensión de contacto de verificación (E_contacto) [V]	281

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]	20
--	----



Tiempo de duración de la falla (tc) [seg]	1
Temperatura máxima que puede alcanzar el conductor y las uniones (Tm) [C]	300
Temperatura ambiente (Ta) [C]	40
Capacidad térmica del conductor (TCAP) [J/cm3*C]	3,4
Coefficiente 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]	110,51

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.

2.6 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 y 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, $U = 650$ [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.

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.

2.7 CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS APLICABLES A LA LINEA DE 132 [kV] DE INTERCONEXION ENTRE PARQUES

2.7.1 Características eléctricas.

Las características eléctricas de ambas líneas son iguales:

Tensión más elevada para el material (kV)	145
Categoría de red	A
Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	650
Tensión soportada a frecuencia industrial (30min) (kV)	190
Capacidad de transporte (MVA)	764,000
Factor de carga	1,00
Impedancia característica de las líneas (Ohms)	400

2.7.2 Datos térmicos de funcionamiento.

El circuito térmico es el de interconexión de la línea entre la subestación 132 [kV] y el embarrado AIS del parque de 132 [kV], y estará compuesto por una terna de cables que irán instalados en el interior de una zanja.

Las dimensiones como el trazado en planta de dicha zanja se muestran en los planos.

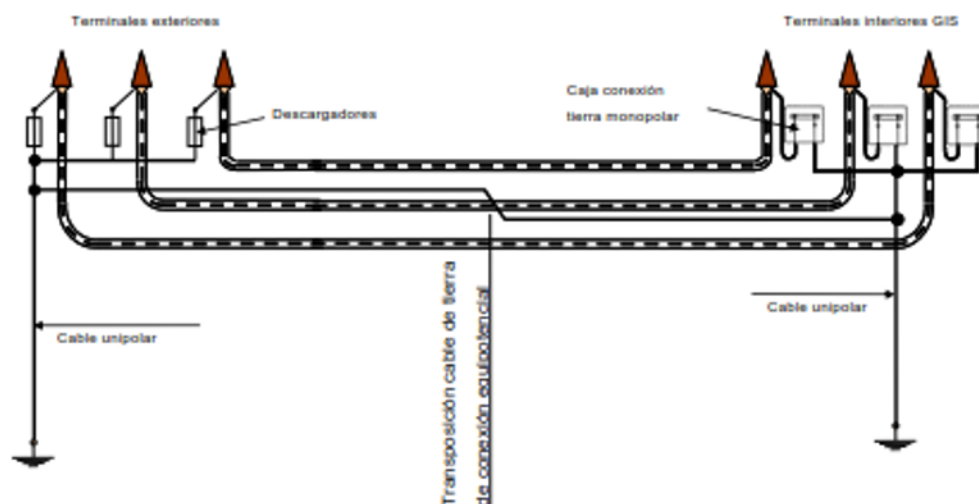
Las condiciones de instalación y ambientales consideradas son: temperatura del aire 40°C.

2.7.3 Sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas.

Debido a la longitud de las conexiones, los enlaces se realizarán mediante una sola pieza de cable por cada fase. Con objeto de minimizar las pérdidas por circulación de corrientes en las pantallas metálicas, se realizará con conexionado tipo Single – Point, es decir, unido rígidamente a tierra en un extremo y mediante descargador en el otro.

Se dispondrá un cable de cobre a lo largo del canal al aire bajo losas de hormigón.





2.7.4 Cable de potencia.

La composición general del cable aislado para el enlace de 132 [kV], será la que se muestra a continuación:

- Conductor: sección circular de aluminio de cuerda segmentada tipo Milliken con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo de 1.200 [mm²]
- Semiconductora interna: capa extrusionada de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa extrusionada de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada antes de la pantalla.
- Pantalla: corona de alambres de cobre arrollados helicoidalmente.
- Contraespira: fleje de cobre que garantice la sujeción de la pantalla frente a los esfuerzos electrodinámicos.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada después de pantalla.
- Protección radial al agua: lámina de aluminio termosoldada adherida a la cubierta.
- Cubierta exterior: Cubierta de poliolefina (Z1) de color gris con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas DMZ2 y con propiedades especiales ante la reacción al fuego (AS).



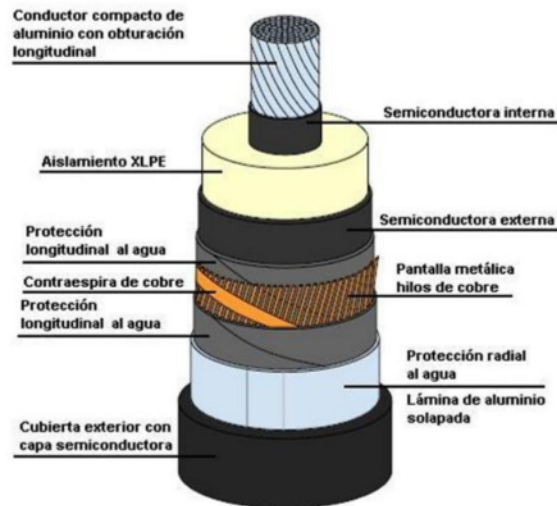


Figura 1. Composición de un cable de aluminio

Los ensayos de abrasión se harán según norma UNE-HD 605.

Los ensayos eléctricos según norma IEC 60230.

Los cables de alimentación con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 30 kV ($U_m=36$ kV) hasta 150 kV ($U_m=170$ kV) seguirán la norma IEC 60840 para los métodos de ensayo y requisitos.

2.7.5 Sistemas de puesta a tierra de las pantallas metálicas

Intensidad de corriente admisible en régimen permanente.

El cálculo para la determinación de la intensidad que va a circular en régimen permanente por la línea viene determinado por la norma "UNE 21144-1 de 2012", este cálculo consiste en la hacer el análisis de transferencia de calor en servicio, de forma que las pérdidas de potencia activa generadas en el cable se disipen al entorno sin que el aislamiento alcance una temperatura excesiva para deteriorar sus características eléctricas, mecánicas o químicas del cable.

Cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio.

La intensidad máxima admisible en servicio permanente es la que produce calentamiento en el conductor hasta su máxima temperatura admisible, lo cual limita la intensidad que transita por él.

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0,5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{R T_1 + n R (1 + \lambda_1) T_2 + n R (1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)} \right]^{0,5}$$

Donde:

I : Intensidad de la corriente máxima que circula en el conductor [A]

$\Delta\theta$: Incremento de temperatura del conductor respecto a la temperatura ambiente [K]

R : Resistencia del conductor en corriente alterna, a temperatura máxima de servicio [Ω/m]

W_d : Pérdidas dieléctricas del aislamiento que rodea al conductor [W/m]

T_1 : Resistencia térmica entre el conductor y la envolvente [$K m/W$]

T_2 : Resistencia térmica entre el relleno envolvente y la armadura [$K m/W$]

T_3 : Resistencia térmica del revestimiento exterior del cable [$K m/W$]



T_4 : Resistencia térmica entre la superficie del cable y el ambiente [$K m/W$]

n : Número de conductores aislados en servicio en el cable.

λ_1 : Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de dicho cable.

λ_2 : pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable.

Para la realización de este cálculo se debe tener en cuenta que existe pérdidas de potencia eléctrica que genera calor en el cable, se debe determinar las resistencias térmicas que intervienen según las condiciones de instalación y que al ser una disposición que se encuentra en intemperie se verá afectada por la radiación solar, así como lo indica la norma.

Resistencia del conductor en corriente alterna

La resistencia del conductor está dada por la siguiente expresión:

$$R = R' (1 + Y_s + Y_p) [\Omega/m]$$

Donde:

R' : Resistencia del conductor con corriente continua en la máxima temperatura de servicio [Ω/m]

Y_s : Factor pelicular.

Y_p : Factor de efecto proximidad.

La resistencia de la pantalla de corriente alterna se calculará igual que para el conductor, pero con el valor de d_c correspondiente a la pantalla.

Perdidas dieléctricas

Las pérdidas dieléctricas están dadas por la siguiente expresión:

$$W_d = w \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta [W/m]$$

Donde:

w : Componente angular.

C : Capacidad por unidad de longitud [F/m]

ε : Permitividad relativa del material aislante.

D_i : Diámetro exterior del aislamiento (Excluyendo la pantalla) [mm]

d_{c1} : Diámetro del conductor incluyendo la pantalla [mm]

U_0 : Tensión con relación a tierra [V]

$\tan \delta$: Factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y temperatura de servicio.

Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas en la pantalla (λ_1), se deben a las corrientes de circulación (λ'_1) y las corrientes de Foucault (λ''_1) tal como se expresa en la norma, son calculadas de la siguiente forma:

$$\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$$

Para nuestro caso son cables unipolares dispuestos en tresbolillo con las pantallas en cortocircuito, y debido a que es un conductor de gran sección y de construcción segmentada no se puede despreciar el valor de las corrientes de Foucault (λ''_1), dado lo anterior la norma dispone las siguientes expresiones para su cálculo de las corrientes de circulación (λ'_1):



$$\lambda'_1 = \frac{R_s}{R} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2}$$

Donde:

R_s : Resistencia de la pantalla metálica en corriente alterna a temperatura máxima de servicio [Ω/m]

θ_{sc} : Temperatura máxima de servicio de la pantalla del cable o cubierta metálica.

R_{so} : Resistencia de la cubierta metálica del cable o pantalla a 20°C [Ω/m]

X : Reactancia de la pantalla metálica [Ω/m]

s : Distancia entre ejes de conductores [mm]

d : Diámetro medio de la pantalla metálica [mm]

Ahora para el cálculo de las corrientes de Foucault (λ''_1), se deben utilizar las siguientes definiciones:

$$\lambda''_1 = \frac{R_s}{R} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1 + \Delta_2) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12 \cdot 10^{12}} \right]$$

$$g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{D_s}\right)^{1,74} (\beta_1 \cdot D_s \cdot 10^{-3} - 1,6)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi W}{10^7 \rho_s}}$$

Donde:

ρ_s : Resistividad eléctrica del material que constituye la cubierta metálica a la temperatura de servicio [Ω/m]

D_s : Diámetro exterior de la envolvente del cable [mm]

t_s : Espesor de la cubierta metálica [mm]

Las fórmulas para el cálculo de λ_0 , Δ_1 y Δ_2 se siguen las expresiones utilizadas en la norma.

Tenga en cuenta que para esta disposición se tendrá un $\lambda_2 = 0$.

Resistencias térmicas interiores

Para el cálculo de la resistencia térmica entre el conductor y el envolvente (T_1) se tendrá la siguiente expresión:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 t_1}{d_c} \right) [K m/W]$$

Donde:

ρ_T : Resistencia térmica correspondiente al aislamiento.

t_1 : Espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras [mm]

La resistencia térmica entre cubierta y la armadura (T_2) será nula ya que es un cable sin armadura, y la resistencia térmica del revestimiento o de la cubierta exterior (T_3) se define con la siguiente expresión:

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 t_3}{D'_a} \right) [K m/W]$$

Donde:

t_3 : Espesor de la cubierta o revestimiento [mm].

D'_a : Diámetro exterior de la pantalla que se encuentra bajo [mm].



Resistencia térmica exterior

CABLES INSTALADOS EN TUBULAR HORMIGONADA

Para la realización del cálculo de la resistencia térmica del medio circundante a un cable instalado en tubular hormigonada se deben realizar tres secciones de cálculo: resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (T_4'), resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto (T_4'') y la resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y medio ambiente (T_4''').

$$T_4 = T_4' + T_4'' + T_4'''$$

Primero procederemos al cálculo de la resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (T_4'), la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$T_4' = \frac{U}{1 + 0,1 \cdot (V + Y \theta_m) \cdot D_e}$$

Donde:

U : Constante que depende de la instalación tipo de REE, $U = 5,2$

V : Constante que depende de la instalación tipo de REE, $V = 1,1$

Y : Constante que depende de la instalación tipo de REE, $Y = 0,011$

D_e : Diámetro exterior del cable [mm]

θ_m : Temperatura media del medio que se encuentra entre el cable y el tubo.

Ahora procederemos a realizar el cálculo de la resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto (T_4''), la cual se encuentra definida por la siguiente expresión:

$$T_4'' = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(\frac{D_0}{D_d} \right)$$

Donde:

D_0 : Diámetro exterior del conducto [mm]

D_d : Diámetro interior del conducto [mm]

ρ_T : Resistencia térmica correspondiente al aislamiento.

Finalmente se calcula la resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y medio ambiente (T_4'''), por lo cual seguiremos la siguiente expresión:

$$T_4''' = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(\left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) \cdot \left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) \cdot \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right)$$

Donde:

ρ_T : Resistencia térmica correspondiente al aislamiento, $\rho_T = 3,5 [K m/W]$

u : Constante que se representa con la siguiente expresión:

$$u = \frac{2L}{D_e}$$

D_e : Diámetro exterior de la tubular [mm]

L : Distancia de la superficie del suelo al eje del cable [mm]

Cálculo de la capacidad de transporte de la conexión

La capacidad de transporte de la interconexión viene dada por la expresión:

$$S = \sqrt{3} \cdot 132 \cdot I_{max}$$

Pérdidas eléctricas nominales

Están constituidas por las pérdidas dieléctricas (W_d) que fueron calculadas anteriormente y pérdidas óhmicas, por lo cual se concentran en la siguiente expresión:

$$P_t = 3 \cdot (R \cdot I^2 \cdot (1 + \lambda_1) + W_d)$$

Las características principales del circuito y las hipótesis de cálculo utilizadas son:

- Temperatura del suelo 25 °C
- Resistividad térmica del suelo..... 1 K.m/W
- Resistividad térmica del hormigón0,85 K.m/W
- Frecuencia de cálculo 50 Hz
- Longitud..... 40 m
- Número de circuitos 1
- Tipo de cableRHZ1-RA+2OL(AS) 76/132 kV 1x1200MAL+H135
- Material del conductor:.....Aluminio
- Tipo de conductor: Milliken
- Sección del conductor..... 1200 mm²
- Pantalla metálica: Pantalla de hilos
- Sección de la pantalla metálica..... 135 mm²
- Tipo de conexión de las pantallas metálicas Single-Point
- CanalizaciónZanja entubada
- Profundidad 1.30 m
- Ancho 0.7 m
- Configuración de los cables Tresbolillo
- Sección de cable de acompañamiento..... 150 mm²

Los resultados tras aplicar los cálculos son los siguientes:

I	Intensidad del conductor.....	1018.9 A
$\Delta\theta$	Calentamiento del conductor por encima de la temperatura del terreno.....	65°C
W_d	Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud del aislamiento	0.48639 W/m
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre conductor y la pantalla	0.35435 K.m/W



T ₃	Resistencia térmica por unidad de longitud de la cubierta exterior.....	
	0.06412 K.m/W	
T ₄	Resistencia térmica por unidad de longitud entre la superficie del cable y el medio ambiente.....	1.51417 K.m/W
R	Resistencia del conductor en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio	0.03184 Ω/km
λ ₁	Factor de pérdidas en la pantalla metálica.....	0.00505

La máxima capacidad de transporte admisible en régimen permanente del circuito resulta ser 233.0 MVA.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 99972871.



Tensión inducida en las pantallas metálicas

El dimensionamiento de los limitadores de tensión en pantallas (LTP) se realiza conforme al documento "IEEE Guide for Bonding Shields and Sheaths of Single-Conductor Power Cables Rated 5 kV through 500 kV".

Las tensiones inducidas en la pantalla de los cables por unidad de longitud para distintos escenarios se calculan como:

Tensión inducida (pantalla-tierra) en cortocircuito trifásico para sistema de puesta a tierra single-point o cross-bonding	
$E = I_{ccT} \cdot \left[2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S}{d} \right) \right]$	4.40 V/m
Tensión inducida sistema p.a.t single-point con 1 cable de tierra en cortocircuito monofásico (pantalla-tierra)	
$E = I_{ccM} \cdot \sqrt{R_s^2 + \left(2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S_{fc}^2}{d \cdot r} \right) \right)^2}$	18.33 V/m
Tensión inducida sistema p.a.t single-point con 2 cables de tierra en cortocircuito monofásico (pantalla-tierra)	
$E = I_{ccM} \cdot \sqrt{R_s^2 + \left(2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S_{fc}^2}{d \cdot \sqrt{r \cdot S_{ct}}} \right) \right)^2}$	278 V/m

Siendo:

E	Tensión inducida por unidad de longitud en la pantalla.....	V/m
I_{ccT}	Intensidad de cortocircuito trifásico de la subestación.....	40.0 kA
I_{ccM}	Intensidad de cortocircuito monofásico de la subestación.....	40.0 kA
ω	$2 \cdot \pi \cdot f$	Hz
f	Frecuencia del sistema	50 Hz
S	Separación entre fases	240 mm
S_{fc}	Separación media entre la fase con defecto y el cable de tierra	278 mm
S_{ct}	Separación entre los cables de tierra	386 mm
d	Diámetro medio de la pantalla metálica del cable	83.3 mm
r	Radio medio geométrico del cable de tierra	5.66 mm

Se consideran los siguientes límites para las tensiones inducidas en las pantallas de los cables, correspondientes a un descargador de 3 kV.

Máxima tensión inducida permitida en cortocircuito trifásico 3 kV

Máxima tensión inducida permitida en cortocircuito monofásico 3 kV

A partir de los datos anteriores se calculan las máximas longitudes permitidas para los cables:

Máxima longitud para cortocircuito trifásico (1 o 2 cables de single-point)682 m

Máxima longitud para cortocircuito monofásico (1 cable de single-point) 164 m

Máxima longitud para cortocircuito monofásico (2 cables de single-point)278 m

El descargador de 3 kV cumple para el circuito señalado con 1 cable de single-point.

Intensidad de corriente admisible en cortocircuito

Los cálculos vienen determinados por las Normas IEC 60949 (UNE 21192) "Cálculo de la intensidad de corriente de cortocircuito, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático" y la IEC 61443 (UNE 211003) "Límites de temperatura de cortocircuito".

Por definición tenemos que la intensidad de cortocircuito adiabático es proporcional con la intensidad de cortocircuito, por lo que se tiene la siguiente expresión:

$$I_{AD} = \frac{I_{CC}}{\epsilon}$$

A partir de la anterior expresión se puede definir la I_{CC} de la siguiente forma:

$$I_{CC} = K \cdot S \cdot \epsilon \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}$$

Donde:

K : Constante dependiente del material del componente conductor $[A \cdot \sqrt{s} / mm^2]$

S : Sección correspondiente $[mm^2]$

t : Duración del cortocircuito $[s]$

θ_f : Temperatura final $[^\circ C]$

θ_i : Temperatura inicial $[^\circ C]$

β : Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor (K)

Tanto el conductor del cable como la pantalla metálica del mismo serán aptos para la intensidad de corriente de defecto del sistema de 31,5 $[kA]$ durante 0,5 $[s]$. Las temperaturas inicial y final para el caso del conductor serán de 90 $^\circ C$ y 250 $^\circ C$ respectivamente y para la pantalla metálica serán de 80 $^\circ C$ y 250 $^\circ C$ respectivamente.

Para calcular la intensidad de corriente admisible por el conductor en cortocircuito para conductores de pantalla no contiguos, se tiene en cuenta el factor de corrección no adiabático (ϵ)

Sustituyendo los valores anteriores, resulta para el conductor:

Intensidad de corriente admisible en Corto Circuito del conductor [kA]	253,589
Inversa del coeficiente de variación de resistencia K (β)	234,500



Para calcular la intensidad de corriente admisible por la pantalla en cortocircuito, se debe recalcular el factor de corrección no adiabático, y se realiza por medio de la siguiente expresión:

$$\varepsilon = 1 + 0,61 \cdot M \cdot \sqrt{t} - 0,069 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^2 + 0,0043 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^3$$

Donde:

M: Factor que se calcula basado en las características térmicas de los materiales metálicos.

Sustituyendo los valores anteriores, resulta para la pantalla:

Intensidad de corriente admisible en Corto Circuito de la pantalla [kA]	29,955
Factor ξ para la pantalla	1,041
Factor <i>M</i>	0,095

Madrid, octubre de 2025
El Ingeniero industrial

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



**PROYECTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO**

**Nueva subestación
LITHICA 132 kV**

DOCUMENTO 2

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Índice

1. OBJETO.....	3
2. NORMATIVA APLICABLE.....	4
2.1 Equipamiento y montaje	4
2.2 Obra civil y Estructuras.....	5
2.3 Instalaciones	5
2.4 Varios.....	6
3. GESTIÓN DE CALIDAD.....	7
4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL	8
5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO	9
6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN	10

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



1. OBJETO

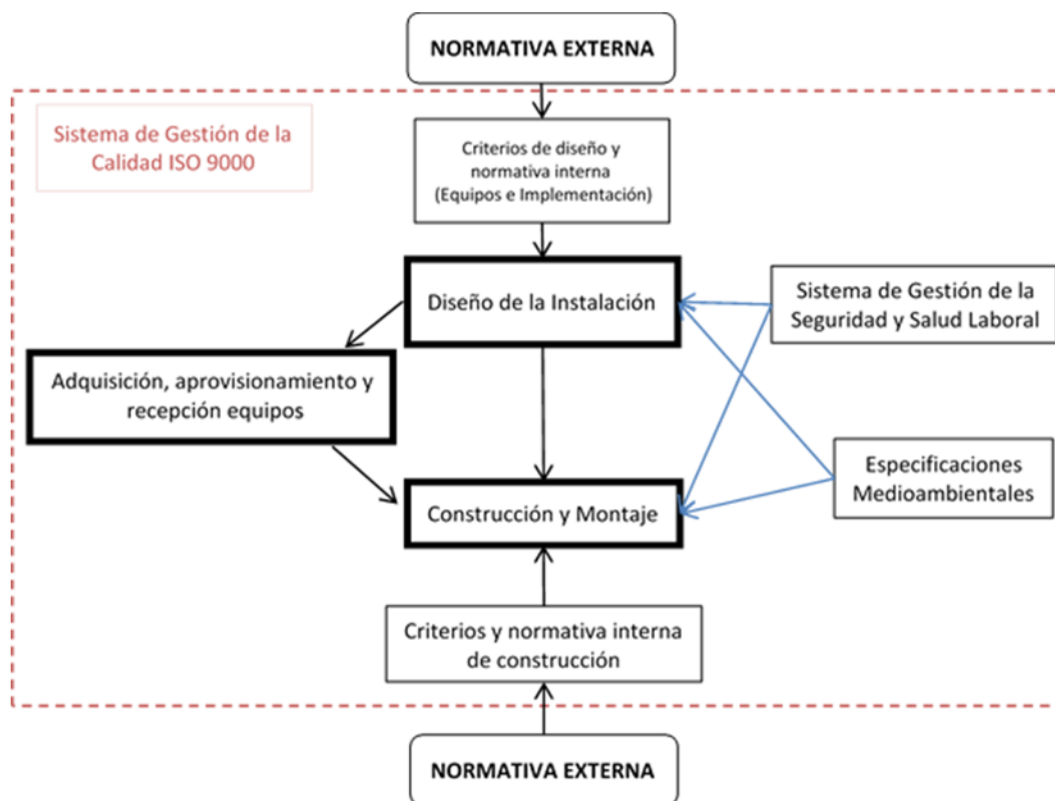
El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje para lo que se han considerado los siguientes aspectos.

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.



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 y 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.

2.3 Instalaciones

- **Electricidad**
 - Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e Instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51. R.D 842/2002, de 2 de agosto del Ministerio de Industria y Energía. BOE 18 de septiembre de 2002.
 - Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales de cables protectores de material plástico. Resolución de 18-ene-88, de la Dirección General de Innovación Industrial. BOE 19 de febrero de 1988.
- **Instalaciones de Protección Contra Incendios**
 - R.D 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
 - 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.



- **Instalaciones de Protección Contra Intrusión**

- Ley de Seguridad Privada 05/2014.
- Reglamento de Seguridad Privada RD 2364/1994.
- Órdenes del Ministerio del Interior INT/316 e INT/317.

2.4 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 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 caso de discrepancia 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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.

TI. S/2025/J-0896-S3423

Proyecto Técnico Administrativo

7



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COLIMI.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COLIMI.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.

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, octubre de 2025
El Ingeniero industrial

David González Jouanneau
Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España SAU.





**PROYECTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO**

**Nueva subestación
LITHICA 132 kV**

DOCUMENTO 2
ANEXO 1

REQUISITOS AMBIENTALES
ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Índice

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN	3
2. REQUISITOS AMBIENTALES	4
2.1 REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL	4
2.1.1 Condicionados de los organismos de la Administración	4
2.1.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible	4
2.1.3 Cambios de aceites y grasas	4
2.1.4 Campamento de obra	4
2.1.5 Gestión de residuos	4
2.1.6 Incidentes con consecuencias ambientales	5
2.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL	5
2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO	5
2.3.1 Llenado de equipos con aceite	5
2.3.2 Llenado de equipos con SF6	5
2.4 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA	6
3. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	7
3.1 ANTECEDENTES	7
3.1.1 Objeto	7
3.1.2 Situación y descripción general del proyecto	7
3.1.3 Descripción general de los trabajos	7
3.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR	8
3.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS	9
3.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA	11
3.5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS	13
3.6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN	15

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cód.Ver: 99972871.



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 Nueva subestación de LITHICA en el parque de 132 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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 99972871.



2. REQUISITOS AMBIENTALES

2.1 REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que en cada momento establecidos en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal. Las Especificaciones ambientales de construcción de subestaciones que regirán la ejecución de la obra indicarán todos los requisitos a cumplir en relación a los trabajos.

2.1.1 Condicionados de los organismos de la Administración

Durante el proceso de Autorización Administrativa los organismos públicos y entidades que puedan ser afectadas por el desarrollo del proyecto emitirán los condicionados correspondientes que serán aplicados en el desarrollo de la ejecución de la obra.

2.1.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible

Para evitar que las zonas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible se dispongan sobre suelo desnudo o sin mecanismos de retención de posibles derrames, se contará con una bandeja metálica sobre la que se colocaran los recipientes que contengan combustible.

La bandeja será estanca, con un bordillo mínimo de 10 cm y con capacidad igual o mayor que la del mayor de los recipientes que se ubiquen en ella. Será necesario disponer de una lona para tapar la bandeja con el fin de evitar que en caso de lluvia se llene de agua, a no ser que el almacenamiento se realice bajo cubierta.

En el caso de que sea necesario disponer de grupos electrógenos, su tanque de almacenamiento principal deberá tener doble pared y todas las tuberías irán encamisadas. Si no es así se colocarán sobre bandeja estanca de las características anteriormente descritas.

2.1.3 Cambios de aceites y grasas

No se verterán aceites y grasas al suelo, por lo que se tomarán todas las medidas preventivas necesarias.

El cambio de aceites de la maquinaria se realizará en un taller autorizado. Si ello no fuera posible se efectuará sobre el terreno utilizando siempre los accesorios necesarios (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable) para evitar posibles vertidos al suelo.

2.1.4 Campamento de obra

El campamento de obra dispondrá de los contenedores necesarios para los residuos sólidos urbanos que generen las personas que trabajan en la obra.

No serán utilizadas fosas sépticas/ pozos filtrantes en la instalación sin autorización de la Confederación Hidrográfica correspondiente. Preferentemente se usarán depósitos estancos de acumulación o de wáter químico, que serán desmontados una vez hayan finalizados los trabajos. El mantenimiento de estos sistemas será el adecuado para evitar olores y molestias en el entorno de los trabajos.

2.1.5 Gestión de residuos

La gestión de los residuos se realizará conforme a la legislación específica vigente. Será según lo establecido en los siguientes documentos:



- **Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.** Incluido como anexo al presente documento.
- **Plan de gestión de residuos de construcción y demolición.** Entregado por el contratista, aprobado por la dirección facultativa y aceptado por el Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica.

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 extintores 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, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO

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 derivados 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 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 y 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:

- Realización de acopios, campamento de obra e instalación de medios auxiliares.
- Movimiento de tierras: excavaciones (cimentaciones), 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
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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cód.Ver: 99972871.



(*) La cantidad estimada se corresponde con los excedentes de excavación que no está previsto reutilizar en la propia obra.

Tipo de residuo	Código	TOTAL	
		Kg	m ³
Excedentes de excavación (*)	170504		850,1
Restos de hormigón	170101		20,76
Papel y cartón	200101	320	
Maderas	170201	2732	
Plásticos (envases y embalajes)	170203	320,8	
Chatarras metálicas	170405 170407	3170	
	170401 170402		
Restos asimilables a urbanos	200301	87,2	
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102 150104	84,8	
	150105 150106		
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	0	
Trapos impregnados	150202*	18,6	
Tierras contaminadas	170503*		6,768
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110* 150111*	36,88	

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 restauración. 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.



red eléctrica

- 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 a 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.
- 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

TI.S/2025/J-0896-S3423

Proyecto Técnico Administrativo

10

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 99972871.



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 el personal implicado deberá estar adecuadamente formado 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 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, 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 conforme el gestor ha realizado los trabajos.

En el campamento de obra, se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases y 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.

Par 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.

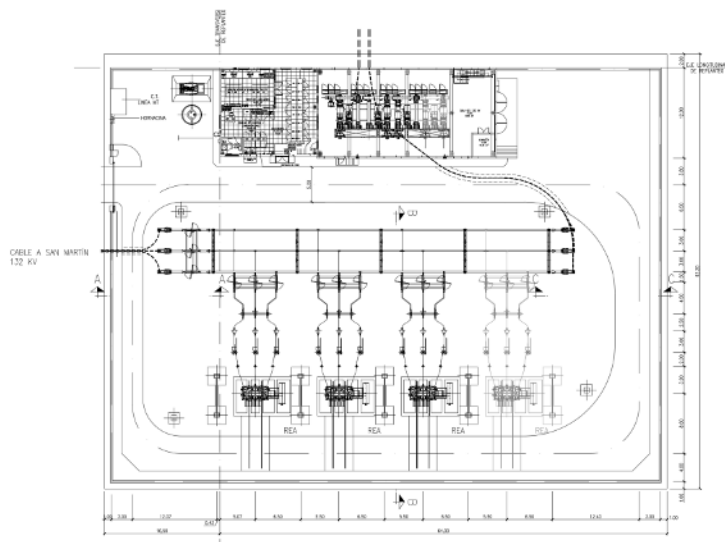


red eléctrica

- Estarán debidamente señalizadas mediante marcas en el suelo, carteles, etc. para que cualquier persona que trabaje en la obra sepa su ubicación.
- Los contenedores de residuos peligrosos estarán identificados según se indica en la legislación aplicable (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular), 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 almacenamiento.
- Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos estarán protegidas de la lluvia y contarán con suelo impermeabilizado o bandejas de recogida de derrames accidentales.
- 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, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.
- Se evitará el almacenamiento de excedentes de excavación en cauces y sus zonas de policía.

Además de las zonas definidas, el campamento de obra deberá disponer de uno o más contenedores, con su correspondiente tapadera (para evitar la entrada del agua de lluvia) para los residuos sólidos urbanos (restos de comidas, envases de bebidas, etc.) que generen las personas que trabajan en la obra. Estos contenedores deberán estar claramente identificados, de forma que todo el personal de la obra sepa donde se almacena cada tipo de residuo.

En el croquis siguiente se muestran las zonas destinadas al almacenamiento de residuos. Estas zonas podrán ser redefinidas por el contratista que reflejará los cambios en el correspondiente Plan de residuos. Además, en dicho plan se incluirá la descripción de los distintos contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.



3.5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS

La gestión de los residuos se realizará según lo establecido en la legislación específica vigente.

Siempre se favorecerá la reutilización y valoración de los residuos frente a la eliminación en vertedero controlado de los mismos.

- **Residuos no peligrosos**

- **RSU:** Los residuos sólidos urbanos y asimilables (papel, cartón, vidrio, envases de plástico) separados en sus distintas fracciones serán llevados a un vertedero autorizado o recogidos por gestores autorizados. En el caso de no ser posible la recogida por gestor autorizado y de tratarse de pequeñas cantidades, se podrán depositar en los distintos contenedores que existan en el Ayuntamiento más próximo.
- **Restos vegetales:** La eliminación de los residuos vegetales deberá hacerse de forma simultánea a las labores de talas y desbroce. Los residuos obtenidos se apilarán y retirarán de la zona con la mayor brevedad, evitando así que se conviertan en un foco de infección por hongos, o que suponga un incremento del riesgo de incendios. Los residuos forestales generados se gestionarán según indique la autoridad ambiental competente. Con carácter general, y si no hubiera indicaciones, preferiblemente se entregarán a sus propietarios. Si no es posible se gestionará su entrega a una planta de compostaje y en último caso se trasladarán a vertedero autorizado.

En el caso de especies vegetales contempladas en el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras, se precisa que su tratamiento y almacenamiento sea separado del resto de acopios de residuos vegetales.

- **Excedentes de excavación, escombros, y excedentes de hormigón:** como ya se ha comentado dependiendo de la Caracterización ambiental de los mismos, se tratará de reutilizar en la obra, si no es posible se gestionarán en el vertedero autorizado, adecuado a la naturaleza resultante de la Caracterización.
- **Chatarra:** se entregará a gestor autorizado para que proceda al reciclado de las distintas fracciones.

- **Residuos peligrosos**

Los residuos peligrosos se gestionarán mediante gestor autorizado. Se dará preferencia a aquellos gestores que ofrezcan la posibilidad de valorización como destino final frente a la eliminación.

En caso de que los hubiere, la gestión de residuos peligrosos resultantes del desmontaje de equipos se llevará a cabo directamente por RED ELÉCTRICA, siendo éstos gestionados por gestores autorizados para tal fin.

Antes del inicio de las obras los contratistas están obligados a programar la gestión de los residuos que prevé generar. En el Plan de gestión de residuos de construcción se reflejará la gestión prevista para cada tipo de residuo: planes para la reutilización de excedentes de excavación u hormigón, retirada a vertedero y gestiones a través de gestor autorizado (determinando los gestores autorizados), indicando el tratamiento final que se llevará a cabo en cada caso.

Como anexo a dicho plan el contratista deberá presentar la documentación legal necesaria para llevar a cabo las actividades de gestión de residuos:

- Acreditación como productor de residuos en la Comunidad Autónoma en la que se llevan a cabo los trabajos.



- Autorizaciones de los transportistas y gestores de residuos (las correspondientes según se trate de residuos peligrosos o no peligrosos).
- Autorizaciones de vertederos y depósitos.
- Contratos de tratamiento de los residuos que se prevé generar (residuos peligrosos).

Al final de los trabajos, el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones de residuos realizadas:

- Documentos de identificación.
- Notificaciones de traslado.
- Albaranes de retirada o documentos de entrega de residuos no peligrosos.
- 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 final de mes las evidencias de las gestiones realizadas en el mes anterior.



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.

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.

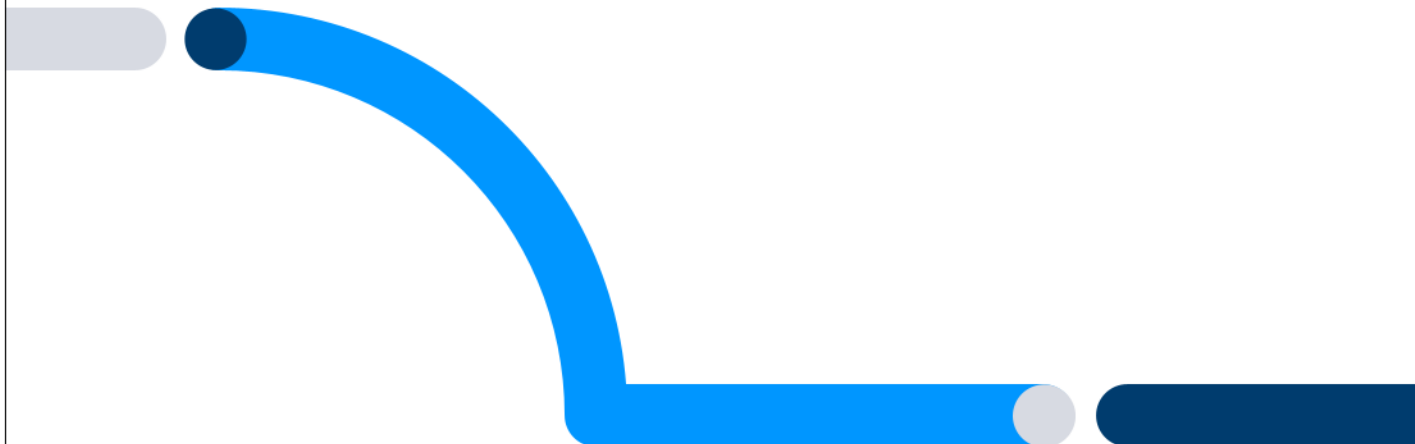
TIPO DE RESIDUO	CÓDIGO	COSTE (EUROS)
Excedentes de excavación	170504	2.295
Restos de hormigón	170101	154
Papel y cartón	150101 200101	5
Maderas	170201	68
Plásticos (envases y embalajes)	170203	18
Chatarras metálicas	170405 170407 170401 170402	19
Restos asimilables a urbanos	200301	0
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102 150104 150105 150106	0
Trapos impregnados	150202*	20
Tierras contaminadas	170503*	778
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110* 150111*	44
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	0
Total		3.043

Madrid, octubre de 2025
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

Nueva subestación LITHICA 132 kV

DOCUMENTO 2

ANEXO 2

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

Índice

1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO	3
2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	4
2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	4
2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA.....	5
2.3 CONTROL DE ACCESOS.....	6
2.4 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIA Y SERVICIOS AFECTADOS	6
2.5 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA	6
2.5.1Movimiento de tierras	6
2.5.2Obra civil	7
2.5.3Montaje de estructuras y equipos	7
2.6 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	8
2.7 EVALUACIÓN DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA.....	8
2.7.1Organización de la seguridad	10
2.7.2Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.....	10
2.7.3Conocimiento y formación	11
2.7.4Medicina preventiva.....	11
2.7.5Medios de protección.....	11
2.8 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS.....	11
2.9 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA.....	11
2.9.1Vías de evacuación	12
2.9.2Iluminación	12
2.9.3Instalaciones de suministro y reparto de energía.....	12
2.9.4Ventilación	12
2.9.5Ambientes nocivos y factores atmosféricos	13
2.9.6Detección y lucha contra incendios.....	13
2.9.7Primeros auxilios	13
2.10 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	13
3. PLIEGO DE CONDICIONES	15
3.1 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN	15
3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA.....	15
4. PRESUPUESTO DE SEGURDAD	17

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cód.Ver: 99972871.



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 Nueva subestación LITHICA en el parque de 132 kV.

Servirá para dar las directrices básicas de las Normas de Seguridad y Salud aplicables a la obra, facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales Normas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

El Estudio de Seguridad forma parte del Proyecto Técnico Administrativo, tiene por objeto definir y desarrollar las líneas generales de actuación en Seguridad y Salud Laboral de todas las Empresas y Trabajadores que intervienen, cualquiera que sea su carácter o participación, estableciendo consecuentemente las medidas oportunas para la vigilancia de su funcionamiento y el control de sus resultados.

Concebido fundamentalmente como conjunción de acciones en el campo de la prevención de los accidentes laborales y enfermedades profesionales, el Estudio de Seguridad pretende conseguir los siguientes objetivos principales:

- Tal y como indica el RD 1627/1997 y la propia Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, se debe tratar de identificar los riesgos asociados a las actividades, eliminando los que sea posible en su origen, y reduciendo aquellos que no lo sea, indicando las medidas que se van a implantar para ello.
- Organizar conjunta, homogénea y racionalmente todas las actividades preventivas, de tal forma que la acción resulte técnicamente idónea y económicamente viable, tanto para las Empresas participantes en la obra como para Red Eléctrica, S.A.U.
- Cumplir las disposiciones legales vigentes relativas a la Seguridad y Salud Laboral, procurando la mayor eficacia en la aplicación de las diferentes medidas preventivas.

El presente Estudio de Seguridad y Salud 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 y las empresas contratistas que intervengan en la obra.

Este Estudio es vinculante a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica, S.A.U. y las Empresas proveedoras que intervengan en la obra, así como en los que éstas suscriban con Subcontratistas.

Las empresas contratistas quedarán obligadas 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 atiende la obligación que le corresponden como promotor con la elaboración de este Estudio de Seguridad y Salud.



2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La Nueva subestación LITHICA BALEARES 132 kV ubicada en el término municipal de Ciutadella de Menorca provincia de Islas Baleares, dentro de la Comunidad Autónoma de Islas Baleares.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica Documento 3 Planos del presente proyecto.

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

- Altura media sobre el nivel del mar37 m
- Temperaturas extremas.....+ 40° C/-20° C
- Contaminación ambientalBajo
- Nivel de nieblaMedio

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

La instalación se realizará quedando este parque con la siguiente distribución:

Parque GIS 132 kV:

Calle	Posición	Nº interruptores existentes	Nº interruptores nuevos
1	Mercadal 1	0	1
1	Central calle 1	0	1
1	Reserva	0	0
2	Reserva	0	0
2	Central calle 2	0	1
2	Ciudadela 1	0	1
3	San Martin 1	0	1
3	Central calle 3	0	1
3	Reserva	0	0
4	Reserva	0	0
4	Reserva (central calle 4)	0	0
4	Reserva	0	0

Parque AIS 132 kV:

Calle	Posición	Nº interruptores existentes	Nº interruptores nuevos
1	REA1	0	1
2	REA2	0	1
3	REA3	0	1
4	Reserva	0	0

- Tres reactancias, 132 kV 17 MVar.

- Cable aislado de conexión de 132kV desde la GIS 132kV al parque AIS donde se ubican las reactancias.

Para ello se procederá a realizar las siguientes actividades:

- Movimiento de tierras de toda la plataforma del parque de 132 kV.
- Construcción del edificio de GIS de 132 kV.
- Las cimentaciones de las estructuras metálicas de soporte de la apartamentada del parque AIS de 132 kV y conexiones con las reactancias.
- Las bancadas de las reactancias.
- Se construirán canales cables de reducida profundidad que unirán el parque con el edificio de control GIS del parque de 132 kV.
- Montaje de las estructuras metálicas de soportes de apartamentada.
- Montaje de la apartamentada correspondientes a las calles equipadas y a sus embarrados de conexión.
- Se modificarán los Sistemas de Control, Telecomunicaciones, Protección y Medida, instalando los BR's en sala de control de edificio GIS de 132 kV.
- Se construirán nuevos los servicios de c.a y c.c. de Servicios Auxiliares para el parque de 132 kV.
- Se construirá nueva red de tierras e instalación de fuerza y alumbrado para el parque de 132 kV.

La disposición física de los elementos del parque responde a lo normalizado por RED ELÉCTRICA para instalaciones de 132 kV, cuyas características principales son:

Parque de 132 kV:

- Entre ejes de aparellaje.....3.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos.....3.500 mm
- Anchura de posiciones12.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos ...4.500 mm
- Altura de embarrados principales altos.....7.500 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 en el parque	580	60	2,0
Montaje de la estructura	2,5	30	0,5
Montaje de la apartamentada	49	50	2,0

TI. S/2025/J-0896-S3423

Proyecto Técnico Administrativo

5



Montaje en b.t.	2,5	30	0,5
Presupuesto adjudicado	634	Kilo €uros	
Volumen mano de obra estimada	170	Jornadas - hombre	
Punta de trabajadores	9	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

Debe establecerse un sistema eficaz de control de acceso y restricción de personal ajeno a la obra bien mediante un cerramiento de obra que será sustituido lo antes posible por el cerramiento perimetral definitivo de la instalación u otro sistema dependiendo de la ubicación de la subestación y su proximidad a núcleos urbanos, zonas de paso y presencia de personal ajeno a la obra.

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. En caso de que la parcela se encuentra vallada o la obra se desarrolle dentro de una instalación con un cerramiento perimetral ya ejecutado, no procede ninguna actuación en este campo.

En las instalaciones en servicio con sistema de acceso corporativo normalizado, todos los trabajadores que accedan deberán teclear su código de acceso y en el caso de que estén correctamente asignados al listado de personal asociado al Plan de Seguridad podrán acceder. De igual forma a la salida de la instalación.

En el portón de acceso permanecerá cerrado y se dispondrán señales informativas de los riesgos existentes.

En el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

2.4 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIA Y SERVICIOS AFECTADOS

Los trabajos de Obra Civil no estarán interferidos en su mayor parte con ningún otro.

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 132 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 a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. Los canales de cables serán prefabricados de hormigón.

- **Edificio GIS**

El edificio GIS, de elementos prefabricados de hormigón armado, estará ejecutado con paneles tipo sándwich y tendrá las dimensiones interiores indicadas en los planos (ver Documento Planos). Dispondrá de sala de control y comunicaciones, sala de servicios auxiliares y aseos.

Albergará los equipos de comunicaciones, unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería, cuadros de servicios auxiliares de c.c./c.a. y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y antiintrusismo.

Los paneles serán de 20 cm de grueso, de hormigón armado, con malla doble de acero electrosoldada. En los paneles que se precise se dejarán los huecos necesarios para puertas, entrada de cables, aire acondicionado, etc., y se armarán convenientemente. La cubierta será plana y se resolverá del siguiente modo: sobre el forjado de piezas prefabricadas de placa alveolar pretensada con capa de compresión, se dispondrá una capa aislante de poliestireno extrusionado, y sobre ella, el resto de los elementos que conforman la cubierta. Se dispondrá una capa de mortero ligero con perlita de espesor variable, armada con malla de gallinero, para evacuar el agua de lluvias y membrana impermeabilizante.

La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

En la solera de la sala de servicios auxiliares, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables. Las salas de control y comunicaciones contarán con falso suelo. Para el paso de cables entre dependencias se dispondrán tubos en la solera.

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 aparamenta 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

La identificación es pieza básica de la prevención porque en función de sus resultados ha de diseñarse la planificación de la actividad preventiva.

2.7 EVALUACIÓN DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA

La evaluación de los riesgos es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para adoptar medidas preventivas apropiadas.

- Los objetivos concretos de la evaluación son:
- La eliminación o de los riesgos.
- La reducción de los riesgos cuando no sea posible su eliminación:
- Controlando periódicamente las condiciones de trabajo
- Interponiendo medidas correctoras.

Esta evaluación se aplica a todas las tareas que forman parte de la actividad.

La identificación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de Subestaciones supone el estudio previo y el conocimiento de:

- Las condiciones generales del trabajo inherentes a los lugares donde se desarrollen, 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.

Se consideran Riesgos Generales y como tales están presentes en cualquier actividad de construcción los de la siguiente relación no exhaustiva:



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 eléctricos. 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. 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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cód.Ver: 99972871.



SITUACIONES PORMENORIZADAS DE RIESGO

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

2.7.1 Organización de la seguridad

- **Coordinador en materia de seguridad y salud**

RED ELÉCTRICA, de acuerdo con el ART. 3 del R.D 1627/97 y en calidad de promotor, designará un coordinador en materia de seguridad para la fase de ejecución de la obra cuando en esta intervengan más de una empresa o una empresa y trabajadores autónomos.

- **Dirección facultativa de la obra**

La dirección de los trabajos será ejecutada por una o varias personas integradas en el equipo del proyecto a fin de que se dé cumplimiento a los cometidos legales de la Dirección Facultativa. Además, adoptará cuantas soluciones técnicas sean necesarias para la eliminación de los riesgos. El Coordinador de Seguridad asistirá a la Dirección Facultativa en los temas relativos a la Prevención.

- **Jefes de obra / Jefes de trabajo de las empresas contratistas**

Las personas que ejerzan in situ las funciones de jefe de obra / jefe de trabajo, organizando, dirigiendo y planificando los trabajos de construcción, garantizarán que los trabajadores, propios y de sus subcontratas, conocen los principios de acción preventiva y velarán por la aplicación de las medidas preventivas y de seguridad necesarias para ejecución.

Para integrar la prevención de riesgos laborales en las obras cada empresa contratista nombrará los recursos preventivos necesarios durante la ejecución de los trabajos con las funciones, competencias y atribuciones establecidas en la normativa legal reguladora.

2.7.2 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.
- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- 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.

2.7.3 Conocimiento y 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 o cualificado" para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001.

2.7.4 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.

2.7.5 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*.

2.8 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.

2.9 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA

Teniendo en cuenta la configuración, el tamaño de la subestación, la carga térmica y el número de personas que se prevén en los trabajos simultáneamente, no se considera necesario establecer medidas de emergencia especiales para los aspectos de lucha contra incendios y evacuación, salvo las definidas en materia de Primeros Auxilios.

Para prevenir los riesgos derivados de la intromisión de ajenos, se instalará una valla perimetral tan pronto como sea posible.

Cada Proveedor establecerá medidas de emergencia que considere oportunas según su actividad, e informará de ello a sus trabajadores.

En caso de tratarse de una instalación en servicio que disponga de un Plan de Autoprotección o Emergencia, todos los proveedores deberán conocer su contenido y difundirlo a sus empleados.



2.9.1 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 se estima la presencia de un número elevado de 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.

2.9.2 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 al sistema de alumbrado se dispondrá de una alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

2.9.3 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.

2.9.4 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.



En el caso de que sea necesario utilizar herramientas o máquinas que producen gases o vapores que reducen de forma peligrosa la concentración de oxígeno (<20,5% *), 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).

(*) Según recomendación de la NTPs del INSST.

2.9.5 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 planificará 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.

2.9.6 Detección y lucha contra incendios

No se prevé en la obra la existencia de carga térmica elevada, para facilitararlo 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. Deberá colocarse un extintor y un botiquín tanto en la caseta principal, como en el vestuario de los trabajadores y una señal en la parte exterior de cada una de las casetas con indicación de la ubicación del extintor. También en los recintos que actúen como almacén provisional se deberá disponer de extintor,

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.

2.9.7 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 primero 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.

2.10 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

En aplicación del estudio de seguridad y salud cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

El Plan de Seguridad debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la actividad propia de cada empresa, que permita un tratamiento detallado de los riesgos y las



medidas preventivas que se deben aplicar. No debe ser simplemente una relación exhaustiva de normas de seguridad de tipo genérico.

En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio ni una disminución del importe total del presupuesto para la actividad.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra. Por imperativo legal, tanto el Plan como sus revisiones serán aprobadas por el Coordinador de Seguridad.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

Asimismo, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de la dirección facultativa.

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.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción
- 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.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- R.D. 1215/1997 de 18 de Julio sobre Equipos de Trabajo
- R.D. 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas
- 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.
- Real Decreto 1076/2021, de 7 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la 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
- DECRETO 91/2023, de 22 de junio, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 3/1993, de 9 de diciembre, forestal de la Comunitat Valenciana (así como otra normativa similar a nivel autonómico que haya publicado y esté vigente).
- Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo, de prevención de riesgos laborales en episodios de elevadas temperaturas.

3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

TI. S/2025/J-0896-S3423

Proyecto Técnico Administrativo

15



Esta documentación es ofrecida por Red Eléctrica a sus proveedores como referencia para la ejecución segura de los procesos indicados sobre las instalaciones, máquinas y/o equipos que en ella se encuentran descritos. En todo caso, el contenido de esta documentación no es ni debe interpretarse como instrucción o instrucciones concretas impartidas por Red Eléctrica sobre el modo de ejecutar las obras/trabajos realizados por los contratistas.

Su entrega no sustituye ni libera a la empresa contratista que la recibe, de sus obligaciones legales de realizar la evaluación de riesgos y planificación específicas de cada una de las actividades y tareas a desarrollar en las instalaciones de Red Eléctrica.

Este Documento de Seguridad deberá cumplir lo establecido en la normativa vigente, debiendo proporcionar un nivel de seguridad equivalente o superior al referido en estas instrucciones.

El contenido de esta documentación se encuentra en continua actualización.

- TM001 Organización de la Seguridad en los Trabajos de construcción en instalaciones de A.T.
- IM002 Medidas de Seguridad en instalaciones de A.T. para trabajos sin tensión.
- IM001 Medidas de seguridad en instalaciones de AT para trabajos en tensión
- IM003 Tramitación de intervenciones en instalaciones de A. T.
- IM013 Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- IM016 Seguridad en los trabajos de apertura de pistas y explanación de terrenos.
- IM021 Seguridad en trabajos de talas de líneas de alta tensión.
- IM030 Medidas de seguridad para ampliación de subestaciones en servicio.
- IM032 Evacuación de edificios e Instalaciones de Red Eléctrica.
- IM039 Actuaciones ante sucesos de especial gravedad que afectan las personas.
- IM042 Equipos y aparatos a presión.
- AM004 Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas.
- AM005 Trabajos de manutención manual y mecánica.
- AM007 Guía para la elección y uso de disolventes.
- AM008 Equipos de trabajo. Autorización de uso y normas de empleo.
- AM011 Maquinaria y equipos. Normas de Seguridad.
- AM023 Seguridad en trabajos en instalaciones y equipos que contienen SF6.
- AM024 Seguridad en los trabajos en espacios confinados.
- AM025 Seguridad y salud laboral.
- AM034 Control de riesgos por altas temperaturas.
- IC003 Subcontratación por proveedores de Red Eléctrica a terceros.
- de RED ELÉCTRICA a terceros.



4. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Nueva subestación LITHICA 132 kV.

Duración del trabajo: (meses) 13
Operarios previstos: 9

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Unidades equiv.	Precio Udad (Euros)	Coste total (Euros)
1	Casco de protección	2	20	5,11	102
2	Botas de seguridad	4	39	46,58	1.817
3	Botas de agua.	2	20	38,43	769
4	Guantes de trabajo.	36	351	4,38	1.537
5	Arnés de cintura o completo	0,5	5	146,12	731
6	Dispositivos anticaída y compl.	0,5	5	90,29	451
7	Trajes impermeables.	2	20	28,33	567
8	Gafas antiimpactos.	6	59	4,78	282
9	Pantalla de protección facial	2	20	9,44	189
10	Pantallas y gafas para soldadura	1	10	7,81	78
11	Mandiles, polaina, guantes soldadura	1	10	26,38	264
12	Ropa de trabajo	2	20	69,20	1.384
				Coste Parcial	8.171

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Dotación anual	Unidades equivalentes	Precio Udad (Euros)	Coste total (Euros)
1	Cuerda 100m Línea de Seguridad	4	4	107,94	432
2	Complementos uso Lin. Seg.	10	11	120,05	1.321
3	Malla perforada de delimitación	1.000	1083	0,49	531
4	Cinta o cadena de delimitación	1000	1083	0,04	43
5	Señales de obligación e informativas	60	65	3,01	196
6	Botiquín primeros auxilios	2	2	18,06	36
7	Tablero o camilla evac. accidentados	1	1	253,80	254
8	Extintores	4	4	30,80	123
				Coste Parcial	2.936

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (Euros)	Coste total (Euros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios	9	34,00	306
2	Reconocimientos médicos	9	30,50	275
			Coste Parcial	581

Total 11.688

Asciende este Presupuesto de Seguridad a la cantidad de: **ONCE MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS.**

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España SAU.

red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO

**Nueva subestación
LITHICA 132 kV**

DOCUMENTO 3

PLANOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

	Nº DE PLANO
1. Situación y emplazamiento	P-LTHB1000
2. Esquema unifilar simplificado.	P-LTHA
3. Implantación general	P-LTHB1001
4. Planta general	P-LTHB2000
5. Secciones generales	P-LTHB2001
6. Planta cimentaciones y canales	P-LTHC5001
7. Planta general de red de tierras inferiores	P-LTHF1000_01
8. Planta general de red de tierras superiore	P-LTHF1000_02
9. Edificio de control GIS	P-LTHD4000
10. Edificio GIS	P-LTHD4001,P-LTHD4002
11. Relación de Bienes y Derechos	P-LTHB_RBD

Madrid, septiembre de 2025

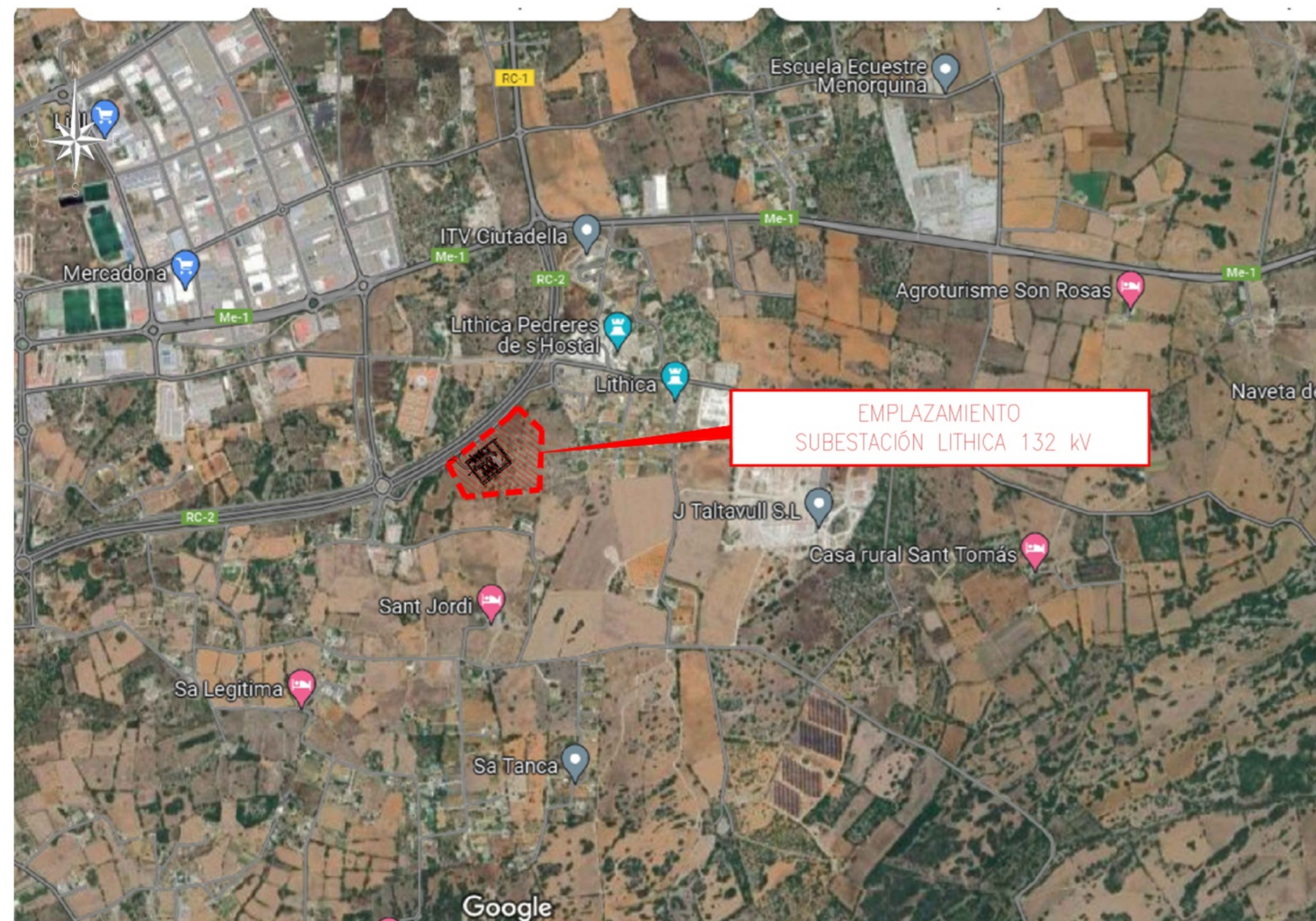
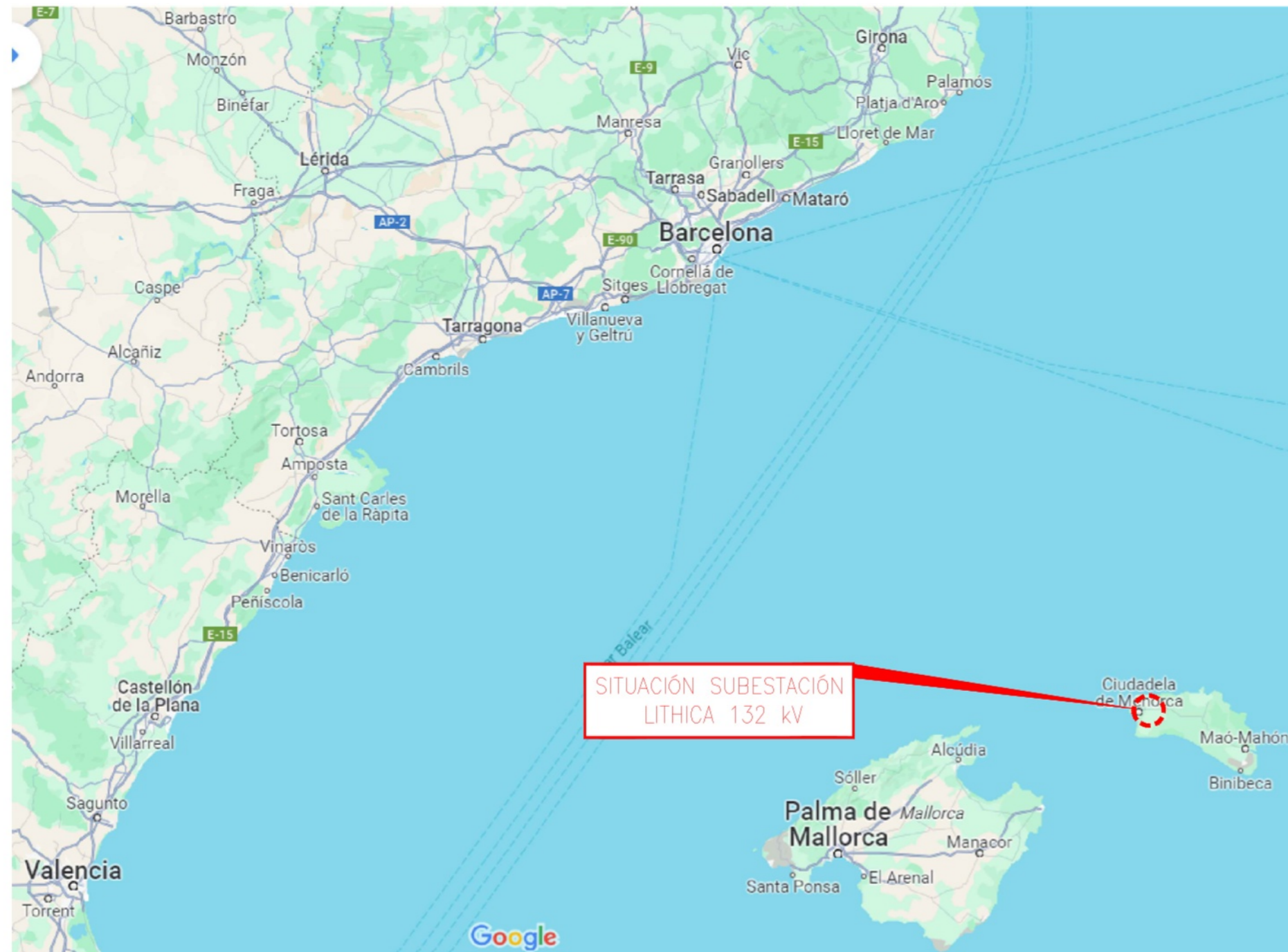
El Ingeniero industrial

David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España SAU.



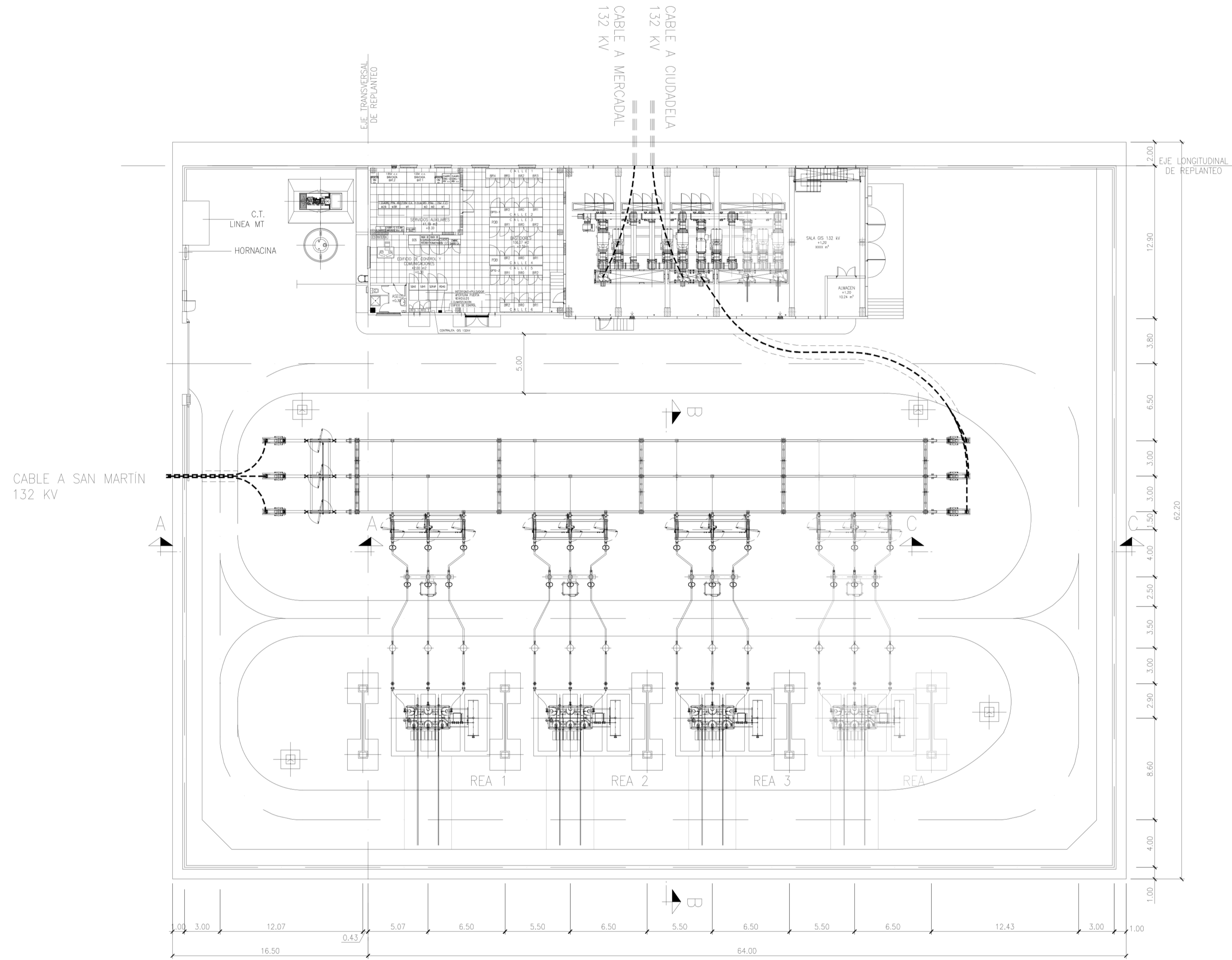


PROYECTO J-0896-S3423

LOCALIZACIÓN SE LITHICA, PARQUE DE 132 kV (ETRS89):
 COORDENADAS: 3° 51.842'E , 40° 0.115'N

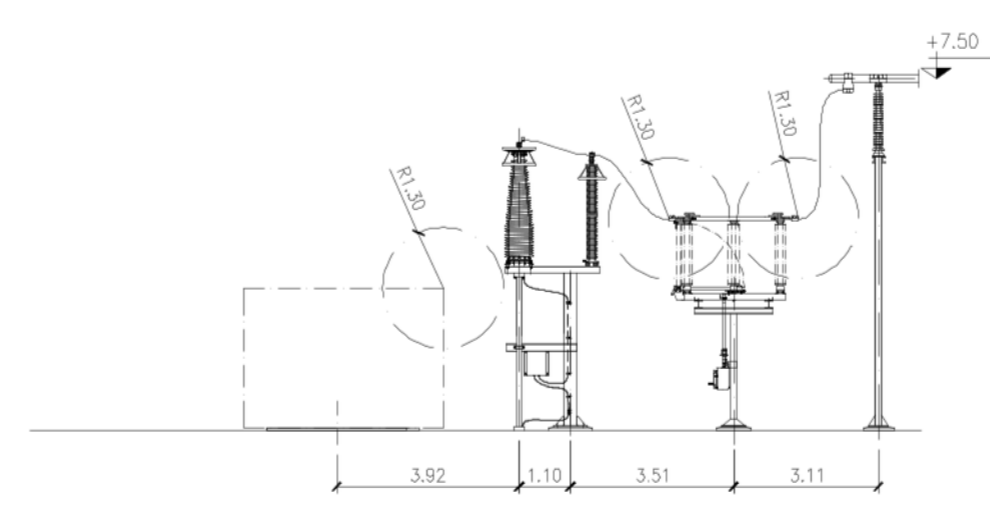
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
0	OCT-24	R.H.A.	R.E.E.	NUEVA SUBESTACION
red eléctrica				INSTALACION 132 kV LITHICA
TÍTULO SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO				VALIDO PARA PTA: 0
				COORD. ETRS89 HUSO
				CÓDIGO J-0896-S3423
				AZ SIN ESCALA
				Nº P-LTHB1000 HOJA 001

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. es la única titular de todos los derechos de propiedad intelectual de este documento. Toda reproducción, total o parcial, sin el consentimiento expreso de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. es estrictamente prohibida. Toda reproducción no autorizada de este documento sin el consentimiento expreso de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. es estrictamente prohibida. Toda reproducción no autorizada de este documento sin el consentimiento expreso de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. es estrictamente prohibida. Toda reproducción no autorizada de este documento sin el consentimiento expreso de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. es estrictamente prohibida.

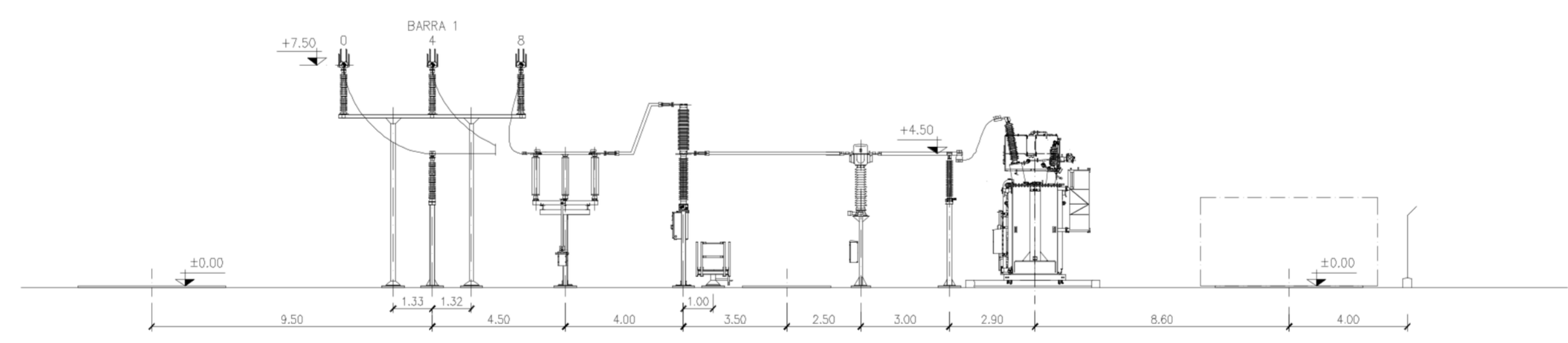


0	OCT-24	R.H.A.	R.E.E.	NUEVA SUBSTACION	
EDICIÓN				FECHA	
PROYECTADO				VERIFICADO	
INSTALACION				132 KV LITICA	
VALIDO PARA PTA 0				COORD. ETRS89	
HUSO				CÓDIGO J-0898-S3423	
TÍTULO				PLANTA GENERAL	
Nº				P-LTHB2000	
HOJA				001	

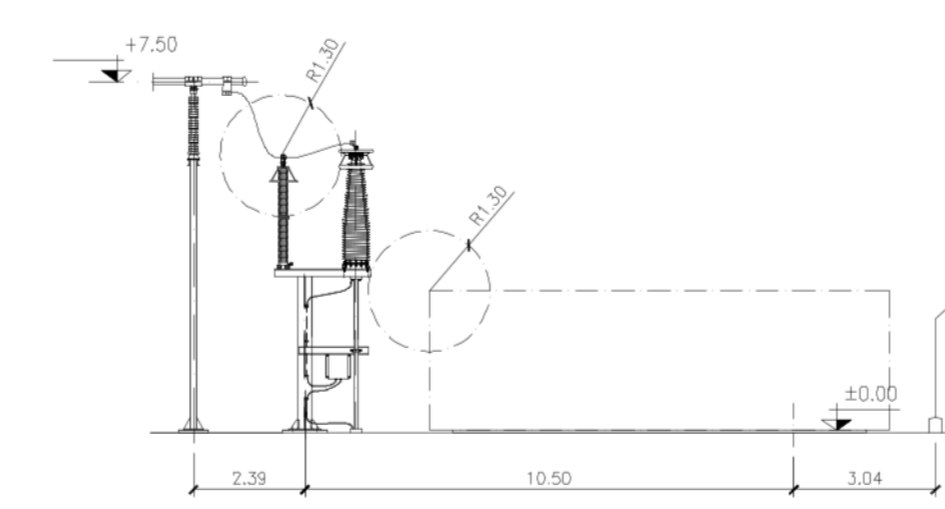
RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad anónima inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, con el número de inscripción 10909. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad anónima inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, con el número de inscripción 10909. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad anónima inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, con el número de inscripción 10909.



SECCION A-A



SECCION B-B

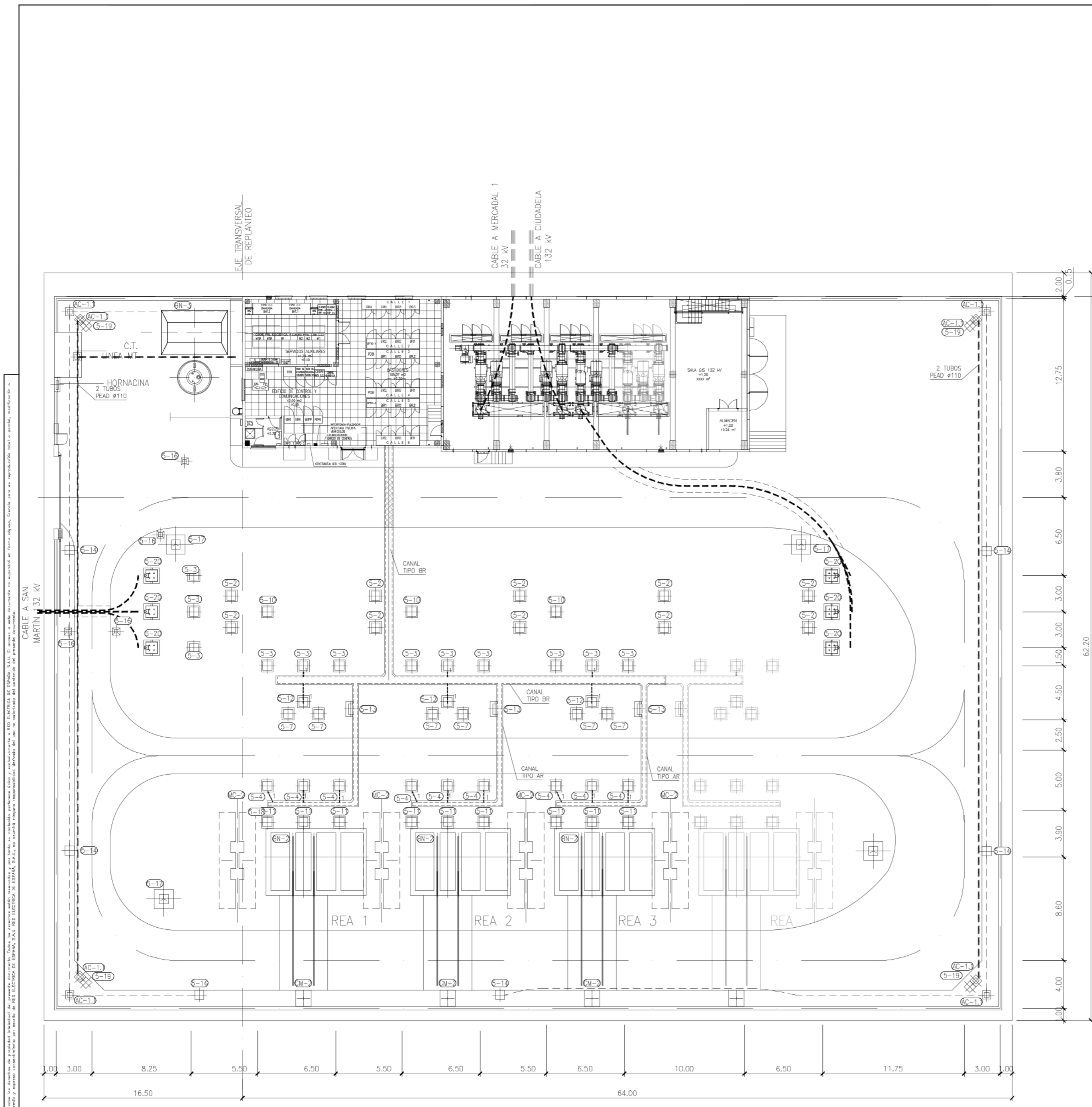


SECCION C-C

NOTAS:
1. DIMENSIONES EN METROS.

PLANOS DE REFERENCIA:
--- PLANTA GENERAL

0	OCT-24	R.H.A.	R.E.E.	NUEVA SUBESTACION	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
red eléctrica				INSTALACIÓN	132 kV LITHICA
				TÍTULO	SECCIONES
				VALIDO PARA PTA. 0	
				COORD.	HUSO 31
				CÓDIGO	J-0896-S3423
				AR	1:100
				Nº	P-LTB2001 HOJA 001



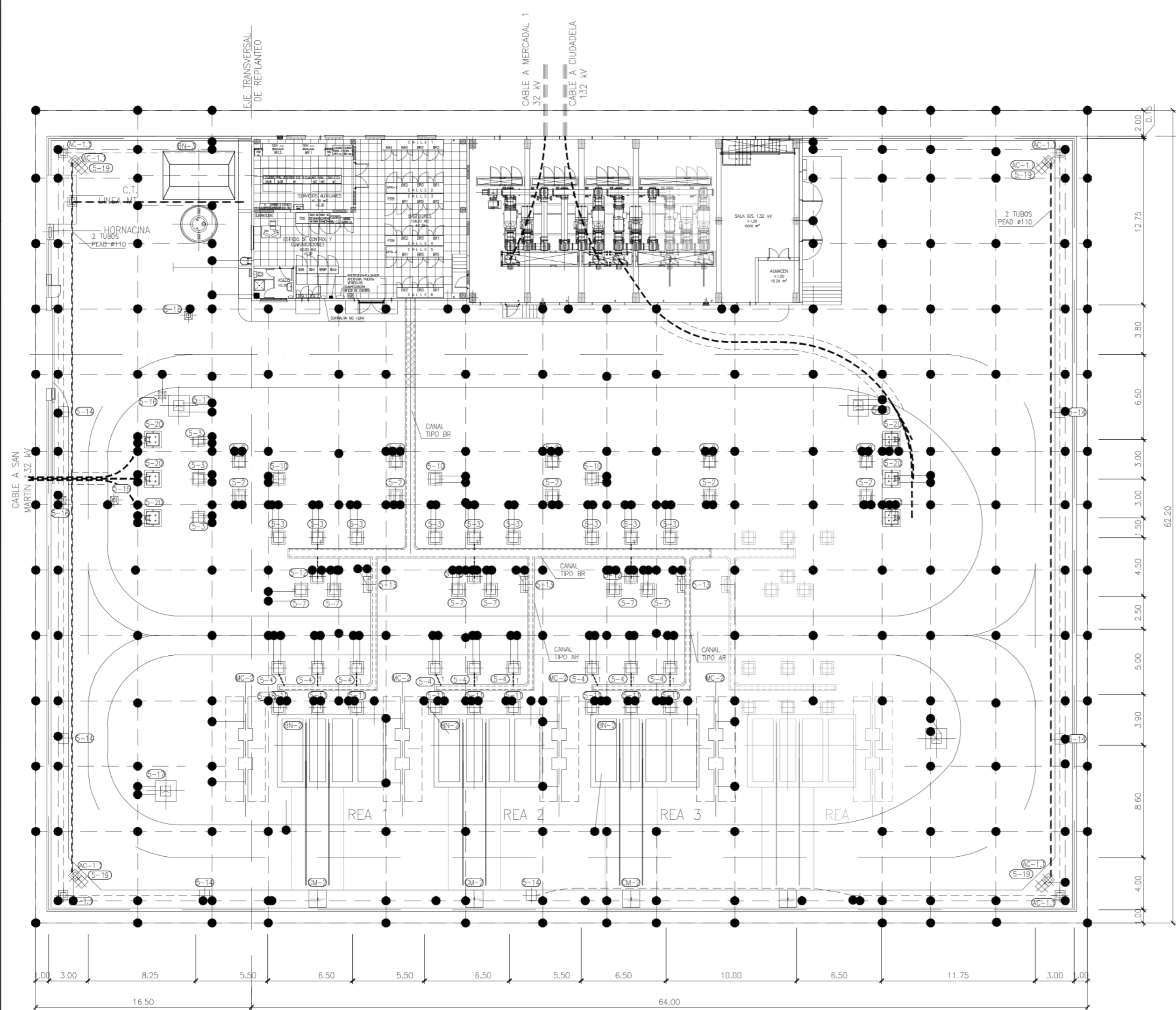
RELACION DE CIMENTACIONES				
POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	PLANO N°	OBSERVACIONES
5-2	10	PORTICO BARRAS PRINCIPALES	--	--
5-3	12	SECCIONADOR ROTATIVO 132 KV	--	--
5-4	9	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	--	--
5-7	6	INTERRUPTOR	--	--
5-10	3	AISLADOR DE APOYO	--	--
5-11	12	AUTOVALVULA 132 KV	--	--
5-12	3	PLATAFORMA INTERRUPTOR	--	--
5-13	3	ARMARIO CENTRALIZACION FUERZA Y CONTROL	--	--
5-14	7	COLUMNA DE ALUMBRADO	--	--
5-16	4	SOPORTE GALIBO	--	--
5-17	4	PUNTA FRANKLIN	--	--
5-19	4	BACULO CAMARAS SEGURIDAD	--	--
5-20	6	BOTELLA TERMINAL 132 KV	--	--
AC-1.1	9	ARQUETA TIPICA PARA CABLES	--	--
CM-2	4	MUERTO DE ARRASTRE REA	--	--
BN-2	3	BANCADA REACTANCIA	--	--
BN-3	1	BANCADA GRUPO ELECTROGENO	--	--
MC-2	4	MURO CORTAFUEGOS REA	--	--

NOTAS:
 1. COTAS EXPRESADAS EN METROS.
 2. SE HAN REPRESENTADO CIMENTACIONES DE SECCIONADORES DE MESA E INTERRUPTORES DE ABB. PARA OTROS FABRICANTES VER DETALLES DE CIMENTACIONES.
 3. LA CIFRA INDICADA EN ALGUNAS CIMENTACIONES (1,2,3,...) CORRESPONDE AL NUMERO DE TUBOS DE Ø90mm NECESARIOS SEGUN DETALLE DE LA CIMENTACION CORRESPONDIENTE.

PLANOS DE REFERENCIA:
 P-XXXXXXX PLANTA GENERAL.
 P-XXXXXXX SECCIONES GENERALES.

0	OCT-24	R.H.A.	R.E.E.	NUEVA SUBESTACION	
EDICION	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCION	
INSTALACION				132 KV LITHICA	VALIDO PARA PTA. 0
TITULO				PLANTA GENERAL CIMENTACIONES Y CANALES	COORD. ETRS89 J-0896-S3423
red eléctrica				HUSO	
				A2	SIN ESCALA
				N° P-LTHC5001	HOJA 001

RELACION DE MATERIALES					
CODIGO/LOTE	POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	OBSERVACIONES	SUMINISTRO
3050033	C-5	2500m	CABLE DE Cu DESNUDO DE 120mm ² Ø14,2mm	--	--
--	T-31	180	SOLDADURA EXOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDOS 120mm ² (Ø14.2mm)	--	--
--	T-32	265	SOLDADURA EXOTERMICA EN CRUZ PARA CABLES DE Cu DESNUDOS 120mm ² (Ø14.2mm)	--	--



SIMBOLOS

- SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ O EN "T"
- CONEXION A ESTRUCTURA
- 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).
- CONEXIONES CON LA MALLA PRINCIPAL CON CABLE DE Cu DE 120 mm² (SE REALIZARAN DURANTE LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL):
 - PARA LOS SOPORTES DE APARAMENTA SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 1.50 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.
 - PARA LAS COLUMNAS PRINCIPALES SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.0 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACIÓN.

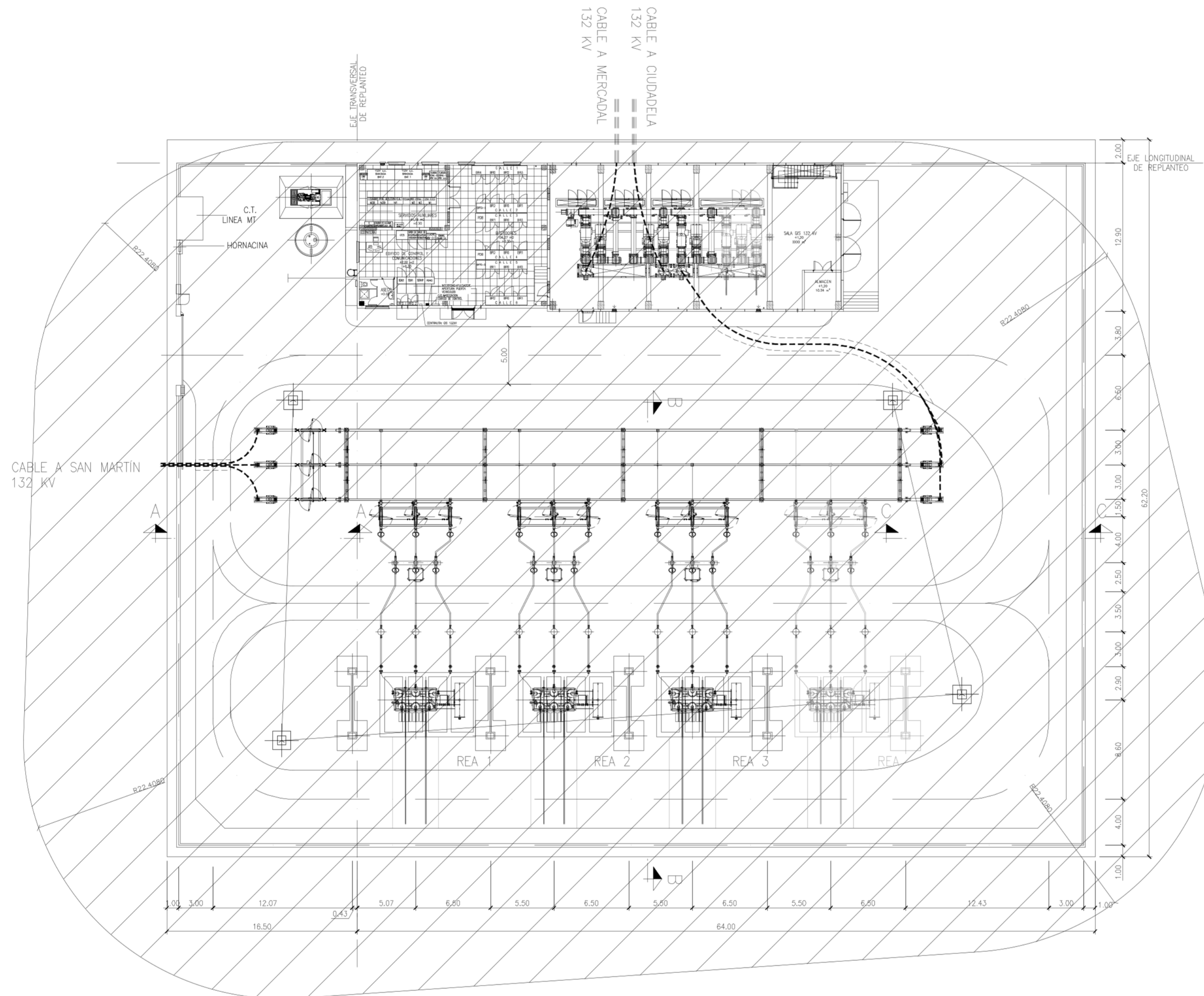
NOTAS:

1. LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERÁN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS DENTRO DE LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL:
 - PUERTAS EDIFICIO
 - CERCOS METÁLICOS DE ARQUETAS (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS
 - CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 20 m
 - CIMENTACIONES DE EDIFICIO
2. SE DARÁ CONTINUIDAD EN EL EDIFICIO A LAS ARMADURAS DE MURO DE CIMENTACIÓN Y SOLERA

PLANOS DE REFERENCIA:

- XXX PLANTA GENERAL.

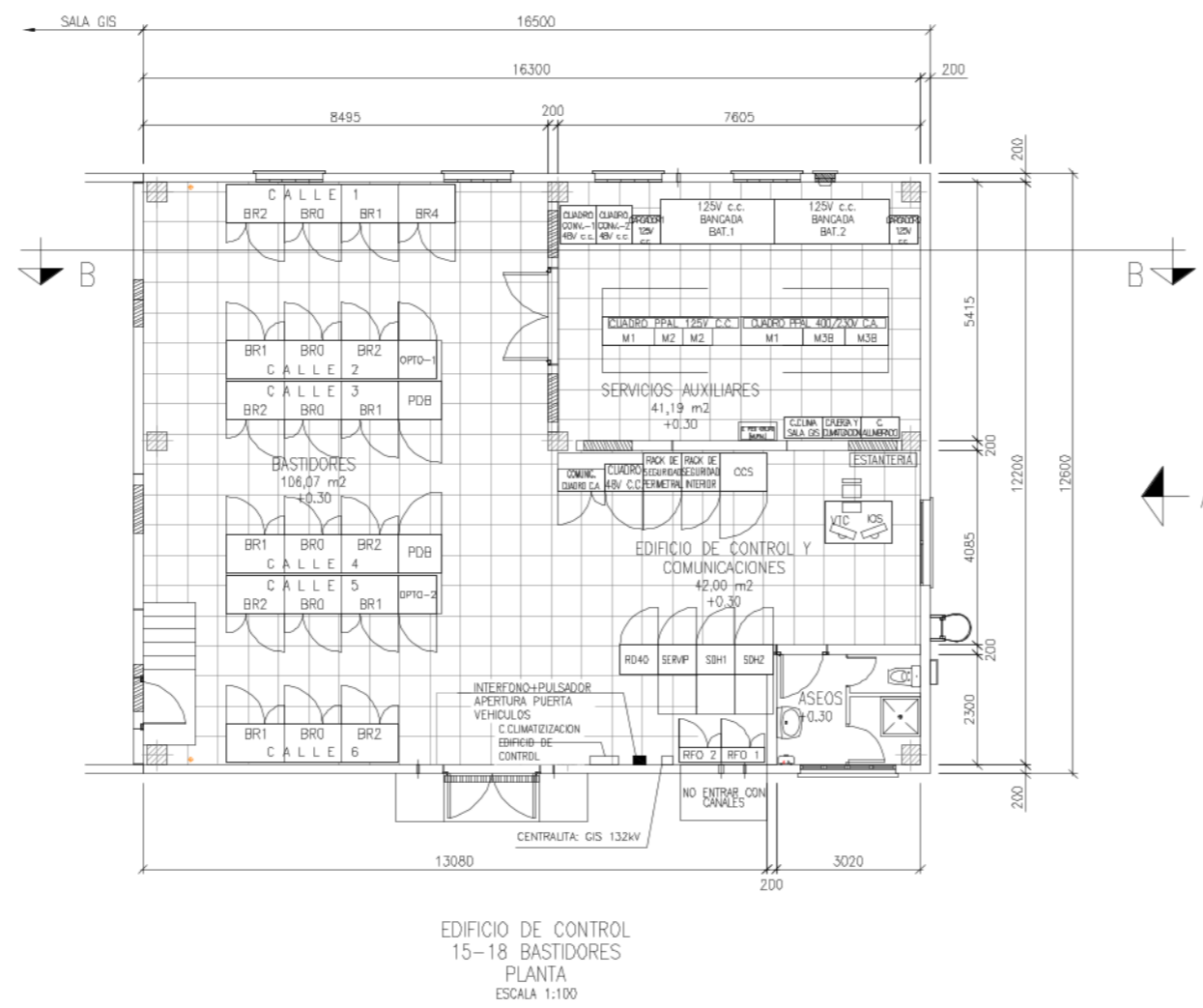
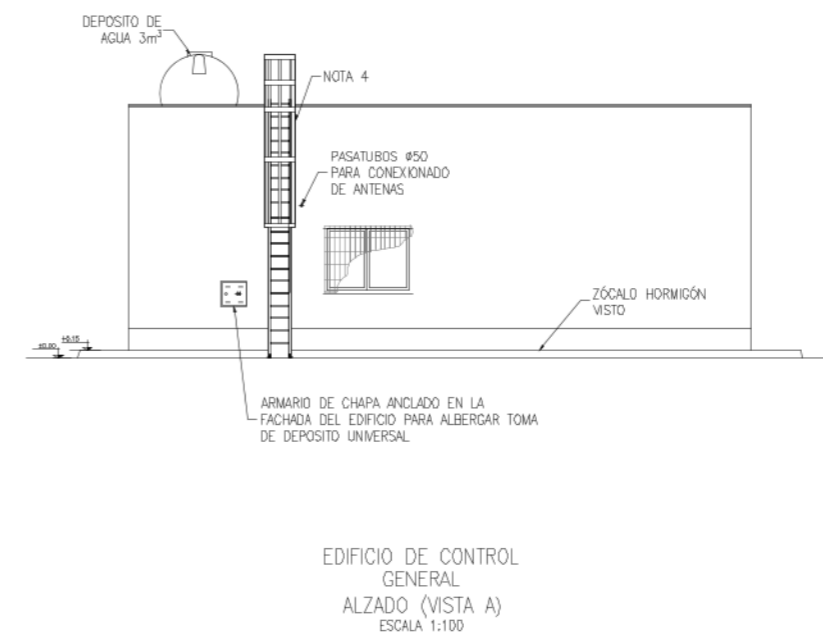
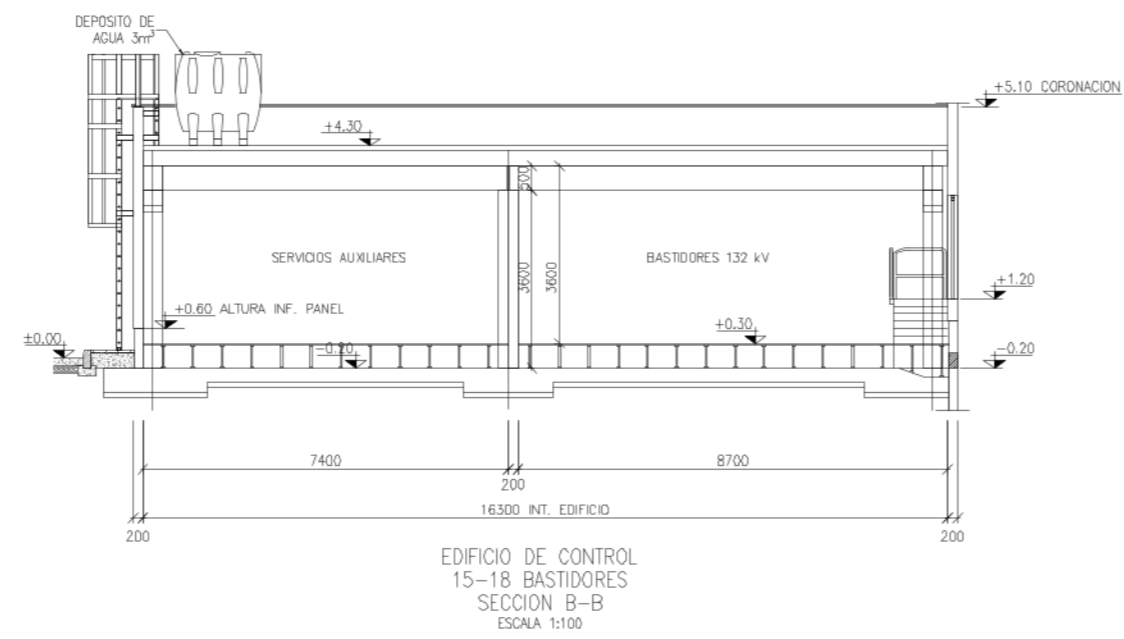
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
0	OCT-24	R.H.A.	R.E.E.	NUEVA SUBESTACION
red eléctrica				VALIDO PARA PTA. 0 CÓDIGO: ETRS89 HUSO J-0896-S3423 A2 SIN ESCALA N° P-LTHF1000 HOJA 001



SIMBOLOS:
 ZONA DE PROTECCION
 PARARRAYOS DE PUNTA FRANKLIN

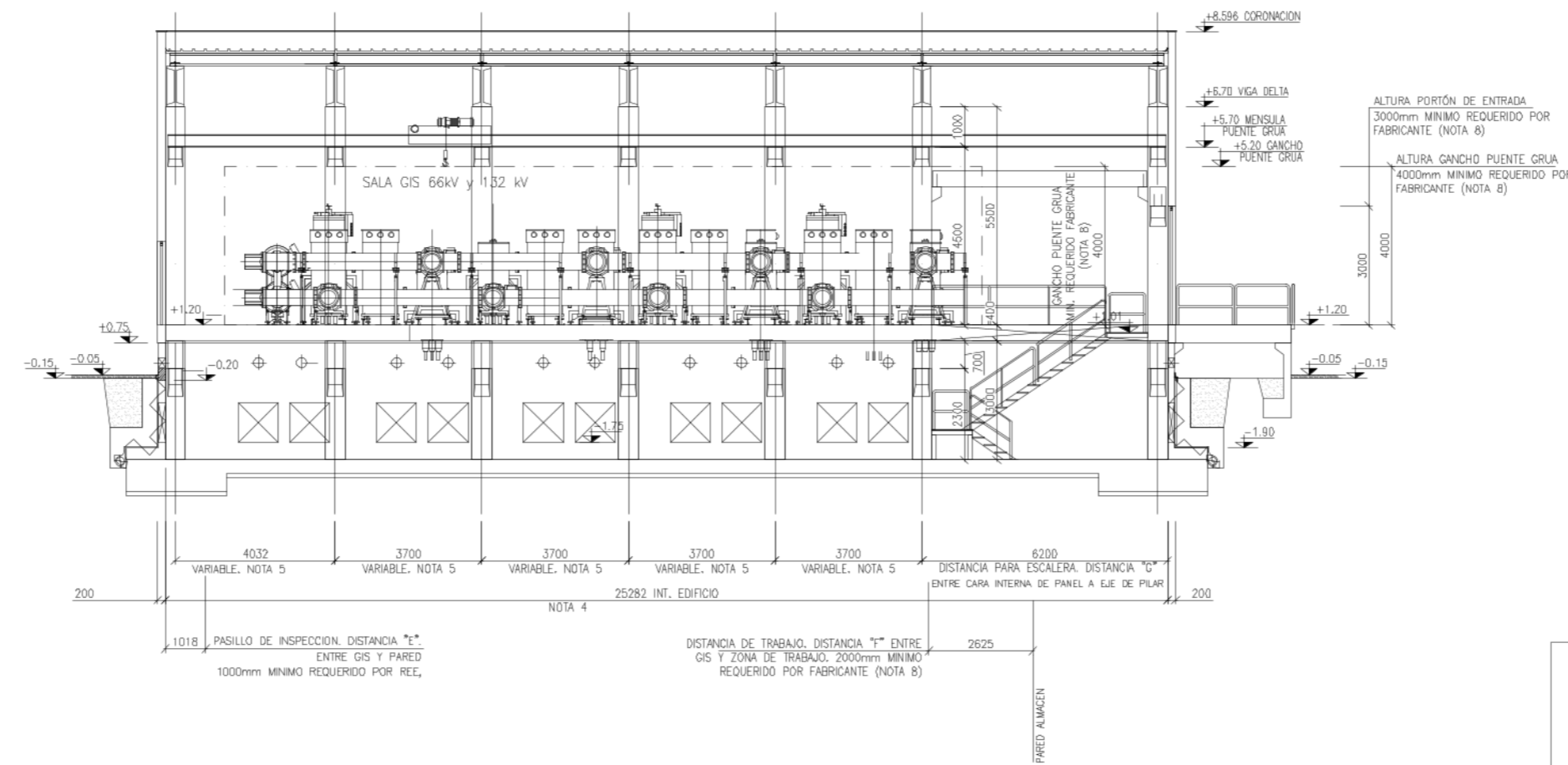
EDICIÓN	0	FECHA	OCT-24	PROYECTADO	R.H.A.	VERIFICADO	R.E.E.	DESCRIPCIÓN		VALIDO PARA PTA: 0		
								NUEVA SUBSTACION				
red eléctrica								INSTALACION	132 KV LITHICA	COORD. ETRS89		HUSO
								TÍTULO	PLANTA GENERAL TIERRAS SUPERIORES	J-0896-S3423		
										AZ	SIN ESCALA	
										Nº	P-LTH1000	HOJA 002

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad de capital mixto formada por el Estado español y las compañías eléctricas de España, S.A. El sistema de gestión de la calidad de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. está certificado por el organismo de certificación de sistemas de gestión de la calidad de España, S.A. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad de capital mixto formada por el Estado español y las compañías eléctricas de España, S.A. El sistema de gestión de la calidad de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. está certificado por el organismo de certificación de sistemas de gestión de la calidad de España, S.A.

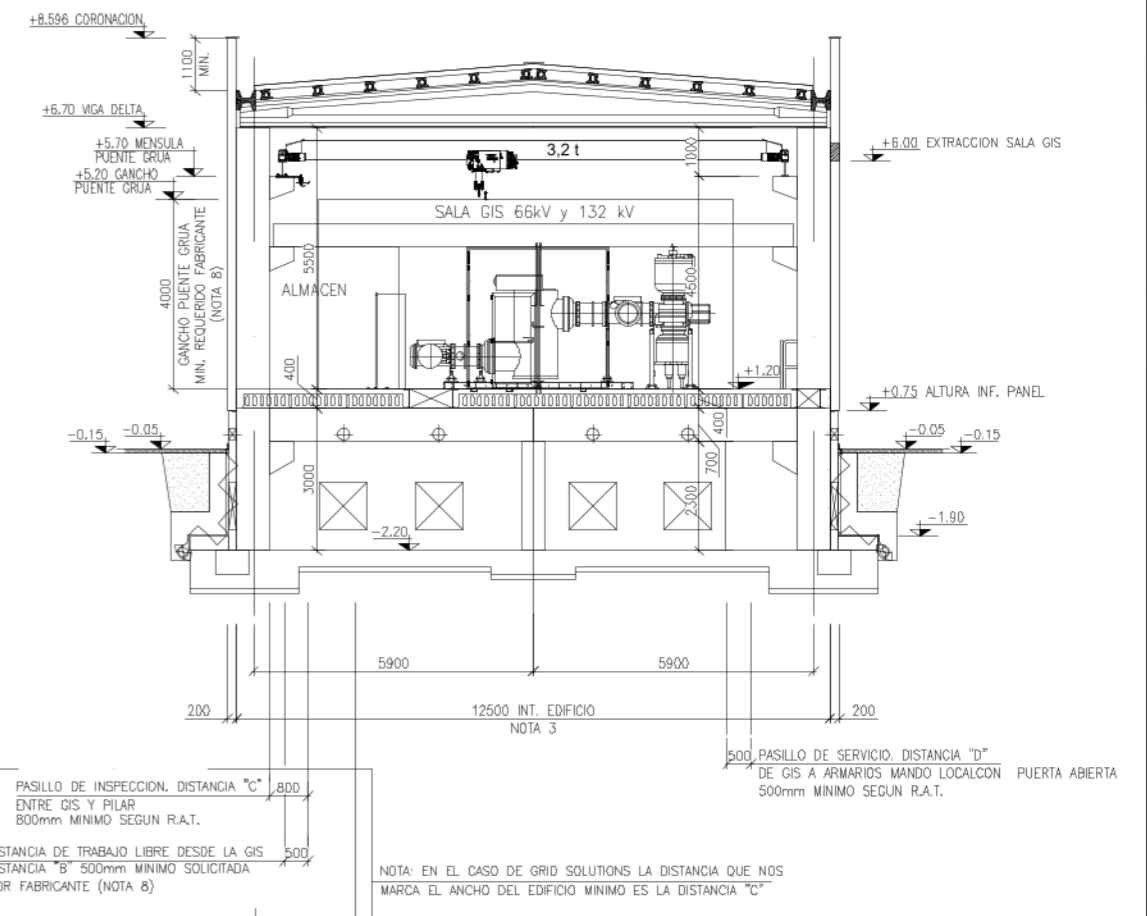


- NOTAS:
- LAS ESCALERAS ENTRE SALAS DE BASTIDORES Y SALAS GIS SOLO SON NECESARIAS EN EL CASO DE QUE LAS SALAS GIS ESTEN A COTA +1,20m (NORMALMENTE, SALAS GIS CON SOTANO).
 - SI LA INSTALACION CONSTA DE 15 BASTIDORES, EL CUADRO 48V Y AMBOS ARMARIOS OCTOELECTRICOS (OFTOx) SE UBICARAN EN LA ZONA DE LA CALLE 6.
 - SI LA INSTALACION CONSTA DE 18 BASTIDORES LA UBICACION DE LOS ARMARIOS SERA LA REPRESENTADA.
 - SE INDICA UBICACION DE BASTIDORES POR CALLE EN CASO DE CONFIGURACION EN INTERRUPTOR Y MEDIO.
 - SE INSTALARA UNA LINEA DE VIDA QUE CUMPLA LA NORMA UNE-EN 795-2012 EN TODAS LAS CUBIERTAS EN LAS QUE NO SE ASEQUIRE EN TODO EL PERIMETRO DE LA CUBIERTA LA ALTURA MINIMA REQUERIDA DE PETO DE PROTECCION INDICADA EN EL DOCUMENTO BASICO SUA1, SEGURIDAD FRENTE A RESGO DE CAIDAS, INCLUIRA UN CARRO DE LINEA DE VIDA POR TRAMO.

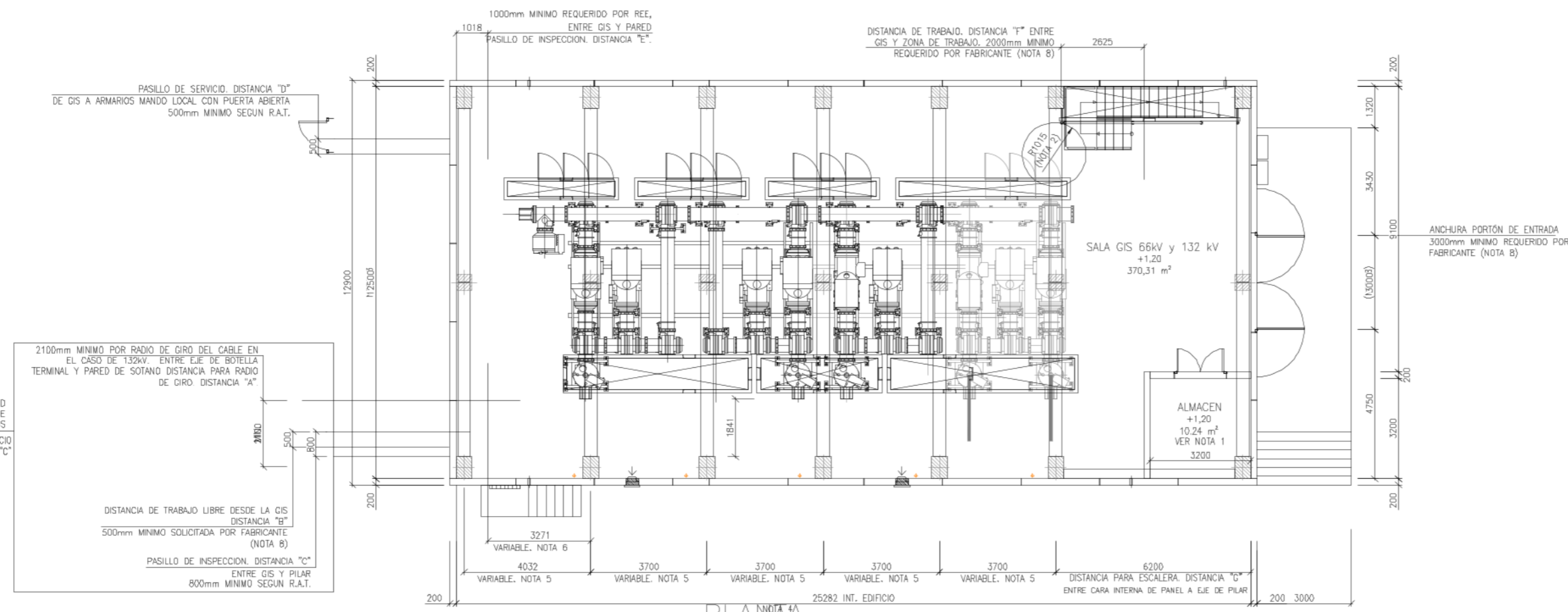
EDICION	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCION
0	DCT-24	RHA	R.E.E.	NUOVA SUBSTACION
INSTALACION 132 kV LITICA				
VALIDO PARA PTA. 0				COORD. EIRSES
COORD. EIRSES				MUSO
COORD. EIRSES				J-0806-53423
TITULO EDIFICIO DE CONTROL SUBSTACION TIPO GIS				A1 1:200
Nº P-LTH04003				INDIA 001



— SECCION LONGITUDINAL —



— SECCION TRANSVERSAL —



— PLANTA —

NOTA: EN EL CASO DE GRID SOLUTIONS LA DISTANCIA QUE MARCA EL ANCHO DEL EDIFICIO MÍNIMO ES LA DISTANCIA "C".

2100mm MÍNIMO POR RADIO DE GIRO DEL CABLE EN EL CASO DE 132kV. ENTRE EJE DE BOTELETA TERMINAL Y PARED DE SOTANO PARA RADIO DE GIRO. DISTANCIA "A".

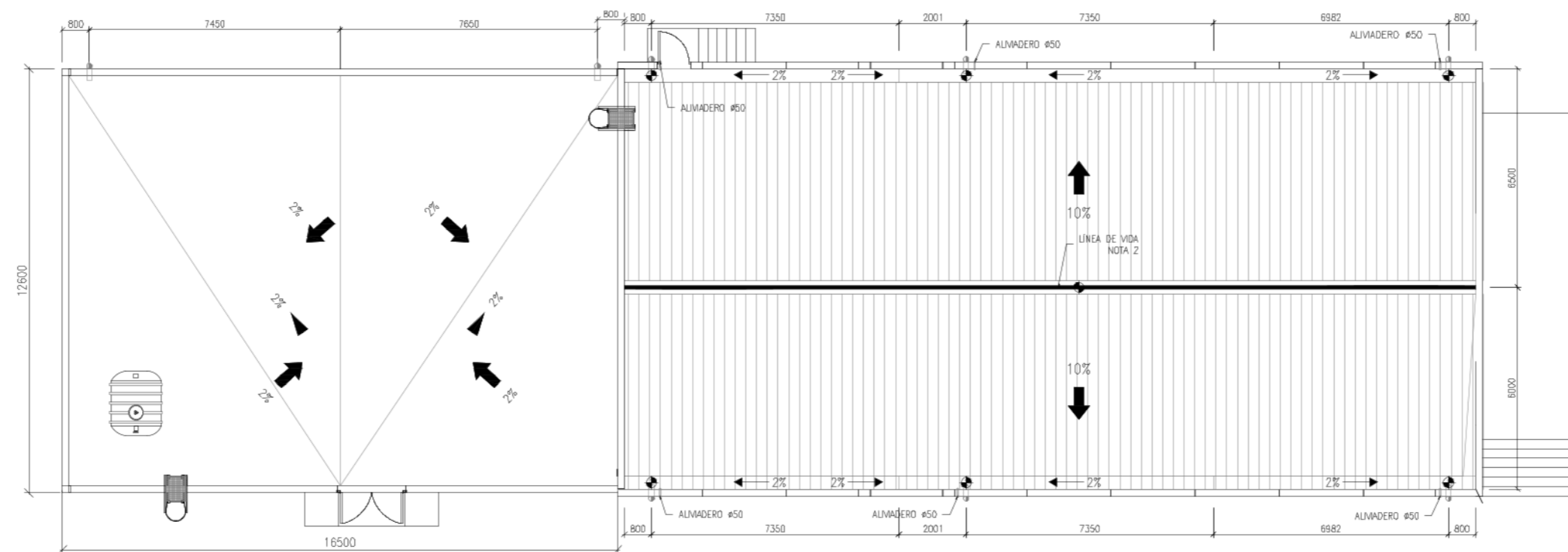
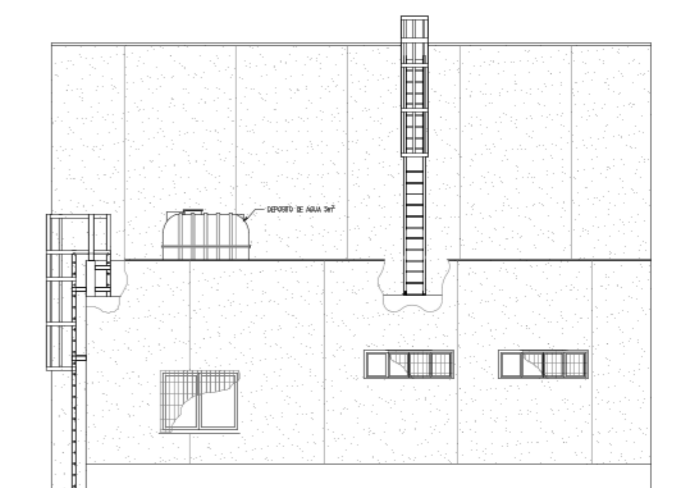
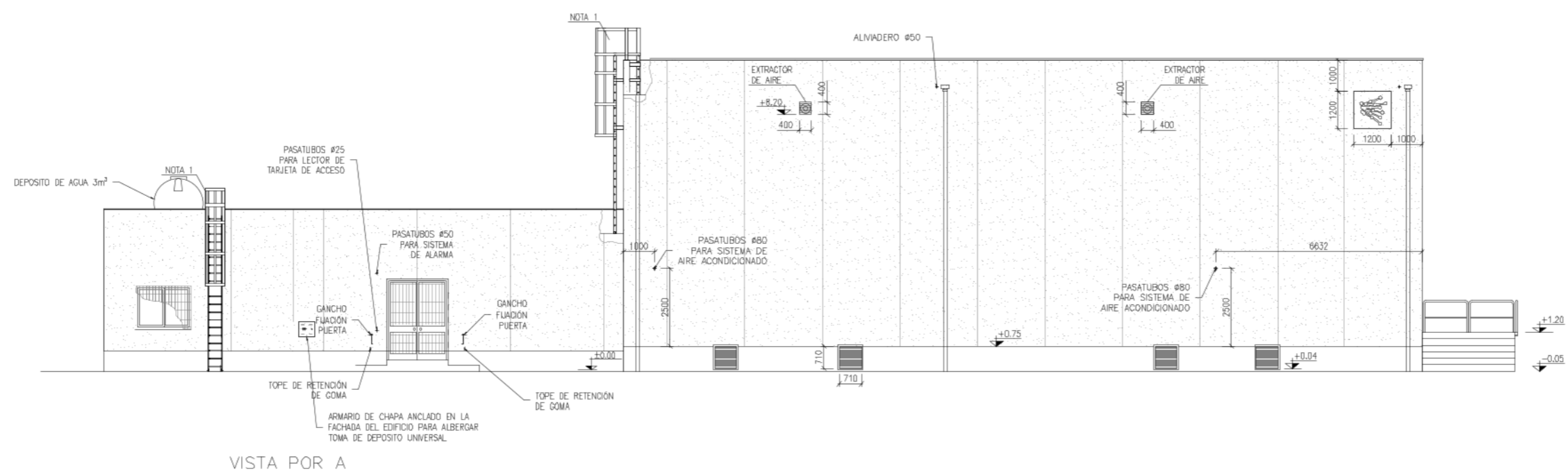
DISTANCIA DE TRABAJO LIBRE DESDE LA GIS DISTANCIA "E". 500mm MÍNIMO SOLICITADA POR FABRICANTE (NOTA 8).

PASILLO DE INSPECCION. DISTANCIA "C". ENTRE GIS Y PILAR 800mm MÍNIMO SEGUN R.A.T.

NOTAS:

- EL ALMACEN SIEMPRE SE COLOCARÁ EN EL LADO DE SALIDA DE CABLES.
- LAS COTAS MARCADAS CON ESTA NOTA SERÁN COMO MÍNIMO 800mm PARA PASO.
- ES EL SUMATORIO DE:
LCC (CON PUERTAS ABIERTAS) + DIST. "D" + GIS + DIST. "C" + PILAR
LA DISTANCIA RESULTANTE SE AJUSTARÁ AL ALZA HASTA CONSEGUIR UNA DISTANCIA MÚLTIPLO DE 100mm.
- ES EL SUMATORIO DE:
DIST. "E" + (N CELDAS GIS x ANCHO DE CELDA) + DIST. "C"
LA DISTANCIA RESULTANTE SE AJUSTARÁ AL ALZA HASTA CONSEGUIR UNA DISTANCIA MÚLTIPLO DE 100mm.
- LA DISTANCIA ENTRE EJES DE PILARES VARIARÁ DEPENDIENDO DE LA CONFIGURACIÓN DE LA GIS PARTICULAR DE LA INSTALACIÓN. SERÁ SIEMPRE MÚLTIPLO DE 50mm Y NUNCA SUPERIOR A 7000mm.
- ESTA DISTANCIA VARIARÁ DEPENDIENDO DE LA CONFIGURACIÓN DE LA GIS PARTICULAR DE LA INSTALACIÓN DE MANERA QUE ENTRE EL FINAL DE LA ÚLTIMA CELDA Y LA PARED SE GARANTICE LA DISTANCIA MÍNIMA "E".
- ESTA DISTANCIA VARIARÁ DEPENDIENDO DE LA CONFIGURACIÓN DE LA GIS PARTICULAR DE LA INSTALACIÓN DE MANERA QUE ENTRE EL FINAL DE LA ÚLTIMA CELDA Y LA PARED SE GARANTICE LA DISTANCIA MÍNIMA "E".
- ESTAS DISTANCIAS MÍNIMAS REQUERIDAS, ESTAN PENDIENTES DEL FABRICANTE (GE).
- LA UBICACIÓN DEL LCC EN LA DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA DEL FABRICANTE GIS NO COINCIDE CON LA REPRESENTADA EN ESTE PLANO. LA SOLUCIÓN FINAL CON LCC A PARED HA DE SER CONFIRMADA POR EL FABRICANTE.
- SE INSTALARÁ UNA LÍNEA DE VIDA QUE CUMPLA LA NORMA UNE-EN 795-2012 EN TODAS LAS CUBIERTAS EN LAS QUE NO SE ASEGURE EN TODO EL PERÍMETRO DE LA CUBIERTA LA ALTURA MÍNIMA REQUERIDA DE PISO DE PROTECCIÓN INDICADA EN EL DOCUMENTO BÁSICO SUI1, SEGURIDAD FRENTE A RESIDO DE CAIDAS. INCLUIRÁ UN CARRILLO DE LÍNEA DE VIDA POR TRAMO.

EDIFICIO	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	VALIDO PARA PIA. 0
red eléctrica				INSTALACIÓN 132 kV LITHICA	CODIGO: ETR088 HUBO
				TÍTULO: EDIFICIO DE CONTROL SUBESTACION TIPO GIS	CODIGO: J-0895-53423
					A1 1200
					Nº F-LH04001 NDAIA 001



NOTAS:
 1.- PARA ESCALERAS DE ALTURA SUPERIOR A 10 m. SE GENERARÁ UN DESCANSILLO CADA 6 m. SEGÚN LA NORMA EN14122-4.
 2.- SE INSTALARÁ UNA LÍNEA DE VIDA QUE CUMPLA LA NORMA UNE-EN 795-2012 EN TODAS LAS CUBIERTAS EN LAS QUE NO SE ASEGURE EN TODO EL PERÍMETRO DE LA CUBIERTA LA ALTIMA MÍNIMA REQUISOR DE PIEDO DE PROTECCIÓN INDICADA EN EL DOCUMENTO BÁSICO SIAL, SEGURIDAD FRENTE A RIESGO DE CAIDAS, INCLUIRÁ UN CARRO DE LÍNEA DE VIDA POR TRAMO.

EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	VALOR PARA PTA 0
01	007-24	AAA	BBB	132 KV LÍTHICA	
red eléctrica				TÍTULO	EDIFICIO TIPO CELDAS CIS ABB CUBIERTA PLANTA Y ALZADO
				CÓDIGO	ETIQUETA
				CÓDIGO	#-0896-53423
				A1	1000
				#	P-LTH04002
					INDIA.001



RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad de capital mixto, formada por el Estado español y las comunidades autónomas de España, a través de sus respectivos gobiernos. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad de economía mixta, formada por el Estado español y las comunidades autónomas de España, a través de sus respectivos gobiernos. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A. es una sociedad de economía mixta, formada por el Estado español y las comunidades autónomas de España, a través de sus respectivos gobiernos.

SUPERFICIES DE OCUPACIÓN					
Nº PARCELA DE PROYECTO	REFERENCIA CATASTRAL	SUPERFICIE PARCELA (m²)	OCUPACIÓN PLENO DOMINIO SUBESTACIÓN (m²)	SERVIDUMBRE DE ACCESO (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)
1	07015A01700123	78526	8177	390	2128

LEYENDA

- PARCELAS SEGÚN CATASTRO
- OCUPACIÓN DE PLENO DOMINIO SUBESTACIÓN REE
- SERVIDUMBRE DE ACCESO
- OCUPACIÓN TEMPORAL SERVIDUMBRE SUBESTACIÓN Y ACCESO

NOTAS: -
 1. COTAS EXPRESADAS EN METROS

0	OCT-24	R.H.A.	R.E.E.	NUEVA SUBESTACION	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
INSTALACIÓN		132 KV LITHICA		VALIDO PARA PTA: 0	
TÍTULO		RELACION DE BIENES Y DERECHOS		COORD.	ETRS89 HUSO
red eléctrica				CÓDIGO	J-0896-S3423
				AZ	SIN ESCALA
				Nº	P-LTHB_RBD HOJA 001

red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO

**Nueva subestación
LITHICA 132 kV**

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

1. PRESUPUESTO DESGLOSADO SUBESTACIÓN DE LITHICA 132 kV (en euros)

1.1.	Ingeniería de proyecto.....	103.000
	1.1.1. Ingeniería	100.000
	1.1.2. Tramitaciones.....	3.000
1.2.	Materiales	3.266.100
	1.2.1. Aparamenta y materiales de alta tensión.....	2.483.000
	Interruptores.....	181.000
	Seccionadores.....	43.000
	Embarrados y aisladores.....	9.000
	Transformadores y pararrayos.....	120.000
	Reactancias.....	780.000
	Equipos blindados	1.350.000
	1.2.2. Protecciones, control y comunicaciones	794.100
	Bastidores, cuadros y convertidores.....	165.000
	Sistemas de control.....	205.000
	Sistemas de comunicación.....	11.000
	Protecciones.....	131.000
	Servicios auxiliares, baterías y alumbrado.....	250.000
	Cables	32.100
	1.2.3. Estructura metálica.....	39.000
1.3.	Construcción.....	1.429.000
	1.3.1. Obra civil de parque	580.000
	1.3.2. Montaje electromecánico.....	580.000
	1.3.3. Prueba y puesta en servicio	47.000
	1.3.4. Servicios diversos.....	222.000
	Servicios auxiliares de obra.....	70.000
	Supervisión construcción.....	105.000
	Almacenamiento y transporte	20.000
	Seguridad/vigilancia	27.000
	TOTAL, PRESUPUESTO 1.....	4.798.100 euros

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COLIMI, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: https://www.colim.es/Verificacion, Cod.Ver: 99972871.



2. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL (en euros)

2.1. Seguridad y salud laboral 11.688

TOTAL, PRESUPUESTO 2.....11.688 euros

3. PRESUPUESTO DE MEDIO AMBIENTE (en euros)

3.1. Gestión de residuos nueva posición 3.043

TOTAL, PRESUPUESTO 2.....3.043 euros

4. PRESUPUESTO CIRCUITOS A MÁQUINAS (en euros)

4.1. Circuitos de 132 kV..... 1.500.000

TOTAL, PRESUPUESTO 4.....1.500.000 euros

5. PRESUPUESTO TOTAL

5.1 SUBESTACIÓN.....**4.798.100 euros**

5.2 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....**11.688 euros**

5.3 MEDIO AMBIENTE.....**3.043 euros**

5.4 CIRCUITOS A MÁQUINAS.....**1.500.000 euros**

TOTAL 6.312.831 EUROS

El presupuesto total de la Nueva subestación LITHICA 132 kV asciende a **SEIS MILLONES TRES CIENTOS DOCE MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y UN EUROS.**

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España SAU.





**PROYECTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO**

**Nueva subestación
LITHICA 132 kV**

DOCUMENTO 5

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

<https://cey.ceib.es/consejofront/view.xhtml?hash=50e140e56eeff55096ee82de45f5517324478763fc255776922868e9e7ee6ee>

Índice

1. OBJETO	3
2. NORMATIVA VIGENTE.....	4
3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS	5
4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO	6
5. RESULTADOS	11
6. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	13
7. CONCLUSIONES.....	14
8. REFERENCIAS	15

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod. Ver: 99972871.



1. OBJETO

El objeto de este estudio es estimar las emisiones de campo magnético en el exterior accesible por el público del parque de 132 kV, con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento de la subestación pueden alcanzarse en su entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

El cálculo se circunscribe al parque de 132 kV según se observa en la figura 4.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod. Ver: 99972871.



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 aparamenta 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 den 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.

Registro Oficial de Empresas Industriales de Madrid (I.S.I.) No. 2025/01070 Fecha Visión: 07/10/2025 Firmado Electrónicamente por el COIIM.
No. Registro: 11729 No. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JORDAN DAVIDAU. Para comprobar su validez: <http://www.coiim.es/Verificacion>. Cod. Ver.: 99972871.



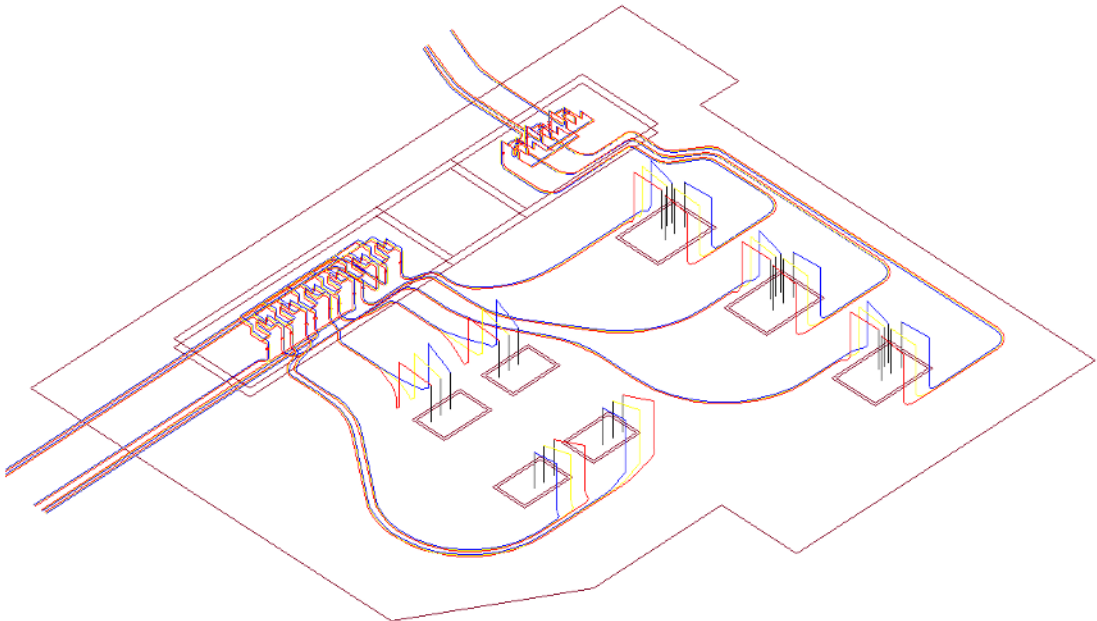
4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO

El parque de 132-66 kV GIS del proyecto tipo tiene las siguientes características:

Nivel de 132 kV.

- TipoBlindada aislada en SF6
- TopologíaInterruptor y medio
- Posiciones de línea3
- Posiciones de transformador.....3
- Posiciones de barras2

El estado de carga considerado consiste en considerar los tres transformadores 132 kV a su potencia máxima, siendo el flujo de potencia del nivel de 132 kV. Las líneas de 1 y 2 de 132 kV aportan su potencia máxima, la línea 3 el resto, hasta completar la total de los tres transformadores.



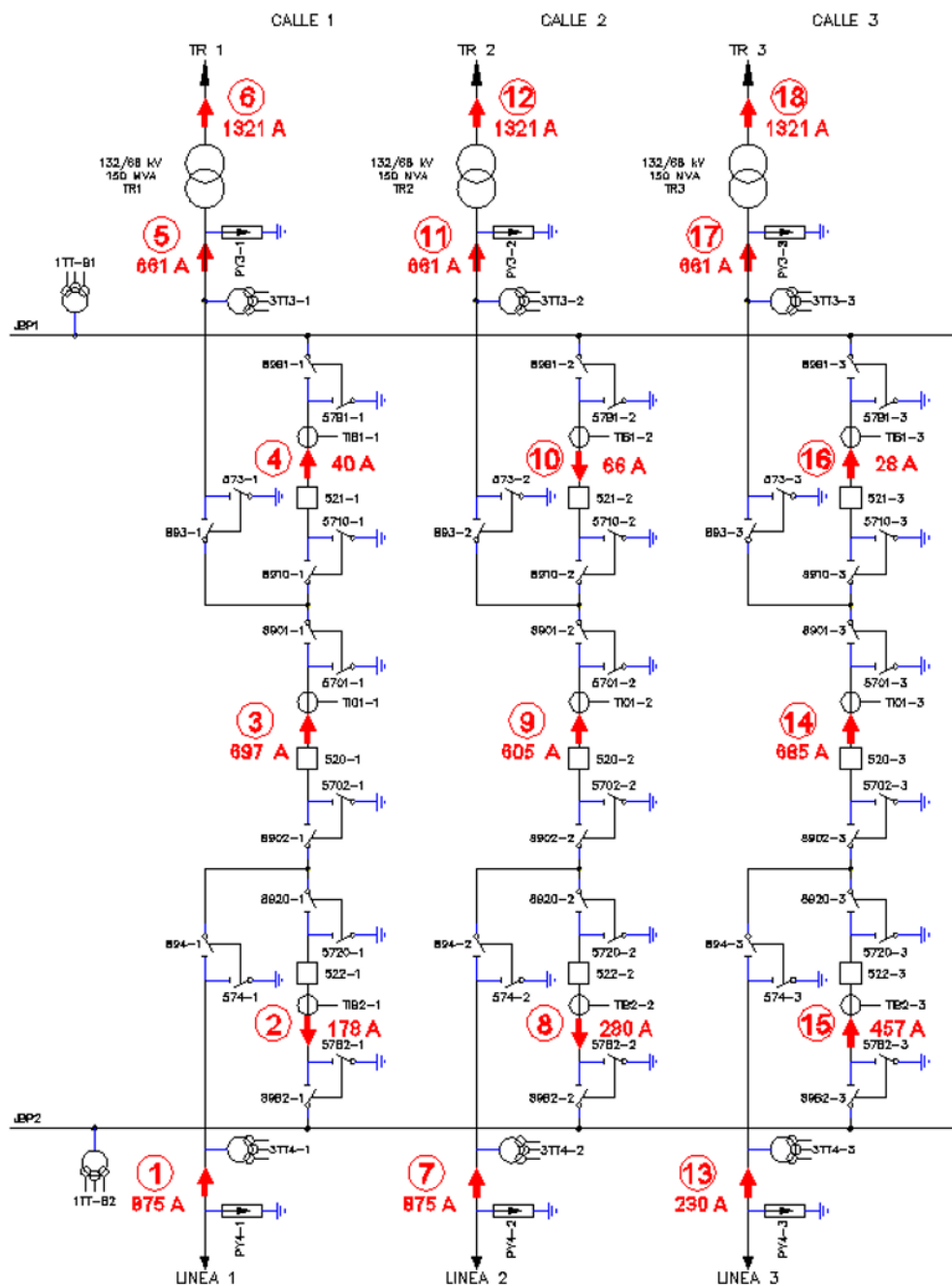


Fig 2: Unifilar con intensidades consideradas 132 kV.



Las intensidades consideradas en el nivel de 132 kV, para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN O TRAMO	RE	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
TRAFO 1 132 kV	5	661 ⁽²⁾	-7.6	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 132 kV	11	661 ⁽²⁾	-7.6	Trifásica equilibrada
TRAFO 3 132 kV	17	661 ⁽²⁾	-21.4	Trifásica equilibrada
LÍNEA 1	1	875 ⁽¹⁾	-10.1	Trifásica equilibrada
LÍNEA 2	7	875 ⁽¹⁾	-10.1	Trifásica equilibrada
LÍNEA 3	13	230	-28.4	Trifásica equilibrada
CALLE 1 - BARRAS 1	4	40	-29.9	Trifásica equilibrada
CALLE 1	3	697	-8.8	Trifásica equilibrada
CALLE 1 - BARRAS 2	2	178	-14.9	Trifásica equilibrada
CALLE 2 – BARRAS 1	10	66	-38.7	Trifásica equilibrada
CALLE 2	9	605	-4.4	Trifásica equilibrada
CALLE 2 – BARRAS 2	8	280	-22.5	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 1	16	28	-51.1	Trifásica equilibrada
CALLE 3	14	685	-22.5	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 2	15	457	-19.6	Trifásica equilibrada

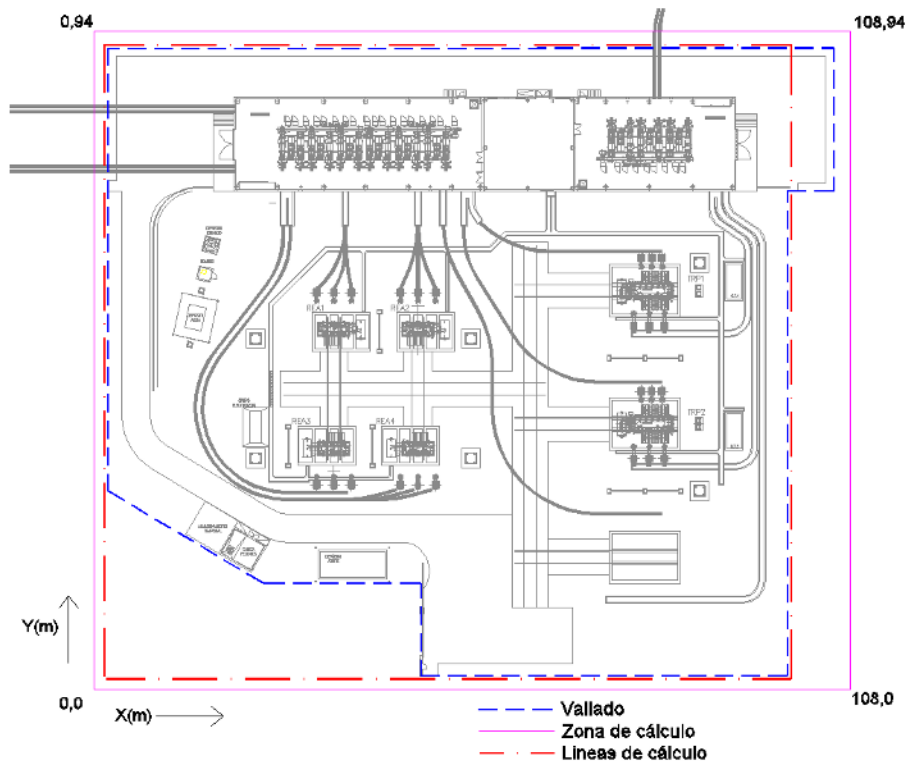
1. Intensidad correspondiente a la capacidad de transporte máxima de la línea, 200 MVA.
2. Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador, 150 MVA.

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa estas medidas son:

1. Las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación permite reducir los niveles de exposición al público en general fruto de la disminución del campo magnético con la distancia.
2. Las posiciones de los niveles de tensión de 132 y 66kV se ubican, en el interior de un edificio, en
3. celdas blindadas, cuya carcasa disminuye notablemente el campo magnético en el exterior. Los conductores de 132 y 66kV están constituidos en su totalidad por cables aislados secos con pantalla metálica exterior. Esto permite reducir el campo magnético exterior tanto por la propia pantalla como por el tendido de los cables en forma de tresbolillo, En el cálculo se ha utilizado una disposición plana para considerar el caso más desfavorable.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Código: 49972871.





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 132 kV, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del parque de 132 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 5, 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 salida de las líneas de 66 kV, siendo de 32.19 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 18, correspondiendo a una separación de 5.4 x 5.53 m. La resolución utilizada para el cálculo es de 0.2 m.



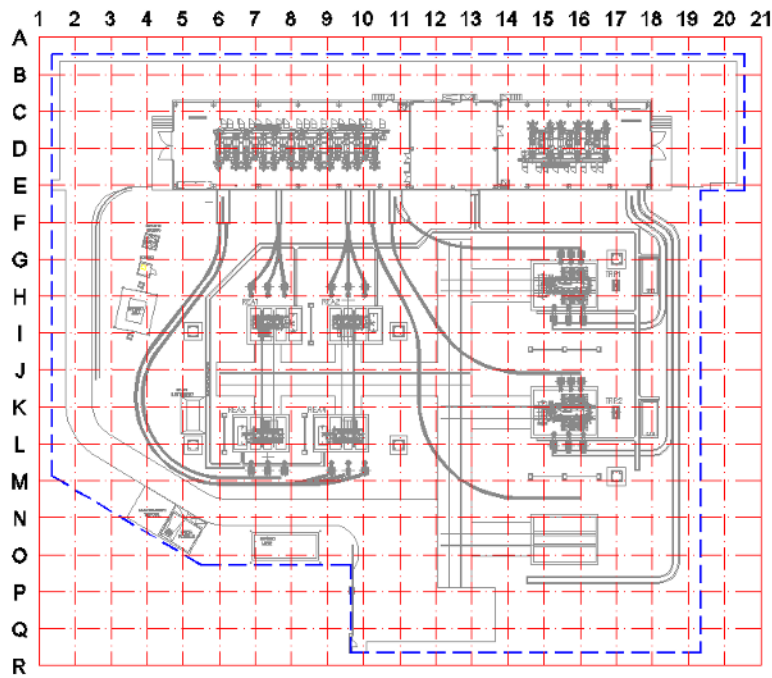


Fig 6: Cuadrícula para resumen de los resultados



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	4	1	0	0	0
B	1	1	1	1	1	1	2,00	1	1	0	0	0	1	4	2	4	1	0	0	0
C	22	22,70	22,69	22,67	22,59	22,46	23,48	23,87	7	1	1,13	1	7	2	3	1	0	0	0	0
D	4	4,09	4,10	4,11	2	1	4	2	8,43	1	1	4	26,51	7	2	1	0	0	0	0
E	17	17,69	17,70	17,71	17,80	2	2	43,30	3	3	2	3,47	10,64	11,50	2	0	0	0	0	0
F	1	1	1	1	1	5	2	3,11	20,45	8,37	4,24	1	1	8	2	5	1	0	0	0
G	0	0	0	0	1	5,11	9,09	8,82	1	2	1	1	2	5	81	1	1	1	1	0
H	0	0	0	0	2,87	5	2	3	6	2	1	4,15	21,98	1	1	1	1	1	0	0
I	0	0	0	1	4	1	3	2	2	4	1	1	6,62	4	12	6	1	1	1	0
J	0	0	0	6	1	0	1	1	1	2	7,33	19,17	2	12	9	8	1	1	0	0
K	0	0	0	5	0	0	1	1	1	1	6,41	8,84	3,68	2	3	10,91	1	1	0	0
L	0	0	0	5	1	2	6,77	4,54	3,72	5,63	1	3,99	4	12	14,04	9	1	0	0	0
M	0	0	0	0	4,64	4	2	2	3	2	8	1	8	2	3	8,69	7	1	0	0
N	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	1	4	9	4	13	1	4	6	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	3	1	5	6	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	0	0	1	3	2	5	2,96	1	0	0	0
Q	0,04	0	0	0	0	0	0	0,20	0	0	0	0	1	3,32	2	1	0	0	0	0
R	0,03	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Fig 7: 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 132 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 μ T., 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.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visado: Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNÉAU. Para comprobar su validez: https://www.colim.es/Verificacion. Cod.Ver: 99972871.



7. CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado por la actividad del parque de 132 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 μ T para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



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, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

David González Jouanneau

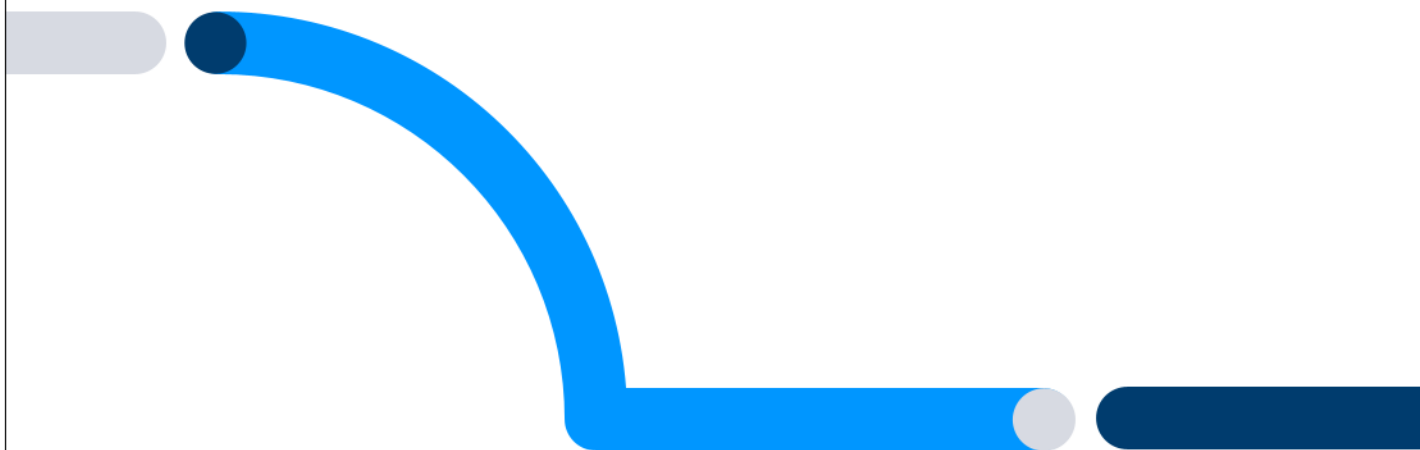
Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España SAU.



red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

Nueva subestación LITHICA 132 kV

DOCUMENTO 6

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
Octubre de 2025



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç:

<https://cey.ceib.es/consejofront/view.xhtml?hash=59e149e56eeff55996ee82de45f5517324478763fc255776922868e9e7ee6ee>

Índice

1. OBJETO.....	3
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. AFECCIONES	5
4. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHS AFECTADOS POR LA SUBESTACIÓN.....	6
5. PLANOS PARCELARIOS	7

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202504073, Fecha Visado: 20/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod.Ver: 99972871.



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 Ejecución 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. asumirá la condición de entidad beneficiaria.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



2. JUSTIFICACIÓN

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. (en adelante 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 nueva subestación LITHICA 132kV sita en término municipal de Ciutadella de Menorca, provincia de Islas Baleares, dentro de la Comunidad Autónoma de Islas Baleares.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



3. AFECCIONES

El establecimiento de la Nueva subestación LITHICA 132 kV, requiere la expropiación de los bienes y derechos necesarios de:

- La expropiación permanente o del pleno dominio de la superficie de terreno ocupado por la nueva subestación.
- Imposición de servidumbre de paso para personas y vehículos sobre el terreno ocupado por el camino de acceso a la nueva subestación.
- La ocupación temporal de los terrenos necesarios para movimiento de maquinaria y acopio de material en la fase de ejecución de obra.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202504073. Fecha Visado: 20/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod.Ver: 99972871.



4. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHS AFECTADOS POR LA SUBESTACIÓN

La construcción de la Nueva subestación LITHICA BALEARES 132 kV, supone la afección, en los términos legalmente previstos, de la parcela que se indica en la relación que figura en el cuadro adjunto y que a su vez queda reflejado en los planos de proyecto nº P-LTHB_RBD, incluido en el Documento nº 4 Planos.

En dicha relación de bienes y derechos se incorporan, en su caso a efectos meramente indicativos los bienes y derechos a cargo de las distintas administraciones y organismos, que pudieran resultar afectados por la instalación.

NUEVA SUBESTACIÓN DE LITHICA 132 kV

Los Organismos Oficiales se incluyen con caracter informativo.

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS DE SUBESTACIÓN

T.M. CIUDADELLA DE MENORCA (ILLES BALEARS)

Parcela Proyecto	Propietario	Referencia Catastral	Poligono	Parcela	Superficie parcela (m ²)	Ocupación Pleno dominio Subestación (m ²)	Servidumbre de acceso (m ²)	Ocupación Temporal (m ²)	Naturaleza del terreno
1	MESQUIDA CARRETERO, JUANA MESQUIDA CARRETERO, ESTEVE	07015A01700123	17	123	78.526	8177	390	2128	Agrario



5. PLANOS PARCELARIOS

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS (RBD): P-LTHB_RBD Incluido en el Documento nº3 Planos

Madrid, octubre de 2025
El Ingeniero industrial



David González Jouanneau
Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España SAU.





Govern de les Illes Balears

DOCUMENT ELECTRÒNIC

ADREÇA DE VALIDACIÓ DEL DOCUMENT

INFORMACIÓ DEL SIGNANT

Signant

ELENA PAULA YUNTA HERNANDO

(En representació de COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID amb NIF / CIF Q2870010B)

Data signatura: 20-10-2025 14:52:25 GMT+0200

"Data signatura" és la data que tenia l'ordinador del signant en el moment de la signatura

Signant

DAVID GONZALEZ JOUANNEAU

"Data signatura" és la data que tenia l'ordinador del signant en el moment de la signatura

Firma amb segell de temps: 03-11-2025 07:26:32 GMT+0100

Nom del document: v4_PTA_LITHICA_132kV__visado_.pdf

Versió NTI: <http://administracionelectronica.gob.es/ENI/XSD/v1.0/documento-e>

Tipus de document: Altres

Estat elaboració: Altres

Òrgan: A04003003

Data captura: 03-11-2025 07:22:56 GMT+0100

Origen: Administració

Tipus de signatura: Pades

Pàgines: 154



Aquesta és una còpia autèntica imprimible d'un document electrònic. Podeu comprovar la seva validesa al següent enllaç: