

Nº Proyecto: CDP200639
Referencia: SFF0026_1
LCA/LCL: 6300874410

PROYECTO DE EJECUCIÓN

**DE REFORMA LÍNEA MEDIA TENSIÓN 25 KV
“MONTORO_1” DE S.E. “VILLARIO”
ENTRE APOYOS A547593 Y A547547, SITO EN MONTORO,
EN EL T.M. MONTORO (CÓRDOBA).
(CÓDIGO PLAN: SFF0026)**

COORDENADAS UTM

ETRS89

HUSO: 30

APOYO 01 (A547593)

X(m): 375.041

Y(m): 4.208.128

COORDENADAS UTM

ETRS89

HUSO: 30

A547547

X(m): 377.913

Y(m): 4.208.724

Córdoba, Febrero de 2021

DECLARACIÓN RESPONSABLE DEL/DE LA TÉCNICO/A COMPETENTE AUTOR/A DE TRABAJOS PROFESIONALES

Resolución de la Dirección General de Industria, Energía y Minas por la que se establece el modelo de declaración responsable del técnico competente autor de trabajos profesionales presentados en los procedimientos administrativos en materia de industria, energía y minas

1 IDENTIFICACIÓN DEL/DE LA TÉCNICO/A COMPETENTE AUTOR/A DEL TRABAJO PROFESIONAL							
NOMBRE Y APELLIDOS:						NIF/NIE:	
DOMICILIO A EFECTOS DE NOTIFICACIÓN:							
TIPO DE VÍA		NOMBRE DE LA VÍA					
KM EN LA VÍA	NÚMERO	ESCALERA	PLANTA	LETRA	BLOQUE	PORTAL	PUERTA
PAÍS		PROVINCIA		MUNICIPIO			C. POSTAL:
							□ □ □ □
TITULACIÓN:				ESPECIALIDAD			
UNIVERSIDAD:							
COLEGIO PROFESIONAL AL QUE PERTENECE:						Nº DE COLEGIADO/A:	

2 DATOS DEL TRABAJO PROFESIONAL
TIPO Y CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO PROFESIONAL:
TÍTULO DEL DOCUMENTO TÉCNICO PRESENTADO ANTE ESTA ADMINISTRACIÓN:
FECHA DE ELABORACIÓN DEL TRABAJO:

3 DECLARACIÓN RESPONSABLE
<p>El/La abajo firmante, cuyos datos identificativos constan en el apartado 1, DECLARA bajo su responsabilidad que, en la fecha de elaboración y firma del documento técnico cuyos datos se indican en el apartado 2.</p> <p>1.- Estaba en posesión de la titulación indicada en el apartado 1.</p> <p>2.- Dicha titulación le otorgaba competencia legal suficiente para la elaboración del trabajo profesional indicado en el apartado 2.</p> <p>3.- Se encontraba colegiado/a con el número y en el colegio profesional indicados en el apartado 1.</p> <p>4.- No se encontraba inhabilitado para el ejercicio de la profesión.</p> <p>5.- Conoce la responsabilidad civil derivada del trabajo profesional indicado en el apartado 2.</p> <p>6.- El trabajo profesional indicado en el apartado 2 se ha ejecutado conforme a la normativa vigente de aplicación al mismo.</p> <p>En a de de</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Fdo.: _____</p>

ILMO/A. SR/A. DELEGADO/A TERRITORIAL DE LA CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPLEO EN

PROTECCIÓN DE DATOS

Los datos de carácter personal contenidos en este impreso podrán ser incluidos en un fichero para su tratamiento por este órgano administrativo como titular responsable del fichero, en el uso de las funciones propias que tiene atribuidas y en el ámbito de sus competencias. Asimismo, se le informa de la posibilidad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición, todo ello de conformidad con lo dispuesto en el artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos de carácter Personal (BOE nº 298, de 14/12/1999)



002050

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA LÍNEA MEDIA TENSIÓN 25 KV
"MONTORO_1" DE S.E. "VILLARIO"
ENTRE APOYOS A547593 Y A547547, SITO EN MONTORO,
EN EL T.M. MONTORO (CÓRDOBA).**

Emplazamiento:

Sito en paraje de la Capilla y paraje Bermejales, en el T.M. de Montoro.

Encargado por:

EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U.

C.I.F.: B-82.846.817

Domicilio social en: Calle Ribera del Loira nº 60. Madrid

A efecto de notificaciones con domicilio en Carretera del Aeropuerto km 2,5

CP: 14004 (Córdoba).

Redactado por:

Tiburcio Cañadas Olmo

DNI: 80.159.034-D

Nº Colegiado: 2.931 del Colegio Ingenieros Técnicos Industriales de Córdoba

Razón social: Gabeltel Ingenieros e Ingenieros Emetres SLP UTE Andalucía

Avda. Portugal, 2. 21001 Huelva

Línea aérea de media tensión:

1. Tipo	Línea aérea de media tensión
2. Finalidad	Reforma de Línea Aérea de Media Tensión existente.
3. Origen	Tramo 1: Apoyo 01 (A547593) Tramo 2: Apoyo15 Tramo 3: Apoyo A547547
4. Final	Tramo 1: Apoyo A547547 Tramo 2: PT 41681 Tramo 3: Apoyo A547438
5. T.M. afectados	Montoro
6. Tensión	25 kV
7. Longitud Total	Tramo 1: 3.230 metros por traza existente. Tramo 2: 23 metros por traza existente. Tramo 3: 80 metros por traza existente.
8. Cadena eléctrica	VILLARIO/25/MONTORO_1
9. Tipo de conductor	Tramo 1: LA-110 (94-AL1/22-ST1A) Tramo 2: LA-56 (47-AL1/8-ST1A) Tramo 3: LA-56 (47-AL1/8-ST1A)
10. Sección	Tramo 1: 116,2 mm ² Tramo 2: 54,6 mm ² Tramo 3: 54,6 mm ²
15. Tipo de suelo afectado	Suelo No Urbano
Observaciones:	
Se proyecta la reforma de línea aérea a 25 kV, en sustitución de LAMT existente.	
El tramo de línea de media tensión "MONTORO_1" hacia donde llega la nueva línea aérea de media tensión objeto de este proyecto, se encuentra regularizado en el contexto del RD.337/2014 bajo el expediente AT-R .	

Documentos del Proyecto

- 1.- Memoria**
- 2.- Cálculos Justificativos**
- 3.- Planos**
- 4.- Pliego de Condiciones técnicas**
- 5.- Presupuesto**
- 6.- Estudio de Seguridad y Salud**
- 7.- Estudio de Gestión de Residuos**

Documento 1

MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1	Objeto del Proyecto.....	8
2	Titular de la Instalación	8
3	Descripción de la Propuesta	8
4	Antecedentes y tramitación administrativa	10
5	Reglamentación y Normativa	10
5.1	Normas y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento.....	12
6	Emplazamiento.....	18
6.1	Clasificación del suelo.....	19
7	Características eléctricas de la instalación.....	20
8	Descripción del trazado.....	21
9	Tramitación ambiental de la instalación	21
10	Criterios generales de diseño	21
11	Elementos de las Líneas Aéreas de MT	22
11.1	Apoyos	22
11.1.1	Tipologías de apoyo.....	22
11.1.2	Apoyos metálicos de celosía	23
11.1.3	Apoyos de hormigón	23
11.1.4	Apoyos de chapa plegada.....	23
11.2	Armados.....	23
11.2.1	Semicrucetas atirantadas	24
11.2.2	Crucetas de bóveda	24
11.2.3	Dimensiones de los apoyos y armados	25
11.3	Conductores	25
11.4	Aislamiento.....	26
11.4.1	Aisladores compuestos o poliméricos	27
11.4.2	Aisladores de vidrio.....	27
11.5	Herrajes.....	27
11.6	Empalmes en el conductor	28
11.7	Piezas de conexión	29
11.7.1	Terminales	29
11.7.2	Piezas de Derivación	30
11.8	Dispositivos antiescalamiento	30

11.9	Accesorios	31
11.9.1	Amortiguadores.....	31
11.9.2	Dispositivos de protección avifauna.....	31
11.9.3	Balizas.....	32
11.9.4	Placas de señalización.....	32
11.10	Aparamenta	32
11.10.1	Seccionador unipolar.....	33
11.10.2	Seccionador trifásico.....	33
11.10.3	Interruptor seccionador SF6.....	33
11.10.4	Cortacircuitos fusibles.....	33
11.11	Protecciones	33
11.11.1	Protección de sobretensiones.....	33
12	Cimentaciones	34
13	Puesta a Tierra de los apoyos	34
13.1	Electrodos de Puesta a Tierra.....	35
13.2	Línea de tierra.....	36
13.3	Clasificación de los apoyos según su ubicación.....	37
13.4	Sistemas de puesta a tierra.....	38
13.4.1	Apoyos no frecuentados.....	38
13.4.2	Apoyos frecuentados.....	38
14	Medidas de protección de la avifauna	39
15	Distancias de Seguridad	41
15.1	Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas.....	41
15.2	Distancia de los conductores entre sí.....	42
15.3	Distancias de los conductores al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables.....	42
15.4	Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación.....	43
15.4.1	Cruzamientos.....	43
15.4.2	Paralelismos.....	44
15.4.3	Distancias a carreteras.....	44
15.4.4	Cruzamientos con carreteras.....	44
15.5	Distancias a ferrocarriles sin electrificar.....	44
15.6	Cruzamientos con ferrocarriles sin electrificar.....	44
15.7	Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses.....	45
15.8	Cruzamientos con teleféricos y cables transportados.....	45
15.9	Distancias a teleféricos y cables transportados.....	45
15.10	Distancias a ríos y canales, navegables o flotables.....	45
15.11	Paso por bosques y masas de arbolado.....	45

15.12	Distancias a edificios, construcciones y zonas urbanas	46
16	Afectaciones de la línea proyectada.....	47
17	Normativa de referencia.....	49
17.1	Normas EDE:	49
17.2	Normas UNE, EN, IEC:	50
18	Siglas.....	51
19	Criterios de planificación y ejecución del proyecto.	52
19.1	Alcance temporal	52
20	Organismos afectados.....	52
21	Conclusiones	52

1 Objeto del Proyecto

EDISTRIBUCIÓN proyecta la reforma consistente en la sustitución de LAMT 25kV existente conductor LA-30 por conductor LA-110, de un tramo de la línea de media tensión "MONTORO1" procedente de la subestación "VILLARIO", entre los apoyos 01 (A547593) - A547547, garantizando condiciones técnicas y de seguridad en instalaciones eléctricas prescritas por la normativa vigente.

Con el presente proyecto se pretende establecer las características a que habrá de ajustarse dicha instalación, con el fin de obtener Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción por parte del Servicio Provincial de Industria de Córdoba.

2 Titular de la Instalación

El titular y propietario de la instalación objeto del presente proyecto es la empresa distribuidora EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U., con C.I.F. B-82846817 y domicilio social en Calle Ribera del Loira nº 60. Madrid, a efectos de notificaciones en Carretera del Aeropuerto km 2,5. CP 14004 (Córdoba).

3 Descripción de la Propuesta

La nueva línea de media tensión discurre por el término municipal de Montoro (Córdoba).

El proyecto consiste en la ejecución de:

L.A.M.T.

LINEA AÉREA "MONTORO1" TRAMO 1 (01 – A547547):

- Instalación de 27 apoyos de celosía RU o similar, en simple circuito. Desde el apoyo 01 hasta el apoyo A547547 se realizarán en montaje tresbolillo. El esfuerzo y altura de cada apoyo viene definido en el documento cálculos del presente proyecto.
- Tendido de 3.230 metros con nuevo conductor LA-110, entre el apoyo 01 a sustituir y el apoyo A547547 a sustituir.

- Se instalarán seccionadores unipolares así como antiescalo de obra y puesta a tierra para apoyo frecuentado en los apoyos 01 y A547547 a sustituir.
- El vano LA-30 existente entre el apoyo A547585 - A547617 se reinstalará al apoyo A547585 a sustituir (02) manteniendo el tense actual.
- El vano LA-30 existente entre el apoyo A547579 - A547616 se reinstalará al apoyo A547579 a sustituir (09) manteniendo el tense actual.
- El vano LA-30 existente entre el apoyo A547576 – PT 41699 se reinstalará al apoyo A547576 a sustituir (11) manteniendo el tense actual.
- Se realizará el forrado de grapas y conductores en los puentes de amarre con conductores recubiertos no apantallados del tipo CCX 117-AL3 WK 25 kV.
- En los apoyos de ángulo y alineación se instalará la puesta a tierra para apoyo no frecuentado.
- Se retiraran 17 apoyos metálicos y 15 apoyos de hormigón.

LINEA AÉREA “MONTORO1” TRAMO 2 (15 – PT 41689):

- Sustitución de conductores vano LA-56 entre nuevo 15 (A547568) y PT 41681 existente, se realizará con tense flojo.

LINEA AÉREA “MONTORO1” TRAMO 3 (A547547 – A547438):

- Tendido de 80 metros con nuevo conductor LA-56, entre el apoyo A547547 a sustituir y el apoyo A547438 existente.
- El vano LA-56 existente entre el apoyo A547439 - A547547 se reinstalará al apoyo A547547 a sustituir manteniendo el tense actual.

4 Antecedentes y tramitación administrativa

El tramo de línea de media tensión "MONTORO1" desde donde parte la nueva línea aérea de media tensión objeto de este proyecto, se encuentra regularizado en el contexto del RD.337/2014 bajo el expediente **AT-R**.

Teniendo en cuenta los argumentos presentados, el técnico que suscribe solicita que la tramitación del expediente de legalización de la obra definida se realice según 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.

5 Reglamentación y Normativa

El diseño y reforma de la LAMT a los que se refiere el presente Proyecto deberán cumplir lo que se establece en las siguientes Disposiciones y Reglamentos:

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- 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.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto. 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Orden FOM/1382/2002, de 16 mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones.
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Decreto 297/1995, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento de Calificación Ambiental.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento, definan características de elementos integrantes de los CT.
- Otras reglamentaciones o disposiciones administrativas nacionales, autonómicas o locales vigentes de obligado cumplimiento no especificadas que sean de aplicación.
- Real Decreto 1048/2013, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de la distribución de energía eléctrica.
- Normas particulares de EDistribución y Grupo ENEL.
- Orden IET/2660 / 2015, de 11 de diciembre, por la que se aprueban las instalaciones tipo y los valores unitarios de referencia de inversión, de operación y mantenimiento por elemento de inmovilizado.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Ordenanzas municipales de los Ayuntamientos afectados.
- Normativas propias de organismos u otras compañías afectadas.

5.1 Normas y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento

Generales:

- *UNE-EN 60060-1:2012. Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.*
- *UNE-EN 60060-2:2012. Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.*
- *UNE-EN 60071-1:2006. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.*
- *UNE-EN 60071-1/A1:2010. Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.*
- *UNE-EN 60071-2:1999. Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.*
- *UNE-EN 60027-1:2009. Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.*
- *UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009. Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.*
- *UNE-EN 60027-4:2011. Símbolos literales utilizados en electrotécnica. Parte 4: Maquinas eléctricas rotativas.*
- *UNE 207020:2012 IN. Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.*

Aisladores y pasatapas:

- *UNE-EN 60168:1997. Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V.*
- *UNE-EN 60168/A1:1999. Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 kV.*
- *UNE-EN 60168/A2:2001. Ensayos de aisladores de apoyo, para interior y exterior, de cerámica o de vidrio, para instalaciones de tensión nominal superior a 1 kV.*
- *UNE 21110-2:1996. Características de los aisladores de apoyo de interior y de exterior para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V.*
- *UNE 21110-2 ERRATUM:1997. Características de los aisladores de apoyo de interior y de exterior para instalaciones de tensión nominal superior a 1 000 V.*
- *UNE-EN 60137:2011. Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000 V.*

- *UNE-EN 60507:2014. Ensayos de contaminación artificial de aisladores de cerámica y vidrio para alta tensión destinados a redes de corriente alterna.*

Aparamenta

- *UNE-EN 62271-1:2009. Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes.*
- *UNE-EN 62271-1/A1:2011. Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes.*
- *UNE-EN 61439-5:2011. Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparamenta para redes de distribución pública.*

Seccionadores

- *UNE-EN 62271-102:2005. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.*
- *UNE-EN 62271-102:2005 ERR:2011. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.*
- *UNE-EN 62271-102:2005/A1:2012. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.*
- *UNE-EN 62271-102:2005/A2:2013. Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.*

Interruptores, contactores e interruptores automáticos:

- *UNE-EN 62271-103:2012. Aparamenta de alta tensión. Parte 103: Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV.*
- *UNE-EN 62271-104:2010. Aparamenta de alta tensión. Parte 104: Interruptores de corriente alterna para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV.*

Aparamenta bajo envolvente metálica o aislante:

- *UNE-EN 62271-200:2012. Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.*
- *UNE-EN 62271-200:2012/AC:2015. Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.*

- *UNE-EN 62271-201:2007. Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.*
- *UNE-EN 62271-201:2015. Aparamenta de alta tensión. Parte 201: Aparamenta bajo envolvente aislante de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.*
- *UNE 20324:1993 UNE ERRATUM:2004 UNE 20324/1M:2000. Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).*
- *UNE-EN 50102:1996. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).*
- *UNE-EN 50102 CORR:2002. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).*
- *UNE-EN 50102/A1:1999. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).*
- *UNE-EN 50102/A1 CORR:2002. Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).*

Transformadores de potencia:

- *UNE-EN 60076-1:2013. Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.*
- *UNE-EN 60076-2:2013. Transformadores de potencia. Parte 2: Calentamiento de transformadores sumergidos en líquido.*
- *UNE-EN 60076-3:2014. Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.*
- *UNE-EN 60076-5:2008. Transformadores de potencia. Parte 5: Aptitud para soportar cortocircuitos.*
- *UNE 21428-1:2011. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional.*
- *UNE 21428-1-1:2011. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Requisitos para transformadores multitensión en alta tensión.*

- *UNE 21428-1-2:2011. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Requisitos para transformadores bitensión en baja tensión.*
- *UNE-EN 50464-1:2010. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales*
- *UNE-EN 50464-1:2010/A1:2013. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2 500 kVA con tensión más elevada para el material hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.*
- *UNE-EN 50464-2-1:2010. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-1: Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Requisitos generales*
- *UNE-EN 50464-2-2:2010. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-2: Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Cajas de cables Tipo 1 para uso en transformadores de distribución que cumplan los requisitos de la norma EN 50464-2-1.*
- *UNE-EN 50464-2-3:2010. Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2500 kVA con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 2-3: Transformadores de distribución con cajas de cables en el lado de alta y/o baja tensión. Cajas de cables Tipo 2 para uso en transformadores de distribución que cumplan los requisitos de la norma EN 50464-2-1.*

Transformadores de medida y protección:

- *UNE-EN 61869-1:2010. Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- *UNE-EN 61869-1:2010 ERRATUM:2011. Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.*
- *UNE-EN 61869-2:2013. Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.*
- *UNE-EN 61869-5:2012. Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.*

- *UNE-EN 61869-3:2012. Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.*
- *UNE-EN 61869-4:2017. Transformadores de medida. Parte 4: Requisitos adicionales para transformadores combinados.*

Pararrayos:

- *UNE-EN 60099-4:2005. Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.*
- *UNE-EN 60099-4:2005/A1:2007. Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.*
- *UNE-EN 60099-4:2005/A2:2010. Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.*
- *UNE-EN 60099-4:2016. Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.*

Fusibles de alta tensión:

- *UNE-EN 60282-1:2011. Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.*
- *UNE-EN 60282-1:2011/A1:2015. Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.*
- *UNE 21120-2:1998. Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.*

Cables y accesorios de conexión de cables:

- *UNE 211605:2013. Ensayo de envejecimiento climático de materiales de revestimiento de cables.*
- *UNE-EN 60332-1-2:2005. Métodos de ensayo para cables eléctricos y cables de fibra óptica sometidos a condiciones de fuego. Parte 1-2: Ensayo de resistencia a la propagación vertical de la llama para un conductor individual aislado o cable. Procedimiento para llama premezclada de 1 kW.*
- *UNE-EN 60228:2005. Conductores de cables aislados.*
- *UNE 211002:2012. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V con aislamiento termoplástico. Cables unipolares, no propagadores del incendio, con aislamiento termoplástico libre de halógenos, para instalaciones fijas.*

- *UNE 21027-9:2014. Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U). Cables con propiedades especiales ante el fuego. Cables unipolares sin cubierta con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humos. Cables no propagadores del incendio.*
- *UNE 211620:2014. Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV.*
- *UNE 211027:2013. Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).*
- *UNE 211028:2013. Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).*

Normas del grupo EDISTRIBUCIÓN

- *AGD001 Guía técnica sobre protecciones contra las sobretensiones en las instalaciones de media tensión.*
- *CNL001 Cables unipolares para redes subterráneas de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV.*
- *FDZ010 Criterios generales de diseño de centros de transformación.*
- *FGA001 Guía sistemas de insonorización de CT y dispositivos antivibratorios para transformadores de MT/BT.*
- *FGC001 Guía técnica del sistema de protecciones en CT, PT y red BT.*
- *FGC002 Guía técnica del sistema de protecciones de la red MT en CT y PT.*
- *FGH005 Guía de soluciones de obra civil para reducir la contaminación acústica en CT.*
- *FND005 Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en Baja Tensión.*
- *FNH00400 Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie (Maniobra Exterior)*
- *FNL002 NORMA FNL002 CUADRO DE DISTRIBUCION EN BT CON CONEXIOON DE GRUPO PARA CCTT*
- *FNZ001 Cuadros modulares de distribución para centros de transformación.*
- *NEZ002 Procedimiento de rotulación para identificación de la red.*

- *NNL012 Bases tripolares verticales cerradas para fusibles de baja tensión del tipo cuchilla con dispositivo extintor de arco.*
- *NZZ009 Mapas de contaminación salina e industrial*
- *NMZ00400 PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE CONCENTRADOR DE TELEGESTIÓN EN LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN INTERIORES.*
- *GSCB001 12V VRLA ACCUMULATORS FOR POWERING REMOTE-CONTROL DEVICE OF SECONDARY SUBSTATIONS.*
- *GSCL001 ELECTRICAL CONTROL PANEL AUXILIARY SERVICES OF SECONDARY SUBSTATIONS”*
- *GSM001 MV RMU with Switch-Disconnecter*
- *GST001 MV/LV Transformers*
- *GSTR001 Remote Terminal Unit for secondary substations*

6 Emplazamiento

Las instalaciones objeto de este proyecto estarán situadas en paraje de la Capilla y paraje Bermejales, en el término municipal de Montoro. Su situación exacta figura en los planos adjuntos.

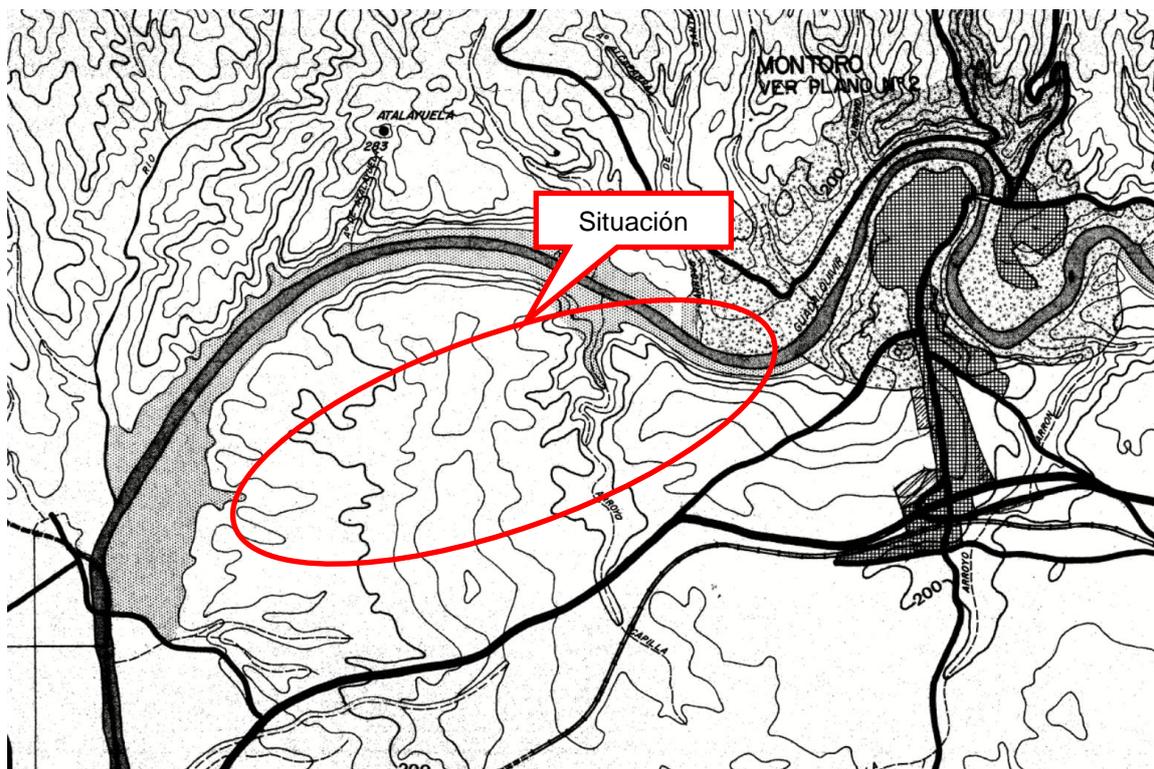
A continuación se indican las coordenadas UTM de los nuevos apoyos e instalaciones implicadas:

Nº apoyo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Sistema/Huso
APOYO 1	375.041	4.208.128	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 2	375.148	4.208.153	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 3	375.275	4.208.173	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 4	375.402	4.208.195	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 5	375.529	4.208.216	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 6	375.657	4.208.221	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 7	375.777	4.208.172	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 8	375.899	4.208.132	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 9	376.022	4.208.098	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 10	376.109	4.208.066	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 11	376.212	4.208.003	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 12	376.328	4.207.941	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 13	376.444	4.207.879	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 14	376.597	4.207.923	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 15	376.700	4.207.984	ETRS89 / HUSO 30

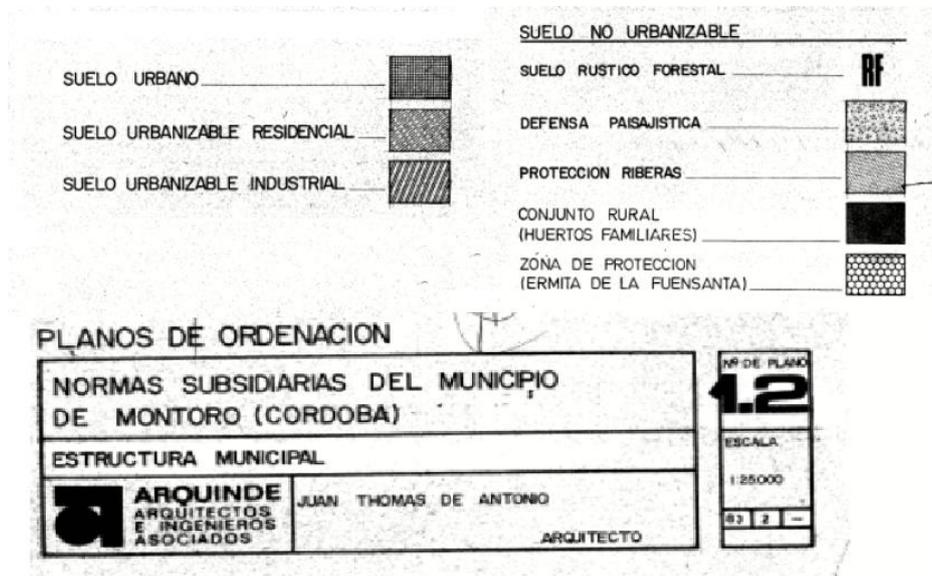
APOYO 16	376.791	4.208.012	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 17	376.898	4.208.046	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 18	376.997	4.208.096	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 19	377.110	4.208.155	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 20	377.215	4.208.240	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 21	377.318	4.208.329	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 22	377.416	4.208.424	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 23	377.550	4.208.464	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 24	377.689	4.208.481	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 25	377.755	4.208.559	ETRS89 / HUSO 30
APOYO 26	377.839	4.208.658	ETRS89 / HUSO 30
APOYO A547547	377.913	4.208.724	ETRS89 / HUSO 30

6.1 Clasificación del suelo

El tipo de suelo donde se proyecta la reforma es Suelo No Urbanizable.



Plano de 1.2 “PLANOS DE ORDENACIÓN”



Plano de 1.2 "PLANOS DE ORDENACIÓN"

7 Características eléctricas de la instalación

La corriente eléctrica será alterna y trifásica a la tensión de 25kV en el nivel de Alta Tensión, la frecuencia será de 50 Hz y el nivel de aislamiento del conjunto de la instalación será de 36 kV según la tabla 12 de la ITC-LAT-07.

Tabla 1. Nivel de aislamiento del material

Tensión nominal de la red U (kV)	Tensión más elevada para el material U_m (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)
$U \leq 20$	24	50	125
$20 < U \leq 30$	36	70	170

U: Tensión nominal eficaz a 50 Hz entre dos conductores.

U_m : Tensión eficaz máxima a 50 Hz entre dos conductores cualesquiera, para los que se ha diseñado el material. Es la tensión máxima que puede ser soportada permanentemente en condiciones normales de explotación en cualquier punto de la red. Excluye las variaciones temporales.

8 Descripción del trazado

Tendido de nueva línea aérea de media tensión con conductor LA-110, posada sobre apoyos de celosía con montaje tresbolillo, desde entronque a realizar en apoyo 01 a sustituir hasta apoyo A547547 a sustituir, con una longitud aproximada de 3.230 metros.

9 Tramitación ambiental de la instalación

Este PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA LÍNEA MEDIA TENSIÓN 25 KV "MONTORO_1" DE S.E. "VILLARIO" ENTRE APOYOS A547593 Y A547547, SITO EN MONTORO, EN EL T.M. MONTORO (CÓRDOBA), no requiere de CALIFICACION AMBIENTAL, al tratarse de la reforma de una línea de media tensión con desviación traza inferior a 100 m de la línea existente, según se establece en la modificación de la LEY 7/2007, de 9 de julio (Decreto-Ley 2/2020 del 9 de Marzo), de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

10 Criterios generales de diseño

Las líneas aéreas de media tensión se estructurarán a partir de la subestación, donde se instalará el interruptor y la protección de la línea, o en caso de tratarse de nuevas derivaciones a partir de una línea de media tensión o de un centro de transformación existente.

Las líneas objeto del presente Proyecto, a efectos reglamentarios, se consideraran de tercera categoría.

Las líneas principales serán de sección uniforme y adecuada a las características de carga de la línea; igualmente las derivaciones tendrán la misma sección en todo su recorrido.

En el trazado de las líneas se deberán cumplir todas las reglamentaciones y normativas relativas a distancias a edificaciones, vías de comunicación y otros servicios, tanto en cruces como en paralelismos, así como los requerimientos mecánicos y eléctricos en ellas establecidos en la ITC-LAT-07.

Se procurará reducir al máximo el impacto medio ambiental de las líneas sobre el entorno, procurando que su traza discurra por lugares en que pasen lo más desapercibidas posible. Así, en zonas montañosas discurrirán preferentemente por las laderas de modo que desde los lugares habituales de tránsito, queden proyectadas sobre horizontes opacos. Se intentará alejar la línea aérea de núcleos urbanos y parajes de valor cultural, histórico-artístico o arqueológico.

Se evitará el paso por zonas de espacios protegidos y, si esto no fuera posible, se adoptarán las medidas adecuadas para la protección de la avifauna específica.

A igualdad de condiciones, se proyectará la línea más directa, sin fuertes cambios de dirección y con menos apoyos de ángulo.

El emplazamiento y la ubicación de los apoyos de la LAMT se realizarán, en la medida de lo posible, en zonas de fácil acceso para su construcción y mantenimiento.

11 Elementos de las Líneas Aéreas de MT

11.1 Apoyos

11.1.1 Tipologías de apoyo

En general los apoyos a instalar en las nuevas líneas de MT serán metálicos de celosía.

Por recomendación o imposición de los organismos medioambientales locales o autonómicos, o en aquellos casos en los que su instalación, debidamente justificada, sea la mejor solución, se podrán utilizar apoyos de chapa plegada o de hormigón armado vibrado.

Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea los apoyos se clasifican en la siguiente forma:

- **Apoyos de suspensión:** Apoyos con cadenas de aislamiento en suspensión.
- **Apoyos de amarre:** Apoyos con cadenas de aislamiento de amarre.
- **Apoyos de anclaje:** Apoyos de amarre que además proporcionarán puntos firmes que eviten la propagación a lo largo de la línea de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Se instalarán como mínimo cada tres kilómetros.
- **Apoyos de fin de línea:** Apoyos de amarre, situados en el origen y final de la línea cuya función es la soportar en sentido longitudinal, las solicitaciones de todos los conductores en un solo sentido.
- **Apoyos especiales:** Son aquellos que tienen una función diferente a las indicadas en los puntos anteriores.

Por otro lado, en función de la posición relativa del apoyo respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

- **Apoyos de alineación:** Apoyos de suspensión, amarre o anclaje en tramos rectilíneos de la línea. Su función es la de sostener los conductores, manteniéndolos elevados del suelo la distancia establecida en el proyecto.
- **Apoyos de ángulo:** Apoyos de amarre o anclaje colocados en un ángulo del trazado de la línea.

Para este proyecto se describen los apoyos metálicos de celosía, de hormigón y de chapa plegada normalizados por EDE. No se incluyen los apoyos de madera para nuevas instalaciones, limitando su empleo para mantenimiento de instalaciones existentes y atención de situaciones provisionales para reparación de averías.

Atendiendo a su naturaleza constructiva, los apoyos pueden ser de los siguientes tipos:

11.1.2 Apoyos metálicos de celosía

Los apoyos de celosía cumplirán la norma UNE 207017 y la norma AND001 “Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV”.

11.1.3 Apoyos de hormigón

Los apoyos de hormigón cumplirán la norma UNE-EN 207016 y la Norma AND002 “Postes de hormigón armado vibrado”.

11.1.4 Apoyos de chapa plegada

Los apoyos de chapa plegada cumplirán la norma UNE-EN 207018 y la Norma AND004 “Apoyos de chapa metálica para líneas aéreas hasta 36 kV”.

En los apoyos metálicos de celosía y de chapa plegada el recubrimiento superficial que se realizará será el de galvanizado en caliente. En la información de proyecto deberá indicarse el tipo de ambiente en que se prevé ubicar los apoyos, y si los niveles de contaminación y salinidad ambiental lo requieran, se aplicarán medidas de protección adicionales.

11.2 Armados

En el caso de líneas de un solo circuito, se instalarán crucetas de bóveda o semicrucetas atirantadas. Para dos circuitos, se instalarán semicrucetas atirantadas con montaje en disposición de hexágono.

Las características técnicas de los armados metálicos se ajustarán a los criterios establecidos en la ITC-LAT-07 en función de las magnitudes y direcciones de las cargas de trabajo y de las distancias de aislamiento eléctrico requeridas.

11.2.1 Semicrucetas atirantadas

Se utilizarán en los apoyos metálicos de celosía, con una distribución al tresbolillo o en horizontal para líneas de simple circuito y en hexágono para líneas de doble circuito.

Se emplearán en apoyos de cualquier función: alineación, ángulo, anclaje, fin de línea o especiales y cumplirán la norma UNE 207017 y la norma AND001 “Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV”.

La longitud de la semicruceta instalada dependerá de la distancia de aislamiento eléctrico requerida.

11.2.2 Crucetas de bóveda

Las crucetas tipo bóveda se utilizará en apoyos de celosía, hormigón y chapa plegada, con función de alineación o ángulo, y con las limitaciones que se deriven de los cálculos mecánicos de los mismos.

Las crucetas que se instalen en apoyos de metálicos de celosía cumplirán la norma UNE 207017 y la norma AND001 “Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV”.

Las crucetas de bóveda de los apoyos de hormigón y de chapa plegada cumplirán las siguientes especificaciones:

Tabla 2. Listado especificaciones crucetas de bóveda

Especificación	Código
Especificación técnica cruceta bóveda 3 m para apoyo hormigón o chapa zona A ó B	6702291
Especificación técnica cruceta bóveda 3,6 m para apoyo hormigón chapa zona A ó B	6702293
Especificación técnica cruceta bóveda 4 m para apoyo hormigón chapa zona A ó B	6702294
Especificación técnica cruceta bóveda CB3-E	6706752
Especificación técnica cruceta bóveda CB2-E	6706753

11.2.3 Dimensiones de los apoyos y armados

La altura elegida de los apoyos se determinará por la distancia mínima de los conductores al terreno u a otros obstáculos, según lo establecido en el apartado 5 de la ITC-LAT-07 del RLAT.

Las dimensiones de los armados se determinarán por la distancia a mantener de los conductores entre sí y con las partes metálicas del apoyo, según lo indicado en el apartado 5.4.1. de la ITC-LAT-07 del RLAT.

11.3 Conductores

Los conductores que se emplearán para la construcción de las LAMT estarán de acuerdo con la Norma UNE-EN 50182 y a la Norma GSC003 "Concentric-lay-stranded bare conductors".

Se emplearán conductores de aluminio con alma de acero galvanizado (tipo ST1A) en zonas consideradas con nivel de contaminación normal o alta.

En zonas consideradas con nivel de contaminación muy alto se emplearán conductores de aluminio con alma de acero recubierto de aluminio (tipo A20SA).

Los tramos a instalar en simple circuito será con conductor existente del tipo 94-AL1/22-ST1A (LA-110) y 47-AL1/8-ST1A (LA-56), de las siguientes características:

Designación Nueva Anterior	Sección (mm ²)		Equivalencia En Cobre (mm ²)	Diámetro		Composición				Carga de rotura (daN)	Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km)	Masa (kg/m)	Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	Coeficiente de dilatación lineal (°Cx10 ⁻⁶)	I _{máx.} (A)
	Aluminio	Total		Acero	Total	Alambres de aluminio		Alambres de acero							
						Nº	Ø (mm)	Nº	Ø (mm)						
47AL1/8-ST1A LA 56	46,8	54,6	30	3,15	9,45	6	3,15	1	3,15	1.629	0,6129	188,8	7.900	19,1	199
94-AL1/22-ST1A LA 110	94,2	116,2	60	6,00	14,00	30	2,00	7	2,00	4.317	0,3067	432,5	8.000	17,8	318

En los puentes de amarre y puentes para conexión con la apartamenta a instalar se emplearán conductores recubiertos no apantallados de iguales características eléctricas que los conductores de fase empleados pero recubiertos con XLP en aquellos lugares que por cumplimiento de avifauna fueran necesarios.

La denominación de estos cables será CCX 55-AL3 WK 25kV para el LA-56 y CCX 117-AL3 WK 25 kV, seguirán la norma AND01100.

11.4 Aislamiento

El aislamiento se dimensionará mecánicamente en función del conductor instalado, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura igual o superior a 3, y eléctricamente en función del nivel de tensión de la red proyectada, de la línea de fuga requerida y de la distancia entre partes activas y masa.

Además, para determinar las necesidades de cada instalación se tendrá en cuenta el nivel de contaminación salina e industrial atendiendo a lo indicado en el documento de EDE NZZ009 “Mapas de contaminación salina e industrial” y en la ITC-LAT-07.

Preferiblemente, los aisladores a instalar en las líneas nuevas de MT serán del tipo compuesto o polimérico. En ese caso la línea de fuga específica mínima será:

Tabla 4. Línea de fuga aisladores compuestos

Aisladores compuestos o poliméricos		
Tensión más elevada	Línea de fuga específica mínima (mm)**	
	Contaminación Normal/Alta	Contaminación Muy alta
24 kV	600	835
36 kV	900	1.250

(*) Según documento EDE NNZ009

Los aisladores de vidrio sólo podrán instalarse en zonas de contaminación salina e industrial normal y su línea de fuga específica mínima será:

Tabla 5. Línea de fuga aisladores de vidrio

Aisladores de vidrio	
Tensión más elevada	Línea de fuga específica mínima (mm)**
24 kV	384
36 kV	576

(**) Según tabla 14 ITC-LAT-07

Los aisladores rígidos únicamente podrán emplearse en los puentes flojos, para fijar los cables en su paso por los apoyos y asegurar las distancias, pero no podrán ser elementos de sujeción al comienzo o final de un vano.

El aislamiento adquirirá la condición de reforzado, cuando las características dieléctricas que le corresponden en función de la tensión más elevada del material de la línea, se eleven al escalón inmediato superior de la tensión que le corresponde, y que se indica en el apartado 4.4 de la ITC

LAT-07. En general, esta condición se cumple incrementando en una unidad el número de aisladores de la cadena.

Los aisladores deberán soportar:

- Las solicitaciones mecánicas de la línea.
- Las solicitaciones eléctricas.

Cuando las solicitaciones mecánicas lo requieran podrán acoplarse dos cadenas de aisladores mediante un yugo.

11.4.1 Aisladores compuestos o poliméricos

Los aisladores compuestos (poliméricos a base de goma silicona) se ajustarán a las normas UNE-EN 61109:2010, UNE-EN 61466 y a la Norma AND012 "Aisladores compuestos para cadenas de líneas aéreas de MT, hasta 30 kV".

Este tipo de aisladores presentan ventajas frente al vidrio por su elevada hidrofobicidad, bajo mantenimiento, poco peso, alta resistencia mecánica y buen comportamiento frente a la contaminación y el vandalismo. Pueden soportar una mayor solicitación dieléctrica, por lo que su línea de fuga puede reducirse del orden de un 30% respecto a los valores de la tabla.

11.4.2 Aisladores de vidrio

Los aisladores de vidrio estarán constituidos por elementos aislantes formando cadenas articuladas, cuyo número de elementos dependerá del nivel de aislamiento requerido.

Los aisladores y las cadenas que se formen con ellos, así como sus características, se ajustarán a las indicadas en la Norma AND008 "Aisladores de vidrio para cadenas de líneas aéreas de AT, de tensión nominal hasta 30 kV".

11.5 Herrajes

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores.

Para su elección se tendrán en cuenta las características constructivas y dimensionales de los conductores.

Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

Se tendrán en cuenta las disposiciones de los taladros y los gruesos de chapas y casquillos de cogida de las cadenas para que éstas queden posicionadas adecuadamente.

Todas las características técnicas, constructivas, de ensayo, etc. de los herrajes serán las indicadas en la norma AND009 "Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV".

Las diversas cadenas de herrajes para el conductor están representadas en el documento PLANOS.

Los elementos de acoplamiento empleados para la construcción de las LAMT son los siguientes:

- Grapas de amarre
- Grapas de suspensión
- Varillas de protección
- Horquillas de bola
- Grilletes
- Anillas de bola
- Rótulas
- Alargaderas

En todos los apoyos en suspensión se instarán varillas de protección preformada.

11.6 Empalmes en el conductor

Los empalmes de los conductores entre si se efectuarán por el sistema de "manguito comprimido", estando constituidos por:

- Tubo de aluminio de extrusión para la compresión del aluminio.
- Tubo de acero de extrusión para la compresión del acero

Serán de un material prácticamente inoxidable y homogéneo con el material del conductor que unen, con objeto de evitar formación de un par eléctrico apreciable. La ejecución quedará hecha de modo que el empalme tenga una resistencia mecánica por lo menos igual al 95% de la del ca-

ble que une y una resistencia eléctrica igual a la de un trozo de cable sin empalme de la misma longitud. Cumplirán lo fijado en la norma UNE 21021.

Deberán cumplir dos condiciones para que la compresión no provoque una disminución de resistencia mecánica:

- Todos los alambres deberán ser apretados uniformemente, lo que requiere una distribución uniforme de la presión.
- Ningún alambre deberá ser deformado.

Su ejecución se realizará mediante una máquina apropiada que dispondrá de los troqueles necesarios para que resulte, tras la compresión, una sección del empalme hexagonal con la medida entre-caras dada por el fabricante, lo cual servirá para garantizar que la unión ha quedado correctamente realizada.

Los empalmes de compresión para conductores de acero y aluminio dispondrán de una cavidad para albergar el núcleo del conductor.

En una línea de nueva construcción, los empalmes deberán realizarse en el puente flojo de un apoyo con cadenas de amarre. Quedan expresamente prohibidas las uniones por tornillo en particular y en especial aquellas que provoquen que los ejes de los conductores a unir no formen una misma línea recta y aquellos que sean desmontables, así como los de varillas preformadas.

11.7 Piezas de conexión

Las piezas de conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electroquímicos. En zonas de alta y muy alta contaminación se cubrirán con cinta de protección anticorrosiva estable a la intemperie, para que las superficies de contacto no sufran oxidación.

Las piezas de conexión se dividen en terminales y piezas de derivación. Las características de las piezas de conexión se ajustarán a las normas UNE 21021 y CEI 1238-1.

11.7.1 Terminales

Serán de aluminio homogéneo con pala de doble taladro, adecuados para que la conexión al cable se efectúe por compresión hexagonal. La conexión del terminal a la instalación fija se efectuará mediante tornillos a presión.

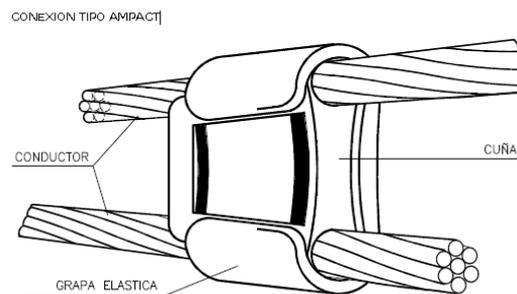
Los terminales cumplirán la Norma NNZ015 “Terminales rectos de aleación para conductores de aluminio y aluminio-acero”.

11.7.2 Piezas de Derivación

La conexión de conductores en las líneas aéreas de MT se realizará en lugares donde el conductor no esté sometido a solicitaciones mecánicas. Así pues, la conexión de derivaciones se realizarán en el bucle entre dos cadenas horizontales de un apoyo (puente flojo). En este caso la pieza de conexión, además de no aumentar la resistencia eléctrica del conductor, tendrá una resistencia al deslizamiento de, al menos, el 20 % de la carga de rotura del conductor.

La conexión de derivaciones a la línea principal se efectuarán mediante conectores de presión constante, de pleno contacto y de acuñamiento cónico.

Se incluye dibujo con conexión tipo cuña:



11.8 Dispositivos antiescalamiento

En los apoyos frecuentados, de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.4.2 e la ITC-LAT-07, se instarán dispositivos antiescalamiento que dificulten al acceso a las partes en tensión de los apoyos.

Los antiescalos que se instalen en los apoyos metálicos cumplirán la Norma AND017 “Antiescalos para apoyos metálicos de celosía”

11.9 Accesorios

11.9.1 Amortiguadores

Aunque su uso no es común en líneas de MT, en el caso de que puedan preverse daños provocados por las vibraciones se dispondrán grapas adecuadas y antivibradores que absorban parte de la energía amortiguando la fatiga en el punto de agarre,

Es más conveniente diseñar la traza de la línea para que no sea necesario la utilización de dispositivos antivibratorios y para ello es importante seguir la recomendación CIGRE que establece que en España, con una temperatura media de 15 °C, el EDS (Every Day Stress) o tracción media de todos los días, de las líneas aéreas de MT no sobrepase el 15% de la carga de rotura del conductor, por tanto hay que comprobar que el tense correspondiente cumple con esa condición.

Además se debe cumplir que la tensión del conductor en horas frías no sea superior al 20%, CHS (Cool Hour Stress). Es decir, que la tracción del conductor a -5°C no sea superior al 20% de su carga de rotura.

Se evitará la colocación de contrapesos en los apoyos cuyo gravivano sea negativo, substituyendo el apoyo de suspensión por uno de amarre.

11.9.2 Dispositivos de protección avifauna

Cuando la traza de la LAMT discorra por zonas o espacios protegidos, y en los casos en los que el Órgano competente de la Comunidad Autónoma lo determine, se adoptarán las medidas adecuadas para la protección de la avifauna frente a colisiones y electrocuciones.

11.9.2.1 Salva pájaros

Como medida preventiva anticolidión se instalarán tiras en "X" de neopreno (35 cm x 5 cm) o espirales (30 cm de diámetro por 1 metro de longitud). Se colocarán en los conductores de fase, de diámetro aparente inferior a 20 mm, de manera que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 m como máximo. En cada caso se adecuará a lo establecido por el Órgano competente de la Comunidad Autónoma.

11.9.2.2 Otros dispositivos

Para evitar la electrocución se instalarán, en los armados de los apoyos, dispositivos que dificulten la posada de las aves tales como sistemas de espinas anti-posada, dispositivos que impidan la nidificación e incluso dispositivos que la faciliten.

Cuando no sea posible alcanzar distancia de seguridad establecida desde la zona de apoyo de la avifauna hasta los puntos en tensión se aislarán los conductores, si bien, en los apoyos en los que existan elementos de maniobra y en los que se requiera el aislamiento de los conductores para evitar la electrocución de la avifauna en cumplimiento de la legislación, se instalarán puntos fijos de estribo para la conexión de puestas a tierras portátiles. Estas piezas no se aislarán y por lo tanto serán puntos en tensión.

11.9.3 Balizas

En caso de ser necesario para hacer más visibles los conductores en zonas con elevada densidad de tráfico aéreo, se colocarán balizas para señalar la presencia de tendidos eléctricos.

11.9.4 Placas de señalización

En todos los apoyos se instalará una placa señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo. La placa se instalará a una altura del suelo de 3 m. en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras, para que pueda ser vista fácilmente

11.10 Aparamenta

Con objeto de facilitar la maniobrabilidad y mejorar la calidad de servicio de la red de media tensión, en las líneas aérea de EDE se podrá instalar la siguiente aparamenta:

- Seccionadores unipolares intemperie.
- Seccionadores trifásicos intemperie.
- Interruptores-seccionadores SF6 intemperie,
- Cortacircuitos fusibles de expulsión "XS".
- Cortacircuitos fusibles limitadores de APR.

En general, en cualquier derivación se instalará un dispositivo de seccionamiento que la aisle de la línea principal. Se situará en el primer o segundo apoyo de la derivación que sea de fácil acceso.

Las derivaciones deberán estar protegidas desde la cabecera de la línea, y cuando por criterios de explotación sea necesario que exista una protección intermedia, deberá ser selectiva con la de cabecera de la línea.

En los casos en los que se considere necesario, los elementos de maniobra estarán teledirigidos para minimizar el impacto de eventuales averías y reducir los tiempos de maniobra, localización y afectación durante los trabajos de normalización del servicio eléctrico.

11.10.1 Seccionador unipolar

Los seccionadores unipolares de intemperie cumplirán la norma UNE-EN-60265/1 y la norma AND005 “Seccionadores unipolares para líneas de alta tensión hasta 36 kV”.

11.10.2 Seccionador trifásico

Los seccionadores unipolares intemperie cumplirán la norma UNE-EN-60265/1.

11.10.3 Interruptor seccionador SF6

Los interruptores-seccionadores SF6 intemperie cumplirán con la norma GSCM003 “MV pole mounted switch-disconnectors”.

11.10.4 Cortacircuitos fusibles

Los fusibles de expulsión cumplirán con la norma AND007 “Cortacircuitos fusibles de expulsión seccionadores de hasta 24 kV”

Los cortacircuitos fusibles limitadores de APR cumplirán con la norma UNE 21120.

11.11 Protecciones

11.11.1 Protección de sobretensiones

En las nuevas líneas aéreas en las que existan conexiones con redes subterráneas de media tensión, deberán instalarse dispositivos de protección frente a sobretensiones o pararrayos. También se instalarán en zonas con un elevado índice isocerámico.

Los pararrayos cumplirán con la norma UNE-EN 60099 y norma AND015 “Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV” y se instalarán lo más cerca posible del elemento a proteger (red subterránea de MT).

12 Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08.

La cimentación de los apoyos cumplirá lo detallado en el apartado 3.6 de la ITC-LAT-07 y será del tipo monobloque prismática de sección cuadrada.

El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 15 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Dichas cimentaciones se terminarán con un vierteaguas de 5 cm de altura para facilitar la evacuación del agua de lluvia. Así mismo, el objeto de evitar que el agua que queda confinada en los perfiles de los montantes en su inserción con la cimentación, se efectuarán unos pequeños planos inclinados a tal efecto.

Las dimensiones de las cimentaciones variarán en función del coeficiente de compresibilidad del terreno (K). Los valores de los coeficientes de compresibilidad se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT-07. Las dimensiones mínimas de cimentaciones de los apoyos más habituales se detallan en el documento PLANOS.

13 Puesta a Tierra de los apoyos

Los apoyos de MT estarán provistos de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas que puedan ponerse en tensión.

La puesta a tierra de los apoyos se realizará teniendo en cuenta lo especificado en el apartado 7 de la ITC-LAT-07 y considerando que se dispone de un sistema de protección automática, con un tiempo de despeje de la falta inferior a 1 segundo.

Deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica todos los apoyos metálicos o de hormigón armado según lo indicado en el punto 7.2.4 de la ITC-LAT-07.

En todos los apoyos, la unión a tierra se hará de forma específica, de manera que pueda garantizar una resistencia de difusión mínima y de larga permanencia.

El diseño del sistema de puesta a tierra deberá cumplir:

- a) Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- b) Que resista la temperatura provocada por la intensidad de falta más elevada.
- c) Que garantice la seguridad de las personas respecto a las tensiones que aparezcan durante una falta a tierra.
- d) Que proteja las propiedades y equipos y garantice la fiabilidad de la línea.

Los elementos constituyentes de la instalación de puesta a tierra son la línea de tierra y los electrodos de puesta a tierra.

13.1 Electrodo de Puesta a Tierra

Los electrodos de tierra estarán compuestos por:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 m. de longitud y 14 mm. de diámetro
- Conductores horizontales de cobre desnudo con una sección mínima de 50 mm².
- Combinación de picas y conductores horizontales.

Las picas se hincarán verticalmente quedando su extremo superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. En terrenos donde se prevean heladas, se aconseja una profundidad mínima de 0,8 m.

El valor mínimo de la superficie total del electrodo será dado por la expresión:

$$S > \frac{I_d \cdot \sqrt{\rho \cdot t}}{11600}$$

en la que:

S	Superficie total del electrodo (m ²)
I _d	Intensidad de defecto (A)
ρ	Resistividad media del terreno (Ω·m)
t	Tiempo de duración del defecto (s)

13.2 Línea de tierra

La línea de tierra es el conductor o conjunto de conductores que une el electrodo de tierra con la parte del apoyo que se pretende poner a tierra.

Los conductores empleados en las líneas de tierra deberán tener una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. No podrán insertarse ni fusibles ni interruptores.

Estará constituidas por conductores de cobre. En función de la intensidad de defecto y la duración del mismo, las secciones mínimas (S) del conductor a emplear a efectos de no alcanzar su temperatura máxima se deducirán a partir de la expresión siguiente:

$$S \geq \frac{I_d}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\Delta\sigma}}$$

donde:

S	Sección mínima (mm ²)
I _d	Intensidad de defecto (A)
t	Tiempo de duración del defecto (s)

Para conductor de cobre y t < 5 s, α = 13

Para conductor aislado Δσ = 160 °K y Δσ = 180 °K para conductor desnudo

En general las instalaciones de puesta a tierra se realizarán mediante conductores de cobre desnudo con una sección mínima de 50 mm².

La parte de conductor de cobre desnudo hasta el punto de conexión con el montante se protegerá mediante un tubo de PVC, para lo cual el paso de dicho conductor a través del macizo de cimentación se efectuará por medio de un tubo introducido en el momento del hormigonado.

El extremo superior del tubo quedará sellado con poliuretano expandido o similar para impedir la entrada de agua, evitando así tener agua estancada que favorezca la corrosión del cable de tierra.

Como conductores de tierra, entre herrajes y crucetas y la propia toma de tierra, puede emplearse la estructura de los apoyos metálicos.

13.3 Clasificación de los apoyos según su ubicación

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

- Apoyos NO frecuentados. Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.
- Apoyos frecuentados. Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

- Casco urbano y parques urbanos públicos.
- Zonas próximas a viviendas.
- Polígonos industriales.
- Áreas públicas destinadas al ocio, como parques deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
- Zonas de equipamientos comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aislen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o aisladas respecto del apoyo o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas.

A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

- Apoyos frecuentados con calzado (F): se considerará como resistencias adicionales la resistencia del calzado y la resistencia a tierra en el punto de contacto.

- Estos apoyos serán los situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.
- Apoyos frecuentados sin calzado (F.S.C.): se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto considerando nula la resistencia del calzado.
- Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

Los apoyos que sean diseñados para albergar conversiones aéreo-subterráneas deberán cumplir los mismos requisitos que el resto de los apoyos en función de su ubicación.

Los apoyos que sean diseñados para albergar aparatos de maniobra deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados.

13.4 Sistemas de puesta a tierra

13.4.1 Apoyos no frecuentados

Puesto que el tiempo de desconexión automática en las líneas de media tensión de EDE es inferior a 1 segundo, de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ICT-LAT-07, en el diseño del sistema de puesta a tierra de estos apoyos no será obligatorio garantizar, a un metro de distancia del apoyo, valores de tensión de contacto inferiores a los valores admisibles. No obstante, el valor de la resistencia de puesta a tierra será lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones.

A tal efecto se podrá utilizar un electrodo de difusión por apoyo compuesto por picas de cobre, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, unidas mediante grapas de fijación y cable de cobre desnudo al montante del apoyo.

El extremo superior de la pica de tierra quedará, como mínimo, a 0,50 m por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre las picas de tierra y el apoyo. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

13.4.2 Apoyos frecuentados

Se realizará una puesta a tierra en anillo cerrado a una profundidad de al menos 0,50 m alrededor del apoyo, de forma que cada punto del mismo quede distanciados 1 m. como mínimo de las aristas

del macizo de cimentación, unido a los montantes del apoyo mediante dos/cuatro conexiones. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

A este anillo se conectarán como mínimo dos picas de cobre, de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, de manera que se garantice un valor de tensión de contacto aplicada inferior a los reglamentarios. En caso contrario se adoptará alguna de las tres medidas indicadas en el apartado Clasificación de apoyos según su ubicación con el objeto de considerarlos exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto.

Tanto en apoyos frecuentados como en no frecuentados, la parte visible del cable de cobre hasta el punto de unión con el montante de la torre se protegerá mediante tubo de PVC rígido y en la unión con la pica enterrada se colocará pasta aislante al objeto de evitar humedad que dañe por oxidación dicha unión.

Excepcionalmente, si no es posible obtener un valor de resistencia de tierra adecuado mediante los métodos anteriormente indicados, se realizará una puesta a tierra profunda consistente en:

- Perforación de 85 mm de diámetro y de unos 12 ó 14 m. de profundidad. En caso necesario se repetirá esta perforación para obtener la resistencia adecuada, la cual se irá midiendo a medida que avance la perforación
- Se introducirá una cadena de electrodos, básicamente consistente en:
 - Barra de grafito de 55 mm de diámetro por 1 m.
 - Elementos de conexión del electrodo hasta llegar a la superficie.
 - Relleno con mezcla de grafito polvo.

Ánodos de Mg para protección contra corrosión de elementos metálicos enterrados.

14 Medidas de protección de la avifauna

En el diseño de las líneas que afecten o se proyecten en las zonas de protección definidas en el artículo 3 del R.D. 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión, se aplicarán las correspondientes medidas correctoras:

1. Los puentes y aparamenta deberán mantener siempre las partes en tensión por debajo de la cruceta. Además se recubrirán los puentes y partes en tensión de las conexiones.

2. Se asegurará que la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior es mayor de 1,5 m.
3. Para armados de bóveda existentes la distancia entre la cabeza del apoyo y el conductor central de la bóveda, será mayor de 0,88 m., o en caso contrario, se aislará dicho conductor un metro a cada lado del apoyo.
4. Las distancias mínimas de seguridad "d" entre la cruceta y cualquier punto en tensión del conductor asociado a ella, será:
5. Para cadenas de suspensión: 0,60 m. (excepto armado canadiense que será de 0,48 m.).
6. Para cadenas de amarre: 1,00 m. (excepto armado canadiense que será de 0,60 m.) 0,88 m.
7. En el caso de no poderse guardar estas distancias de seguridad, se instalarán alargaderas de protección.
8. En cualquier caso, a falta de distancias, se puede adoptar la solución de aislar el conductor o instalar conductor recubierto o conductor aislado.
9. Se emplearán alargaderas para aumentar la distancia desde la zona de posada al punto en tensión. Son elementos que se colocan entre la cruceta y los aisladores para y disponen de una geometría tal que se dificulta la posada de las aves.

Además se tendrán en consideración posibles medidas más restrictivas que establezcan la legislación autonómica.

Para el cumplimiento del Decreto 178/2006 de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión, se emplearán las siguientes medidas antielectrocución:

- En los apoyos con cadenas de aisladores de amarre deberá existir una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro.
- En los apoyos con cadenas de aisladores de suspensión deberá existir una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 0,75 metros.

Dado que se emplearán aisladores poliméricos de 1m. Entre la zona de posada y las partes en tensión, no será necesario el forrado guardándose también la distancia de 1,5 m desde la cruceta al conductor superior.

No obstante para las partes en tensión que requieran de aislamiento:

Podrán emplearse forrados de conductores y fundas para las grapas con materiales poliméricos que garanticen los aislamientos de las partes en tensión en las zonas que se necesite.

También podrán emplearse en los puentes de amarre y puentes para conexión con la aparamenta a instalar, conductores recubiertos no apantallados de iguales características eléctricas que los conductores de fase empleados pero recubiertos con XLP en aquellos lugares que por cumplimiento de avifauna fueran necesarios. La denominación de estos cables será CCX 55-AL3 WK 25kV para el LA-56 seguirán la norma AND01100.

15 Distancias de Seguridad

Para el cálculo de los distintos elementos de la instalación se tendrán en cuenta las distancias mínimas de seguridad indicadas en el apartado 5 de la ICT-LAT-07 y/o en las correspondientes Especificaciones Particulares de EDE.

A continuación se indican las distancias mínimas a tener en cuenta en este proyecto.

15.1 Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Se tendrán en cuenta las siguientes distancias:

- D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra de sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- D_{pp} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Dpp es una distancia interna.
- $Asom$ = Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.
- Distancia entre conductores (D_{pp})
- Distancia entre conductores y partes del apoyo puestos a tierra (D_{el})

Tabla 7. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red US (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15

17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

15.2 Distancia de los conductores entre sí

La ITC-LAT 07 en el punto 5.4.1, establece que la separación mínima entre conductores se determina con la siguiente expresión:

$$D = K\sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

D = Separación en m,

K = Coeficiente de oscilación (Se obtiene de la Tabla 16, apartado 5.4 ITC-LAT 07)

F = Flecha en m.

L = Longitud de la cadena de suspensión en m.

K' = Coeficiente que depende de la tensión de la línea (0,85 para líneas de categoría especial y 0,75 para el resto).

D_{pp} = Distancia mínima de aislamiento en el aire para prevenir descargas disruptivas entre conductores en fase de sobretensiones de frente lento o rápido. Viene dado por la Tabla 16 del apartado 5.2.

15.3 Distancias de los conductores al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha prevista según las hipótesis de temperatura hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o cursos de agua no navegables, a una altura mínima de 7 metros.

En lugares de difícil acceso, estas distancias podrán reducirse hasta en un metro.

15.4 Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

15.4.1 Cruzamientos

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de mayor tensión y se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de tensión más elevada. En cualquier caso, la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

Tabla 8. Distancias entre los conductores y los apoyos en caso de cruzamientos

Nivel tensión (kV)	Distancia
$U \leq 45$	2
$45 < U \leq 66$	3
$66 < U \leq 132$	4
$132 < U \leq 220$	5
$220 < U \leq 440$	7

La distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no será inferior a:

$$D_{add} + D_{pp} \text{ en metros}$$

A la distancia entre conductores (D_{pp}) se aplicarán los valores de la tabla 7 del presente documento y a la distancia de aislamiento adicional se aplicarán los valores de la tabla 9 del presente documento, según prescribe ITC-LAT-07.

Tabla 9. Distancia aislamiento adicional cruzamiento líneas eléctricas

Tensión nominal red (kV)	Dadd (m)	
	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m
$U \leq 30$	1,8	2,5
45 o 66	2,5	
110, 132, 150	3	
220	3,5	
400	4	

15.4.2 Paralelismos

Se evitará la construcción de líneas paralelas de distribución o transporte a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

Este mismo criterio se aplicará para el paralelismo con líneas de telecomunicación.

15.4.3 Distancias a carreteras

En general la ubicación de los apoyos en las proximidades de carreteras será a una distancia de la arista de la calzada superior a vez y media su altura, con un mínimo de 25 metros en carreteras y 50 metros en autovías.

En cualquier caso se seguirán las prescripciones indicadas por el órgano competente de la Administración para cada caso particular.

15.4.4 Cruzamientos con carreteras

La mínima distancia de los conductores sobre la rasante de la carretera será, para líneas de tensión hasta 30 kV, de 7 metros.

En caso de cruce con autovías y autopistas, se establece una distancia mínima de 8 m.

En todo caso, en las condiciones más desfavorables, los conductores no quedarán nunca a una distancia inferior a 8 m sobre la superficie de la carretera, según se indica en las normas técnicas particulares de EDISTRIBUCIÓN, capítulo V, apartado 5.4.4.

15.5 Distancias a ferrocarriles sin electrificar

La distancia mínima para la ubicación de los apoyos será de 50 metros hasta la arista exterior de la explanación de la vía férrea.

En cualquier caso se seguirán las prescripciones indicadas por el órgano competente de la Administración.

15.6 Cruzamientos con ferrocarriles sin electrificar

La mínima distancia de los conductores sobre las cabezas de los carriles, para líneas de tensión hasta 30 kV, de 8 metros.

15.7 Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

La distancia mínima para la ubicación de los apoyos será de 50 metros hasta la arista exterior de la explanación de la vía férrea.

En cualquier caso se seguirán las prescripciones indicadas por el órgano competente de la Administración.

15.8 Cruzamientos con teleféricos y cables transportados

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica de tensión hasta 30 kV, con su máxima flecha vertical prevista, y el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será de 4 metros.

15.9 Distancias a teleféricos y cables transportados

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica de tensión hasta 30 kV, con su máxima flecha vertical prevista, y la parte más elevada del teleférico será de 5 metros.

15.10 Distancias a ríos y canales, navegables o flotables

En general la ubicación de los apoyos en las proximidades de ríos y canales navegables será a una distancia del borde del cauce fluvial superior a vez y media su altura, con un mínimo de 25 metros.

La altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será:

$$G + D_{add} + D_{el} = G + 2.3 + D_{el} \text{ en metros}$$

Donde G es el gálibo. Si no está definido se utilizará un valor de 4,7 m.

15.11 Paso por bosques y masas de arbolado

Cuando se sobrevuelen masas de arbolado se abrirán calles libres de cualquier vegetación que pueda favorecer un incendio, siempre que se cuente con la autorización del organismo competente.

De esta forma se establecerá una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en 2 metros.

En caso de no disponer del permiso necesario para abrir la calle, se mantendrá entre los conductores en su posición más desfavorable y la masa de arbolado una distancia vertical suficiente para permitir el desarrollo completo de la especie sobrevolada sin necesidad de realizar podas periódicas de la misma. Por lo tanto la distancia de los conductores al suelo deberá ser la altura máxima de la especie sobrevolada, incrementada en 2 metros.

15.12 Distancias a edificios, construcciones y zonas urbanas

No se construirán líneas por encima de edificios o instalaciones industriales.

Se establece una zona de no edificación definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en 5 m para todas las tensiones de EDE.

Durante la construcción e instalación de la LAMT se deberán aplicar las prescripciones e instrucciones de seguridad descritos en la legislación vigente, así como los criterios de seguridad que se establezcan en el Estudio de Seguridad y Salud que la dirección de obra deberá formalizar para cada obra.

El Plan definirá la evaluación de los riesgos existentes en cada fase del proyecto y los medios dispuestos para velar por la prevención de riesgos.

16 Afectaciones de la línea proyectada.

➤ **Afectación nº1: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía, Delegación territorial de Sevilla. Cruce con Vereda de la Barca de Adamuz.**

Se producirá el cruzamiento de la nueva línea de media tensión a 25 kV a ejecutar con la Vereda de Guadalcanal, propiedad del Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, entre los apoyos a instalar 6 - 7 y 25 – 26.

Superficie afectada por el cruzamiento:

- Superficie de los conductores Apoyo 06 - 07: $0,0140 \times 3 \times 55,76 = 2,34$ m².
- Superficie de los conductores Apoyo 25 - 26: $0,0140 \times 3 \times 38,38 = 1,62$ m².

➤ **Afectación nº2: Arroyo de la Capilla. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.**

Paralelismo con Arroyo de la Capilla

Se tiene previsto la instalación de dos nuevos apoyos 13 y 14 de la nueva línea aérea de media tensión, los cuales **quedarán a una distancia horizontal de 10,0 y 60,77 metros respectivamente de dicho arroyo, por lo que se encontrará dentro de la zona de policía.**

Cruce con Arroyo de la Capilla (No navegable)

Se tiene previsto la instalación de dos nuevos apoyos uno a cada lado del arroyo.

Los apoyos a instalar en todo caso deberán quedar fuera de la zona de servidumbre y a una distancia horizontal de la máxima crecida de agua mayor de 5 metros, indicada en el documento de plano.

Apoyo a instalar 13:

Distancia Horizontal: 10,0 metros

Apoyo a instalar 14:

Distancia Horizontal: 60,77 metros

A su vez también deberá de quedar el tendido a una distancia vertical en la hipótesis de máxima flecha igual o superior a lo que a continuación se indica:

- En aplicación de la ITC LAT 07 del RD 223/2008 y considerando que el arroyo no se trata de un curso navegable la distancia vertical que debe mantenerse viene determinada en el apartado 5.5 de la citada ITC:

Dad + Del = 5,3 + Del en metros,

Con un mínimo de 6 metros y 7 metros en explotaciones ganaderas o agrícolas

$5,3+0,22=5,52$ Se toma 7 metros

- En aplicación del artículo 127 del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas la distancia vertical que debe mantenerse viene determinada por:

$$H = G + 2,30 + 0,01 U$$

Donde:

G: tendrá el valor de 4,70 para casos normales y de 10,50 para cruces de embalses y ríos navegables

U será el valor de la tensión de la línea expresada en kilovoltios

$$H = 4,7+2,3+0,01 \times 25 = 7,25 \text{ metros.}$$

-En aplicación de las normas particulares de Endesa en su capítulo V apartado 5.4.4 a una distancia del curso de agua a 7 metros

En nuestro caso los conductores se encuentran a una **distancia vertical del curso de agua** en sus condiciones más desfavorables **de 13,39 metros superior** en cualquier caso **a la distancia de 7,25 y 7 metros**.

➤ **Afectación nº3: Río Guadalquivir. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.**

Paralelismo con Río Guadalquivir

Se tiene previsto la sustitución del apoyo A547547 de la nueva línea aérea de media tensión, el cual **quedará a una distancia horizontal de 40,93 m de dicho río por lo que se encontrará dentro de la zona de policía.**

Cruce con Río Guadalquivir. (Navegable)

Se tiene previsto la sustitución del apoyo A547547 a un lado del río.

Los apoyos a instalar en todo caso deberán quedar a una distancia de 25 metros y, como mínimo, vez y media la altura de los apoyos, desde el borde del cauce fluvial correspondiente al caudal de la máxima avenida, indicada en el documento de plano.

Apoyo a instalar A547547:

- Distancia Horizontal: 40,93 metros
- Altura libre del apoyo A547547: 21,09 metros=> $21,09 \times 1,5 = 31,64 < 40,93$ metros

Apoyo existente A575439:

- Distancia Horizontal: 69,82 metros
- Altura libre del apoyo A575439: 13,89 metros=> $13,89 \times 1,5 = 20,82 < 69,82$ metros

A su vez también deberá de quedar el tendido a una distancia vertical en la hipótesis de máxima flecha igual o superior a lo que a continuación se indica:

- En aplicación de la ITC LAT 07 del RD 223/2008 y considerando que el arroyo no se trata de un curso navegable la distancia vertical que debe mantenerse viene determinada en el apartado 5.5 de la citada ITC:

$$\text{Dad} + \text{Del} = 5,3 + \text{Del en metros},$$

Con un mínimo de 6 metros y 7 metros en explotaciones ganaderas o agrícolas

$$5,3+0,22=5,52 \text{ Se toma } 7 \text{ metros}$$

- En aplicación del artículo 127 del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas la distancia vertical que debe mantenerse viene determinada por:

$$H = G + 2,30 + 0,01 U$$

Donde:

G: tendrá el valor de 4,70 para casos normales y de 10,50 para cruces de embalses y ríos navegables

U será el valor de la tensión de la línea expresada en kilovoltios

$$H = 10,5+2,3+0,01 \times 25 = 13,05 \text{ metros.}$$

-En aplicación de las normas particulares de Endesa en su capítulo V apartado 5.4.4 a una distancia del curso de agua a 7 metros

En nuestro caso los conductores se encuentran a una **distancia vertical del curso de agua** en sus condiciones más desfavorables **de 19,08 metros superior** en cualquier caso **a la distancia de 13,05 y 7 metros.**

➤ **Afectación nº4: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Zona ZEC**

Parte de la reforma de la línea se encuentra en una zona declarada como Zona de Especial Conservación (ZEC) dentro de los espacios protegidos de la Red Natura 2000.

17 Normativa de referencia

17.1 Normas EDE:

- AND001 – Apoyos de perfiles metálicos para líneas hasta 36 kV.
- AND002 – Postes de hormigón armada vibrado.

- AND004 – Apoyos de chapa metálica para líneas aéreas hasta 36 kV.
- AND005– Seccionadores unipolares para líneas aéreas hasta 36 kV.
- AND007– Cortacircuitos fusibles de expulsión seccionadores hasta 36 kV.
- AND008 – Aisladores de vidrio para cadenas de líneas aéreas de AT, de tensión nominal hasta 30 kV.
- AND009 – Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas de AT, hasta 30 kV.
- AND017 - Antiescalos para apoyos metálicos de celosía
- GSC003 - Concentric-lay-stranded bare conductors.
- AND012 – Aisladores compuestos para cadenas de líneas aéreas de MT, hasta 30 kV.
- AND013 – Interruptor-secc. Trifásico de operación manual y corte y aislamiento SF6 para línea aérea MT.
- AND015 – Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes MT, hasta 36 kV.
- NZZ009 – Mapas de contaminación industrial.
- DND001 Cables aislados para redes aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV”
- GSCC004 – 12/20(24) kV AND 18/30(36) kV cold shrink compact joints for mv underground cables.
- GSCC005 – 12/20(24) kV AND 18/30(36) kV cold shrink terminations for mv
- GSCC006 – 12/20(24) KV AND 18/30(36) KV separable connectors for mv cables.
- AND0015 Pararrayos de Óxidos Metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.
- CNL002 Tubos Polietileno (Libres de halógenos) para canalizaciones subterráneas
- NNH001 Arquetas Prefabricadas para Canalizaciones Subterráneas.
- NMH00100 Guía de Montaje e Instalación de Arquetas Prefabricadas de Poliester, Polietileno o Polipropileno para Canalizaciones Subterráneas
- NNH00200 Marcos y tapas de fundición para canalizaciones subterráneas.

17.2 Normas UNE, EN, IEC:

- UNE 21018:1980, Normalización de conductores desnudos a base de aluminio, para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 21021, Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
- UNE 21056, Electrodo de puesta a tierra. Picas cilíndricas acoplables de acero-cobre.
- UNE 207015, Conductores desnudos de cobre duro cableados para líneas eléctricas aéreas
- UNE 207016, Postes de hormigón tipo HV y HVH para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 207017, Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.

- UNE 207018, Apoyos de chapa metálica para líneas eléctricas aéreas de distribución.
- UNE 21120, Fusibles de alta tensión.
- UNE 50182, Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE-EN 60099-4, 2005: Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- UNE-EN 61109, Aisladores para líneas aéreas. Aisladores compuestos para la suspensión y anclaje de líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1.000 V.
- UNE-EN 61466, Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV.
- UNE-EN 60305, Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Elementos de las cadenas de aisladores de material cerámico o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza y vástago.
- UNE-EN 60383, Ensayos de aisladores para líneas superiores a 1000V.
- UNE-EN 61238, Conectores mecánicos y de compresión para cables de energía de tensiones asignadas hasta 36 kV ($U_m=42$ kV).
- UNE-EN 61466, Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV.
- UNE-IEC/TS 60815-3:2013 EX, Selección y dimensionamiento de aisladores de alta tensión destinados para su utilización en condiciones de contaminación. Parte 3: Aisladores poliméricos para redes de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-102:2005, Aparata de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- IEC 60120, Dimensiones de acoplamientos de rótula en cadenas de aisladores.

18 Siglas

EDE: EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U.

CTI: Centro de Transformación Intemperie

MT: Media Tensión

BT: Baja Tensión

PT: Proyecto Tipo

RD: Real Decreto

XLPE: Aislamiento de Polietileno Reticulado

19 Criterios de planificación y ejecución del proyecto.

El alcance del proyecto en estudio es el siguiente.

19.1 Alcance temporal

Según todo lo expuesto, se consideran necesarios 35 días para finalizar las obras objeto del presente proyecto y 4 semanas más en concepto de permisos y puesta en servicio.

El contratista deberá ratificar y/o modificar el presente planning realizado sin carácter limitativo considerando rendimientos de trabajo estándar.

20 Organismos afectados

A continuación se indican los organismos o entidades afectados por la línea aérea y subterránea en proyecto, bien por cruzamientos o por paralelismos, que cumplen lo que al respecto se establece en el apartado 5.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

- Ayuntamiento de Montoro.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. Delegación territorial de Sevilla.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

21 Conclusiones

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, se espera que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, y se emitan las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.

Córdoba, Febrero de 2021

**El Ingeniero Técnico Industrial
Tiburcio Cañadas Olmo
Número de Colegiado 2931 COPITICO**

Documento 2

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1	Cálculos eléctricos de la línea aérea de media tensión.....	55
1.1	Capacidad de transporte del cable	55
1.2	Caídas de tensión.....	56
1.3	Pérdidas de potencia	57
2	Cálculos mecánicos de la línea aérea de media tensión	57
2.1	Cálculos mecánicos de los conductores.....	57
2.1.1	Cargas permanentes.....	58
2.1.2	Carga de viento	58
2.1.3	Carga de hielo	59
2.1.4	Hipótesis de tracciones máximas	60
2.1.5	Hipótesis de flechas máximas	61
2.1.6	Determinación de la tracción en los conductores.....	61
2.1.7	Determinación de las flechas	62
2.1.8	Fenómenos vibratorios.....	62
2.2	Cálculo de apoyos.....	63
2.3	Aislamiento y herrajes	68
2.3.1	Aisladores	68
2.3.2	Herrajes.....	70
2.4	Datos generales de la instalación	70
2.5	Tablas resumen cálculos	72
3	Cálculo de las cimentaciones.....	93
4	Puesta a tierra apoyos.....	94
4.1	Datos iniciales	94
4.2	Cálculo de la puesta a tierra de los apoyos.....	95
4.2.1	Apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados.....	95
4.2.2	Investigación de las características del terreno. Resistividad.....	96
4.2.3	Determinación de la intensidad de defecto	98
4.2.4	Tiempo de eliminación del defecto	100
4.2.5	Resistencia de tierra de los electrodos	101
4.2.6	Cálculo de tierras apoyos no frecuentados.....	103
4.2.7	Cálculo de tierras apoyos frecuentados	103

1 Cálculos eléctricos de la línea aérea de media tensión

Los cálculos eléctricos que definen los materiales se justifican en función de las siguientes premisas.

Tal como se ha indicado en el documento memoria, la línea aérea objeto de este proyecto tiene una tensión de servicio de 25 kV.

1.1 Capacidad de transporte del cable

La potencia máxima admisible que circulará por la línea será:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \varphi_{med}$$

Siendo:

P_{máx} = Potencia máxima a transportar, en kW.

U = Tensión nominal de la línea, en kV.

I_{máx} = Intensidad máxima admisible del conductor, en A.

cosφ_{med} = factor de potencia medio de las cargas receptoras

La intensidad máxima de corriente se obtiene de acuerdo a lo indicado en el apartado 4.2 de la ITC-LAT 07.

La densidad máxima de corriente admisible por un conductor de sección S se obtiene de la tabla 11 de la citada instrucción interpolando entre la sección inferior y superior y aplicando el correspondiente coeficiente reductor en función de su composición.

$$I_{m\acute{a}x} = \sigma \cdot S$$

Siendo:

σ = Densidad máxima admisible por un conductor, en A/mm².

S = Sección del conductor, en mm².

Los conductores más habituales empleados en las LAMT de EDE y su intensidad máxima admisible se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Intensidad máxima admisible conductores habituales

Conductor en zonas sin contaminación o con contaminación ligera	Sección (mm ²)	Alambres Aluminio	Alambres Acero	I _{máx} (A)
47AL1/8-ST1A (antes LA-56)	54,6	6	1	199
94-AL1/22-ST1A (antes LA-110)	116,2	30	7	318
147-AL1/34-ST1A (antes LA-180)	181,6	30	7	431

Conductor en zonas con contaminación salina fuerte o muy fuerte	Sección (mm ²)	Alambres Aluminio	Alambres Acero	I _{máx} (A)
47-AL1/8-A20SA (antes LARL-56)	54,6	6	1	199
67-AL1//11-A20SA (antesLARL-78)	78,6	6	1	253
107-AL1/18-A20SA (antesLARL-125 E)	125,1	6	1	340
119-AL1/28-A20SA (antesLARL-145 E)	147,1	15	4	374
147-AL1/34-A20SA (antes LARL-180 E)	181,3	30	7	431

Teniendo en cuenta que en la línea a instalar se utilizará conductor del tipo 47-AL1/8-ST1A (LA-56), la potencia máxima admisible que circulará por la línea será:

Siendo la potencia máxima admisible que circulará por la línea será:

$$P_{\max} = \sqrt{3} * 15 * 318 * 0.8 = 6609,50 \text{ kW}$$

1.2 Caídas de tensión

La caída de tensión vendrá dada por la siguiente expresión:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} \cdot (R_{50} + X \cdot \operatorname{tg} \varphi) \text{ en valor absoluto}$$

$$U_c (\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{50} + X \cdot \operatorname{tg} \varphi) \text{ en valor porcentual}$$

Siendo:

U_c = Caída de tensión objeto del cálculo.

P = Potencia a transportar, en kW.

L = Longitud de la línea, en km.

U = Tensión nominal de la línea, en kV.

R_{50} = Resistencia del conductor en Ω/km a 50 °C, incluidos el efecto piel y el efecto proximidad.

X = Reactancia de la línea en, Ω/km .

ϕ = Angulo de desfase, en radianes.

Los cálculos eléctricos de la línea aérea de media tensión a instalar se muestran más adelante en el apartado de tablas de resultado.

1.3 Pérdidas de potencia

Se analizarán las pérdidas de potencia por efecto Joule en la línea calculadas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2$$

Siendo:

R_{50} = Resistencia del conductor en Ω/km

L = Longitud de la línea, en km.

I = Intensidad de la línea, en amperios.

Los cálculos eléctricos de la línea aérea de media tensión a instalar se muestran más adelante en el apartado de tablas de resultado.

2 Cálculos mecánicos de la línea aérea de media tensión

2.1 Cálculos mecánicos de los conductores

Los criterios de cálculo mecánico de conductores se establecerán en base a lo especificado en el apartado 3 de la ITC-LAT 07.

Las tensiones mecánicas y las flechas con que debe tenderse el conductor dependen de la longitud del vano y de la temperatura del conductor en el momento del tendido, de forma que al variar ésta, la tensión del conductor en las condiciones más desfavorables no sobrepase los límites es-

tablecidos. En el cálculo mecánico de los conductores se aplicarán los criterios de diseño indicado en el apartado 2.1.1 y siguientes.

2.1.1 Cargas permanentes

Se consideran cargas verticales debidas al peso propio de los elementos, en este caso del conductor, cadenas de aisladores, herrajes y accesorios.

Los pesos de los conductores y herrajes de las líneas objeto del presente documento son los indicados en las Normas GSC003 para los conductores, AND009 para los herrajes, AND008 para los aisladores de vidrio y AND012 para los aisladores compuestos.

2.1.2 Carga de viento

Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h (33,3 m/s) de velocidad, supuesto de componente horizontal y actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

En caso de que se prevea un viento excepcional y superior a 120 km/h, su valor V_v será fijado por el proyectista en función de las velocidades registradas en las estaciones meteorológicas más próximas a la zona por donde transcurre la línea.

La presión del viento sobre el conductor se calcula para la velocidad especificada V_v de la forma siguiente, según apartado 3.1.2.1. de la ITC-LAT 07:

$$q = 60 \cdot \left(\frac{v_v}{120} \right)^2 daN/m^2 \text{ para conductores de } d \leq 16mm$$

$$q = 50 \cdot \left(\frac{v_v}{120} \right)^2 daN/m^2 \text{ para conductores de } d > 16mm$$

Por lo tanto, la acción total del viento sobre el conductor se obtiene de la siguiente expresión:

$$P_v = q \cdot d \left(\frac{daN}{m} \right)$$

Siendo:

d = diámetro del conductor en m.

q = presión del viento.

Resultando una presión de viento de:

Tabla 2. Presión de viento por metro lineal sobre los conductores

Denominación conductor	Denominación antigua	Diámetro conductor (mm)	q _v para viento de 120 km/h (daN/m)	q _v para viento de 160 km/h (daN/m)	q _v para viento de 180 km/h (daN/m)
47AL1/8-ST1A	LA 56	9,45	0,567	1,008	1,276
94-AL1/22-ST1A	LA 110	14	0,840	1,493	1,890
147-AL1/34-ST1A	LA 180	17,5	0,875	1,566	1,969
47-AL1/8-20SA	LARL 56	9,45	0,567	1,008	1,276
67-AL1/11-20SA	LARL 78	11,3	0,678	1,205	1,526
107-AL1/18-A20SA	LARL 125E	14,31	0,859	1,526	1,932
119-AL1/28-A20SA	LARL 145 E	15,75	0,945	1,680	2,126
147-AL1/34-A20SA	LARL 180	17,5	0,875	1,566	1,969
148-AL3	D-145	15,8	0,948	1,685	2,133
C 35		7,56	0,454	0,806	1,021
C 50 E		9	0,540	0,960	1,215
C 70		10,85	0,651	1,157	1,465
C 95		12,6	0,756	1,344	1,701

2.1.3 Carga de hielo

Las sobrecargas de hielo a considerar para el cálculo de conductores en función de la zona en que se proyecten serán las siguientes:

- **Zona A: Altitud inferior a 500 m**

No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

- **Zona B: Altitud comprendida entre 500 y 1000 m**

Se considerarán sometidos los conductores a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor, $q_v = 0,18 \cdot \sqrt{d}$ daN/m, siendo "d" el diámetro del conductor en milímetros.

- **Zona C: Altitud superior a 1000 m**

Se considerarán sometidos los conductores a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor, $qV = 0,36 \cdot \sqrt{d}$ daN/m, siendo “d” el diámetro del conductor en milímetros. Para altitudes superiores a 1500 metros, el proyectista deberá establecer las sobrecargas de hielo mediante estudios pertinentes, no pudiéndose considerar sobrecarga de hielo inferior a la indicada anteriormente.

Para acciones climatológicas no contempladas en el reglamento y de origen diferente a las definidas en el mismo, se adoptarán las medidas necesarias mediante los cálculos justificativos adecuados.

2.1.4 Hipótesis de tracciones máximas

Las hipótesis de sobrecarga que deberán considerarse para el cálculo de la tensión máxima en los conductores serán las definidas en el apartado 3.2.1 ITC-LAT 07 del R.L.A.T, según la zona por la que discorra la línea, considerando una velocidad el viento de 120 km/h. Las sobrecargas que les son aplicables son las siguientes:

Tabla 3. Resumen hipótesis de tracciones máximas (tabla 4 ITC-LAT 07)

ZONA A, Altitud inferior a 500 m			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga de Viento	Sobre carga de hielo
Tracción máxima de viento	-5	Según apartado 2.1.2 y 3.1.2 ITC-LAT 07	No se aplica
ZONA B, Altitud comprendida entre 500 y 1000 m			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga de Viento	Sobre carga de hielo
Tracción máxima de viento	-10	Según apartado 2.1.2 y 3.1.2 ITC-LAT 07	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según apartado 2.1.3 y 3.1.3 ITC-LAT 07
ZONA C, Altitud superior a 1000 m			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga de Viento	Sobre carga de hielo
Tracción máxima de viento	-15	Según apartado 2.1.2 y 3.1.2 ITC-LAT 07	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según apartado 2.1.3 y 3.1.3 ITC-LAT 07

En caso de que se prevea la aparición en la zona de un viento excepcional, se considerarán los conductores, a la temperatura de -5°C en zona A, -10°C en zona B y -15°C en zona C, sometidos a su propio peso y a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad superior a 120 km/h. El valor de la velocidad de viento excepcional será fijado por el proyectista, en función de las velocidades registradas en las estaciones meteorológicas más próximas a la zona por donde transcurre la línea.

En altitudes superiores a 1.500 m se realizarán estudios específicos para determinar la sobrecarga motivada por el hielo, no pudiendo ser nunca inferior a la indicada para la zona C.

La tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura mínima, dividida por 3, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la **Tabla 3** en función de que la zona sea A, B o C, estos son los siguientes:

2.1.5 Hipótesis de flechas máximas

De acuerdo con el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, se determinará la flecha máxima de los conductores en las siguientes hipótesis:

- a) **Hipótesis de viento:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según apartado 3.1.2. ITC-LAT 07 a la temperatura de $+15^{\circ}\text{C}$, con una velocidad de 120 km/h.
- b) **Hipótesis de temperatura:** Sometidos a la acción de su peso propio a la temperatura de $+50^{\circ}\text{C}$.
- c) **Hipótesis de hielo:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de hielo según zona, según apartado 3.1.3 ITC-LAT 07, a la temperatura de 0°C .

Sobre carga de hielo según zona:

No se considera para zona A.

$018 \cdot \sqrt{d}$ daN/m para zona B.

$036 \cdot \sqrt{d}$ daN/m para zona C.

Siendo “d” el diámetro del cable en milímetros.

En altitudes superiores a 1.500 m se realizarán estudios específicos para determinar la sobrecarga motivada por el hielo, no pudiendo ser nunca inferior a la indicada para la zona C.

2.1.6 Determinación de la tracción en los conductores

Para el cálculo de las flechas y tensiones de los conductores, a partir de unas condiciones iniciales preestablecidas, se utiliza la ecuación de cambio de condiciones en su forma exacta:

$$\frac{2 \cdot T_2}{p_2} \cdot \operatorname{senh} \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} = \frac{2 \cdot T_1}{p_1} \cdot \operatorname{senh} \frac{a \cdot p_1}{2 \cdot T_1} \left[1 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) + \frac{T_1 - T_2}{E \cdot S} \right]$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad en daN/mm².

α = Coeficiente de dilatación lineal en °C⁻¹.

S = Sección del conductor en mm².

a = Vano en m.

T₁, T₂ = Tenses en daN en los estados inicial y final.

p₁, p₂ = Peso del conductor en los estados inicial y final en daN/m.

θ₁, θ₂ = Temperaturas del conductor en los estados inicial y final en °C.

Para condiciones de viento o de hielo será necesario tener en cuenta, para la resolución de la ecuación de cambio de condiciones, la velocidad del viento V y el coeficiente C para el cálculo del peso del manguito de hielo en función de la zona y el diámetro del conductor.

2.1.7 Determinación de las flechas

Conocido el valor de T₂, se calcula la flecha correspondiente con la ecuación siguiente:

$$f = \frac{T_2}{p_2} \cdot \left(\cosh \frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_2} - 1 \right)$$

f = Máxima flecha del conductor.

a = Vano en m.

T₂ = Tenses en daN en los estados inicial y final.

p₂ = Peso del conductor en los estados inicial y final en daN/m.

2.1.8 Fenómenos vibratorios

El valor denominado EDS, "every day stress", representa la carga media de todos los días, situación en la que a lo largo del año están los cables un mayor período de tiempo, y que se mide como porcentaje respecto a la carga de rotura:

$$EDS = \frac{\text{Tracción del cable a } 15^\circ\text{C de temperatura y calma}}{\text{Carga de rotura del cable}} = \%$$

Cuando el EDS es inferior al 15 %, no se producen fenómenos vibratorios que dañen el conductor, por lo tanto el diseño de las líneas será tal que la tracción a la temperatura de 15°C no supere el 15% de la carga de rotura.

En el diseño se tendrá también en cuenta que el CHS o tensión del conductor en horas frías no sea superior al 20%.

2.2 Cálculo de apoyos

El dimensionado mecánico de los apoyos se realizará teniendo en cuenta:

- El coeficiente de seguridad para la tracción máxima admisible de los conductores será como mínimo de 3, considerando las diferentes hipótesis de sobrecargas establecidas en la tabla 4 de la ITC-LAT 07,
- Aparte del peso propio de los conductores, se contemplaran las hipótesis de sobrecarga que establece la ITC-LAT 07, Apdo. 3.1,
- En cumplimiento de la ITC-LAT 07, Apdo. 3.1.2 se considerará un viento mínimo de 120 km/h sobre los elementos de la línea,
- Para el cálculo de la distancia mínima entre los conductores se considerará un coeficiente de oscilación k, que figura en la Tabla 16, Apdo. 5.4 de la ITC-LAT 07, correspondiente a una $U_n \leq 30$ kV,
- Los cálculos se realizarán para las sobrecarga según zona (A, B, C),
- Las hipótesis de cálculo, según la ITC-LAT 07, Apdo. 3.5.3, serán las siguientes:
 - 1ª hipótesis: viento.
 - 2ª hipótesis: hielo.
 - 3ª hipótesis: desequilibrio tracciones.
 - 4ª hipótesis: rotura de conductores.
- En caso de cruces o paralelismos, según el apartado 5.3 ITC-LAT 07, el coeficiente de seguridad apoyos, crucetas y cimentaciones deberá ser un 25% superior a lo establecido en el caso de hipótesis normales 1H, 2H y 3H (3H solamente en caso de prescindir de la 4H).

Para el dimensionado de todos los apoyos, se aplicaran las expresiones descritas a continuación, para cada una de las situaciones de cada apoyo.

Tabla 5. Tabla de cálculo apoyos según hipótesis reglamentarias

Tipo de Apoyo	Tipo de Esfuerzo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de Conductores)
Suspensión en alineación	Vq	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$	0	0	0
	L	0	0	$n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C) $n \cdot (T_2 - T_1)$	$(\%rot.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h (\%rot.) \cdot T_h$ (B y C) $n \cdot (\%rot.) \cdot T_v$
% des. = Coeficiente disequilibrio; 8% para $U_n \leq 66$ kV % rot. = Coeficiente rotura en % de la tensión del cable roto; 50% para $n = 1$ o 2 , 75% para $n = 3$ y 100% para $n = 4$.					
Amarre en alineación	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{herr.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$	0	0	0
	L	0	0	$n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C) $n \cdot (T_2 - T_1)$	T_v (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h T_h$ (B y C)
% des. = Coeficiente disequilibrio; 15% para $U_n \leq 66$ kV					

Tipo de Apoyo	Tipo de Esfuerzo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de Conductores)
Suspensión en ángulo	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$			
	T	$n \cdot (F_T + R_{áng})$	$n \cdot R_{áng.hielo}$	$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$(2 \cdot n - 1) \cdot \%rot \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $(2 \cdot n - 1) \cdot \%rot \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
		$F_T = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad R_{áng} = 2 \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad R_{áng.hielo} = 2 \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$			
	L	0	0	$n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$\%rot \cdot T_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $\%rot \cdot T_h \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
		<p>% des. = Coeficiente disequilibrio; 8% para $U_n \leq 66$ kV % rot. = Coeficiente rotura en % de la tensión del cable roto; 50% para $n = 1$ o 2, 75% para $n = 3$ y 100% para $n = 4$.</p>			
Amarre en ángulo	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$			
	T	$n \cdot (F_T + R_{áng})$	$n \cdot R_{áng.hielo}$	$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$(2 \cdot n - 1) \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $(2 \cdot n - 1) \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
		$F_T = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad R_{áng} = 2 \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad R_{áng.hielo} = 2 \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$			
	L	0	0	$n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$T_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $T_h \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
		<p>% des. = Coeficiente disequilibrio; 15% para $U_n \leq 66$ kV.</p>			

Tipo de Apoyo	Tipo de Esfuerzo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de Conductores)
Anclaje en alineación	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$			
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$	0	0	0
	L	0	0	$n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ $n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (B y C) $n \cdot (T_2 - T_1)$	$n \cdot (\%rot.) \cdot T_v$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ $n \cdot (\%rot.) \cdot T_h$ (B y C)
<p>% des. = Coeficiente disequilibrio para apoyos de anclaje; 50%.</p> <p>% rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 100% para n = 1, 50% para n ≥ 2.</p>					
Anclaje en ángulo	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zona A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (zonas B y C)	
		$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left(\frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$			
	T	$n \cdot (F_T + R_{áng})$	$n \cdot R_{áng.hielo}$	$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$n \cdot \%rot. \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot \%rot. \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
	$F_T = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad R_{áng} = 2 \cdot T_v \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad R_{áng.hielo} = 2 \cdot T_h \cdot \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$				
L		0	0	$n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)	$\%rot. \cdot T_v \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (A) $\%rot. \cdot T_h \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$ (B y C)
	<p>% des. = Coeficiente disequilibrio para apoyos de anclaje; 50%.</p> <p>% rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 100% para n = 1, 50% para n ≥ 2.</p>				
de Línea	V	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$	$P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$	No se aplica	$P_{cond.} + P_{cad.} + P_{her.}$ (A) $P_{cond.+hielo} + P_{cad.} + P_{her.}$ (B y C)

Tipo de Apoyo	Tipo de Esfuerzo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de Conductores)
			$P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) \right]$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[\frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) \right]$ $P_{cond} = n \cdot p \left[\frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left(\frac{d_1}{a_1} \right) \right]$	$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $p_{ap} = p + h$ $p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$	
	T	$n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1}{2}$	0	No se aplica	0
	L	$n \cdot T_v$	$n \cdot T_h$	No se aplica	$n \cdot T_v$ (A) $n \cdot T_h$ (B y C)

V = esfuerzo vertical
longitudinal

T = esfuerzo transversal

L = esfuerzo

$P_{cond} =$	Peso de los conductores	daN
$P_{cad} =$	Peso de las cadenas de aisladores	daN
$P_{her} =$	Peso de los herrajes	daN
$p =$	Peso propio de un metro de conductor	daN/m
$h =$	Sobrecarga de hielo (según zona) por cada metro de conductor	daN/m
$q =$	Presión del viento sobre un metro de conductor a la velocidad reglamentaria	daN/m
$p_{ap} =$	Peso aparente, resultante del peso propio del conductor más la sobrecarga según hipótesis y zona por metro de conductor	daN/m
$a_1 =$	Vano anterior	m
$a_2 =$	Vano posterior	daN · m
$d_1 =$	Desnivel vano anterior	m
$d_2 =$	Desnivel vano posterior	m
$n =$	Nº de conductores	
$d =$	Diámetro del conductor	m
$\alpha =$	Ángulo de desviación de la línea	Grados
$T_v =$	Tensión horizontal máxima en un conductor a la temperatura según zona con viento reglamentario	daN
$T_h =$	Tensión horizontal máxima en un conductor con sobrecarga de hielo i temperatura según zona	daN
$F_T =$	Esfuerzo transversal de un conductor debido al viento	daN
$R_{an} =$	Esfuerzo resultante en ángulo de un conductor	m

En las líneas de tensión nominal objeto del presente proyecto tipo, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.

Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.

Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Para todas las hipótesis, también se considerará como carga permanente, el desequilibrio que pueda existir en un apoyo de anclaje, cuando los tenses de un lado y otro del apoyo no tengan la misma magnitud. Este tipo de acción no debe confundirse con la hipótesis de desequilibrio (3ª hipótesis el reglamento) que viene especificada en la ITC-LAT 07, hipótesis que se tiene en cuenta por posibles desequilibrios en operaciones de montaje, pero que una vez finalizadas dejan de existir.

2.3 Aislamiento y herrajes

2.3.1 Aisladores

Según establece la ITC-LAT 07, apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$C.S = \text{Carga rotura aislador} / T_{\text{máx}} \geq 3$$

Las cadenas de aisladores que se usaran en función de los conductores de la línea se define en la siguiente tabla:

Tabla 6. Conductores admisibles según cadena de aisladores

Aislador	Carga de rotura (daN)	Tracción máxima admisible (daN)	Conductores admisibles	Tensión nominal / Tensión más elevada	Nivel contaminación
U40BS	4.000	1.333	LA 56, LA 110, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, C35, C50E, C70, C95.	--	Normal
U70BS	7.000	2.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	--	Normal
CS 70 EB 125/600-455	7.000	2.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	20/24	Alto
CS 100 EB 125/835-455	10.000	3.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	20/24	Muy alto
CS 70 EB 170/900-555	7.000	2.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	30/36	Alto
CS 100 EB 170/1250-555	10.000	3.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	30/36	Muy alto

Aislador	Carga de rotura (daN)	Tracción máxima admisible (daN)	Conductores admisibles	Tensión nominal / Tensión más elevada	Nivel contaminación
CS 70 EB 170/1250-1150	7.000	2.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	30/36	Muy alto
CS 70 EB 125/835-400	7.000	2.333	LA 56, LA 110, LA 180, LARL 56, LARL 78, LARL 125E, LARL 145E, LARL 180, D-145, C35, C50E, C70, C95.	20/24	Muy alto

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC-LAT 07) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

2.3.2 Herrajes

Según establece el apartado 3.3 de la ITC-LAT 07, los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobare sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

Las características de los herrajes utilizados para las cadenas cumplirán la norma AND009 "Herrajes y accesorias para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV".

2.4 Datos generales de la instalación

Tensión de la línea: 25 kV

Tensión más elevada del material: 36 kV

Zona: A

CONDUCTOR.

Tipo LA-110 (94-AL/22-ST1A) a instalar, de las siguientes características:

Características conductor	Valores
Material	Aluminio – Acero
Sección total	116,2 mm ²
Diámetro aparente	14 mm
Radio	7 mm
Número hilos Al	30
Número hilos Ac	7
Peso unitario	432 kg/km
Módulo de elasticidad	8100 kg/mm ²
Coefficiente dilatación	0,00001910 °C
Resistencia eléctrica	0,3066 ohm/km
Carga de rotura	4.400

Tipo LA-56 (47-AL/8-ST1A) a instalar, de las siguientes características:

Características conductor	Valores
Material	Aluminio – Acero
Sección total	54,6 mm ²
Diámetro aparente	9,5 mm
Radio	4,75 mm
Número hilos Al	6
Número hilos Ac	1
Peso unitario	189 kg/km
Módulo de elasticidad	8100 kg/mm ²
Coefficiente dilatación	0,00001910 °C
Resistencia eléctrica	0,6163 ohm/km
Carga de rotura	1.670

AISLAMIENTO

Características aislador	Valores
Material	Resina epoxi, silicona
Designación	CS70AB 170/1150
Carga de rotura electromecánica	7.000 daN
Línea de fuga	1350 mm
Nivel de aislamiento	
<ul style="list-style-type: none"> • A frecuencia industrial bajo lluvia, valor eficaz • A impulso tipo rayo, valor lluvia, valor eficaz 	<p>80 kV</p> <p>200 kV</p>
Peso neto aislador	1,92 kg
Peso de la cadena con herrajes (aislador, grillete, rotula y grapa)	3,94 kg

2.5 Tablas resumen cálculos

DATOS DE LA LÍNEA

Datos de la línea	Fase
TENSIÓN (kV)	25
CONDUCTOR	LA-110 (94-AL/22-ST1A) LA-56 (47-AL1/8-ST1A)
NÚMERO FASES	3
NÚMERO COND/FASE	1
LONGITUD CADENA SUSP. (m)	1
LONGITUD CADENA AMARRE (m)	1
ALTURA DEL PUENTE (m)	0,70
TEMP. MAX. TENDIDO (°C)	50
VELOCIDAD VIENTO (Km/h)	120

DATOS DEL CONDUCTOR

LA-110

Datos del conductor	Fase
EDS Max. (%) Zona A	15
EDS Max. (%) Zona B	15
EDS Max. (%) Zona C	15
SOBR. VIENTO 120 Km/h (daN/m)	0,857
SOBR. VIENTO 1/2 120Km/h (daN/m)	0,428
ÁNGULO OSCILACIÓN 120 Km/h (°)	63,18
PESO VIENTO 120 Km/h (daN/m)	0,960
PESO VIENTO 1/2 120Km/h (daN/m)	0,609
PESO HIELO ZONA B (daN/m)	1,120
PESO HIELO ZONA C (daN/m)	1,807

LA-56

Datos del conductor	Fase
EDS Max. (%) Zona A	15
EDS Max. (%) Zona B	15
EDS Max. (%) Zona C	15
SOBR. VIENTO 120 Km/h (daN/m)	0,581
SOBR. VIENTO 1/2 120Km/h (daN/m)	0,291
ÁNGULO OSCILACIÓN 120 Km/h (°)	71,99
PESO VIENTO 120 Km/h (daN/m)	0,611
PESO VIENTO 1/2 120Km/h (daN/m)	0,347
PESO HIELO ZONA B (daN/m)	0,755
PESO HIELO ZONA C (daN/m)	1,321

CÁLCULOS ELÉCTRICOS POR CIRCUITO LA-110 (94-AL/22-ST1A)

Cálculos eléctricos	Valores
TENSIÓN DE LA LÍNEA (kV)	25
DENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE (A/mm ²)	2,73
INTENSIDAD MÁXIMA (A)	317,24
POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR (kW)	10.990
CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA (V)	856,36
CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA (%)	3,43
MÁXIMA POTENCIA PERDIDA (kW)	299,0
MÁXIMA POTENCIA PERDIDA (%)	2,72

DATOS TOPOGRÁFICOS

APOYOS		L. VANO (m)		TENSE MÁX (Kg)		COTA DEL TERRENO (m)	ÁNGULO INT (Cent.)	Altura útil cruc. inf. replanteo (m)	ZONA	TIPO TERRENO	SEGURIDAD REFORZADA
Nº	FUNCIÓN	ANTERIOR	POSTERIOR	ANTERIOR	POSTERIOR						
1	ENTR. FL	0	110,02	0	1100	210,6		10,5	A	Normal	NO
2	ENTR. AN-AM	110,02	128,5	1100	1100	217,11	195,3	12,5	A	Normal	NO
3	AL-AM	128,5	128,5	1100	1100	220,6		12,5	A	Normal	NO
4	AL-AM	128,5	128,68	1100	1100	234,14		12,5	A	Normal	NO
5	AN-AM	128,68	128,98	1100	1100	242,7	192,39	12,5	A	Normal	NO
6	ENTR. AN-AM	128,98	129,65	1100	1100	242,94	172,5	12,5	A	Normal	NO
7	AN-AM	129,65	128	1100	1100	225	195,23	12,5	A	Normal	NO
8	AL-AM	128	128	1100	1100	214,36		12,5	A	Normal	NO
9	ENTR. AN-AM	128	92,63	1100	1100	207,19	194,7	12,5	A	Normal	NO
10	AN-AM	92,63	120,64	1100	1100	203,98	187,53	12,5	A	Normal	NO
11	ENTR. AN-AM	120,64	131,35	1100	1100	204,93	196,32	12,5	A	Normal	NO
12	AL-AM	131,35	131,35	1100	1100	198,31		12,5	A	Normal	NO
13	AN-AM	131,35	159,19	1100	1100	191,23	144,21	12,5	A	Normal	NO
14	AN-AM	159,19	120	1100	1100	203	182,52	14,5	A	Normal	NO
15	ENTR. AN-ANC	120	95,03	1100	1100	215,51	185	12,5	A	Normal	NO
16	AL-AM	95,03	112,09	1100	1100	218,82		12,5	A	Normal	NO

APOYOS		L. VANO (m)		TENSE MÁX (Kg)		COTA DEL TERRENO (m)	ÁNGULO INT (Cent.)	Altura útil cruc. inf. replanteo (m)	ZONA	TIPO TERRENO	SEGURIDAD REFORZADA
Nº	FUNCIÓN	ANTERIOR	POSTERIOR	ANTERIOR	POSTERIOR						
17	AN-AM	112,09	111,23	1100	1100	219,11	188,95	12,5	A	Normal	NO
18	AL-AM	111,23	127,52	1100	1100	226,46		14,5	A	Normal	NO
19	AN-AM	127,52	135,67	1100	1100	235,71	186,81	12,5	A	Normal	NO
20	AL-AM	135,67	135,73	1100	1100	239,13		12,5	A	Normal	NO
21	AL-AM	135,73	136,5	1100	1100	242,02		12,5	A	Normal	NO
22	AN-AM	136,5	140,17	1100	1100	240,62	169,62	12,5	A	Normal	NO
23	AN-AM	140,17	140,16	1100	1100	227,76	189,21	12,5	A	Normal	NO
24	AN-AM	140,16	101,27	1100	1100	214,52	154,12	12,5	A	Normal	NO
25	AL-AM	101,27	130,63	1100	1100	202,8		12,5	A	Normal	NO
26	AN-AM	130,63	98,39	1100	1100	167,59	191,16	12,5	A	Normal	NO
A547547	FL	98,39	0	1100	0	148,78		16,5	A	Normal	SI

APOYOS		L. VANO (m)		TENSE MÁX (Kg)		COTA DEL TERRENO (m)	ÁNGULO INT (Cent.)	Altura útil cruc. inf. replanteo (m)	ZONA	TIPO TERRENO	SEGURIDAD REFORZADA
Nº	FUNCIÓN	ANTERIOR	POSTERIOR	ANTERIOR	POSTERIOR						
A575439	FL	0	80,09	0	450	154,28		8,55	A	Normal	NO
A547547	ENTR. AL-AM	80,09	170,19	450	540	147,75		16,5	A	Normal	SI
A547438	FL	170,19	0	540	0	147,02		12,5	A	Normal	NO

APOYOS		L. VANO (m)		TENSE MÁX (Kg)		COTA DEL TERRENO (m)	ÁNGULO INT (Cent.)	Altura útil cruc. inf. replanteo (m)	ZONA	TIPO TERRENO	SEGURIDAD REFORZADA
Nº	FUNCIÓN	ANTERIOR	POSTERIOR	ANTERIOR	POSTERIOR						
S/N 01	FL	0	64,38	0	292	207,55		7	A	Normal	NO
01	FL	64,38	0	292	0	210,6		10,5	A	Normal	NO

DISTANCIAS

DISTANCIAS AMARRES “S”

Núm. apoyo	Func. apoyo	Tipo torre	Tipo armado	Altura Util conductor replanteo	Altura Util conductor definitivo	Características del armado (m)				Comprobación ahorcamiento con alturas definitivas			Comprobación dist. entre conductores en el apoyo (m)			Comprobación dist. entre conductores en el vano (m)				Comprobación dist. a masa (m)								
						"b"	"a"	"c"	"h"	β (°)	β (°) Máx admisible	Estado apoyo	Dist. entre fases exigida mínima	Distancia existente Fase-Fase	Distancia existente Fase-Prot	Dist. entre fases exig. Vano ant.	Dist. exist. fase-prot. Vano ant.	Dist. entre fases exig. Vano post.	Dist. exist. fase-prot. Vano post.	Lpuent	D1	D2sup	D2int	D2inf	D3sup	D3int		
3	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,15	2,4	--	1,14	--	1,15	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
4	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,15	2,4	--	1,15	--	1,15	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
8	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,14	2,4	--	1,14	--	1,14	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
12	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,16	2,4	--	1,16	--	1,16	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
16	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,04	2,4	--	0,93	--	1,04	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
18	AL-AM	C-1000-20	S	14,5	15,2	1,2	1,5	1,5	--				1,14	2,4	--	1,03	--	1,14	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
20	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,19	2,4	--	1,19	--	1,19	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
21	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,2	2,4	--	1,19	--	1,2	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	
25	AL-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	--				1,17	2,4	--	0,97	--	1,17	--	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	--	

DISTANCIAS ANGULOS "S"

Núm. apoyo	Func. apoyo	Tipo torre	Tipo armado	Altura util conductor replanteo	Altura util conductor definitivo	Características del armado (m)				Comprobación ahorcamiento con alturas definitivas			Comprobación dist. entre conductores en el apoyo (m)			Comprobación dist. entre conductores en el vano (m)				Comprobación dist. a masa (m)								
						"b"	"a"	"c"	"h"	β (°)	β (°) Máx admisible	Estado apoyo	Dist. entre fases exigida mínima.	Distancia existente Fase-Fase	Distancia existente Fase-Prot	Dist. entre fases exig. Vano ant.	Dist.exist. fase-prot. Vano ant.	Dist. entre fases exig. Vano post.	Dist.exist. fase-prot. Vano post.	Lpuent	D1	D2sup	D2inf	D2inf	D3sup	D3int	D4	
2	ENTR. AN-AM	C-3000-18	S	12,5	12,73	1,2	1,5	1,5	---				1,14	2,4	---	1,03	---	1,14	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1,01
5	AN-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	---				1,15	2,4	---	1,15	---	1,15	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1
6	ENTR. AN-AM	C-3000-18	S	12,5	12,73	1,2	1,5	1,5	---				1,16	2,4	---	1,15	---	1,16	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,95
7	AN-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	---				1,16	2,4	---	1,16	---	1,14	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1,01
9	ENTR. AN-AM	C-2000-18	S	12,5	13,12	1,2	1,5	1,5	---				1,14	2,4	---	1,14	---	0,91	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1,01
10	AN-AM	C-2000-18	S	12,5	13,12	1,2	1,5	1,5	---				1,09	2,4	---	0,91	---	1,09	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,99
11	ENTR. AN-AM	C-2000-18	S	12,5	13,12	1,2	1,5	1,5	---				1,16	2,4	---	1,09	---	1,16	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1,01
13	AN-AM	C-4500-18	S	12,5	12,52	1,2	1,5	1,5	---				1,34	2,4	---	1,16	---	1,34	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,83
14	AN-AM	C-2000-20	S	14,5	15,1	1,2	1,5	1,5	---				1,34	2,4	---	1,34	---	1,09	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,98
15	ENTR. AN-AN	C-3000-18	S	12,5	12,73	1,2	1,5	1,5	---				1,09	2,4	---	1,09	---	0,93	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,99
17	AN-AM	C-2000-18	S	12,5	13,12	1,2	1,5	1,5	---				1,04	2,4	---	1,04	---	1,03	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1
19	AN-AM	C-2000-18	S	12,5	13,12	1,2	1,5	1,5	---				1,19	2,4	---	1,14	---	1,19	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,99
22	AN-AM	C-3000-18	S	12,5	12,73	1,2	1,5	1,5	---				1,22	2,4	---	1,2	---	1,22	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,94
23	AN-AM	C-2000-18	S	12,5	13,12	1,2	1,5	1,5	---				1,22	2,4	---	1,22	---	1,22	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1

Núm. apoyo	Func. apoyo	Tipo torre	Tipo armado	Altura util conductor replanteo	Altura util conductor definitivo	Características del armado (m)				Comprobación ahorcamiento con alturas definitivas			Comprobación dist. entre conductores en el apoyo (m)			Comprobación dist. entre conductores en el vano (m)				Comprobación dist. a masa (m)								
						"b"	"a"	"c"	"h"	β (°)	β (°) Máx admisible	Estado apoyo	Dist. entre fases exigida mínima.	Distancia existente Fase-Fase	Distancia existente Fase-Prot	Dist. entre fases exig. Vano ant.	Dist.exist. fase-prot. Vano ant.	Dist. entre fases exig. Vano post.	Dist.exist. fase-prot. Vano post.	Lpuent	D1	D2sup	D2inf	D2inf	D3sup	D3int	D4	
24	AN-AM	C-3000-18	S	12,5	12,73	1,2	1,5	1,5	---				1,22	2,4	---	1,22	---	0,97	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	0,88
26	AN-AM	C-1000-18	S	12,5	13,21	1,2	1,5	1,5	---				1,17	2,4	---	1,17	---	0,95	---	0,7	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	Aislado	---	1

DISTANCIAS ENTRONQUES “S”

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	DISTANCIAS				
				Línea Plal/ derivación	Dist. entre fases exigida mín (m)	Dist. existente Fase-Fase (m)	Dist. existente Fase-Prot (m)	Dist. cruce conductores (m)
1	ENTR. FL	S	C-3000-16	Principal	1,03	2,4	---	
				Derivación 200 g.	0,82	1,92	---	1,2 (>0,33)
				Derivación 174 g.	0,83	1,43	---	1,2 (>0,33)
2	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	Principal	1,14	2,4	---	
				Derivación 100 g.	0,61	1,92	---	1,2 (>0,33)
6	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	Principal	1,16	2,4	---	
				Derivación 100 g.	0,6	1,92	---	1,2 (>0,33)
9	ENTR. AN-AM	S	C-2000-18	Principal	1,14	2,4	---	
				Derivación 129 g.	0,56	1,39	---	1,2 (>0,33)
11	ENTR. AN-AM	S	C-2000-18	Principal	1,16	2,4	---	
				Derivación 88 g.	0,81	2,13	---	1,2 (>0,33)
15	ENTR. AN-ANC	S	C-3000-18	Principal	1,09	2,4	---	
				Derivación 133 g.	0,48	1,33	---	1,2 (>0,33)

ESFUERZOS APOYOS

ESFUERZOS 1ªHIPOTESIS: Tracción máxima admisible, con sobrecarga de viento 120 km/h.

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES								
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento tursor (Kg x m)	
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal			
1	ENTR. FL	S	C-3000												
2	ENTR. AN-AM	S	C-3000												
3	AL-AM	S	C-1000	32		95	138	0			413	0	413	---	
4	AL-AM	S	C-1000	90		269	138	0			414	0	414	---	
5	AN-AM	S	C-1000	102		307	269	0			807	0	807	---	
6	ENTR. AN-AM	S	C-3000												
7	AN-AM	S	C-1000	43		130	221	0			662	0	662	---	
8	AL-AM	S	C-1000	57		170	137	0			411	0	411	---	
9	ENTR. AN-AM	S	C-2000												
10	AN-AM	S	C-2000	39		117	332	1			996	4	999	2	
11	ENTR. AN-AM	S	C-2000												
12	AL-AM	S	C-1000	73		220	140	0			420	0	420	---	
13	AN-AM	S	C-4500	9		26	1074	6			3222	17	3238	8	
14	AN-AM	S	C-2000	75		225	448	2			1344	7	1351	4	
15	ENTR. AN-ANC	S	C-3000												
16	AL-AM	S	C-1000	74		223	114	0			343	0	343	---	

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES							
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal		
17	AN-AM	S	C-2000	22		66	312	0			937	0	937	---
18	AL-AM	S	C-1000	79		238	129	0			388	0	388	---
19	AN-AM	S	C-2000	87		262	367	0			1101	1	1103	1
20	AL-AM	S	C-1000	75		226	144	0			432	0	432	---
21	AL-AM	S	C-1000	89		268	144	0			433	0	433	---
22	AN-AM	S	C-3000	115		345	663	0			1989	1	1990	1
23	AN-AM	S	C-2000	77		231	334	0			1003	0	1003	---
24	AN-AM	S	C-3000	77		232	899	6			2698	19	2717	9
25	AL-AM	S	C-1000	142		425	128	0			385	0	385	---
26	AN-AM	S	C-1000	6		18	279	1			838	3	842	2

ESFUERZOS TOTALES								
Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
1	ENTR. FL	S	C-3000-18	87	765	1452	2217	490
2	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	324	1080	63	1143	162
6	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	462	2811	66	2877	429
9	ENTR. AN-AM	S	C-2000-18	159	1551	387	1938	843
11	ENTR. AN-AM	S	C-2000-18	315	1590	78	1668	418
15	ENTR. AN-ANC	S	C-3000-18	288	2013	450	2463	891

ESFUERZOS TOTALES								
Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
A547547	ENTR. AL-AM	S	C-9000-24	363	3591	2256	5847	816

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES							
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal		
PT41681	FL	T	-	7		20	17	50			51	150	201	---

ESFUERZOS 2ªHIPOTESIS: Tracción máxima admisible, con sobrecarga hielo. Al tratarse de una línea en zona A. No es necesaria su justificación según ITC LAT 07.

ESFUERZOS 3ªHIPOTESIS: Desequilibrio de tracciones.

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES							
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal		
1	ENTR. FL	S	C-3000											
2	ENTR. AN-AM	S	C-3000											
3	AL-AM	S	C-1000	32		95	0	165			0	495	495	---
4	AL-AM	S	C-1000	90		269	0	165			0	495	495	---
5	AN-AM	S	C-1000	102		307	122	165			365	494	859	---
6	ENTR. AN-AM	S	C-3000											
7	AN-AM	S	C-1000	43		130	76	165			229	495	723	---
8	AL-AM	S	C-1000	57		170	0	165			0	495	495	---
9	ENTR. AN-AM	S	C-2000											
10	AN-AM	S	C-2000	39		117	199	164			597	493	1090	---
11	ENTR. AN-AM	S	C-2000											
12	AL-AM	S	C-1000	73		220	0	165			0	495	495	---
13	AN-AM	S	C-4500	9		26	863	149			2590	448	3039	---
14	AN-AM	S	C-2000	75		225	279	163			836	490	1326	---
15	ENTR. AN-ANC	S	C-3000											
16	AL-AM	S	C-1000	74		223	0	165			0	495	495	---

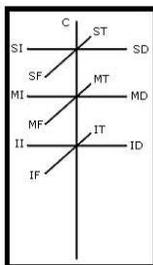
Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES							
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal		
17	AN-AM	S	C-2000	22		66	176	164			529	493	1022	---
18	AL-AM	S	C-1000	79		238	0	165			0	495	495	---
19	AN-AM	S	C-2000	87		262	210	164			631	492	1124	---
20	AL-AM	S	C-1000	75		226	0	165			0	495	495	---
21	AL-AM	S	C-1000	89		268	0	165			0	495	495	---
22	AN-AM	S	C-3000	115		345	481	160			1443	481	1924	---
23	AN-AM	S	C-2000	77		231	172	164			517	493	1010	---
24	AN-AM	S	C-3000	77		232	718	154			2153	463	2616	---
25	AL-AM	S	C-1000	142		425	0	165			0	495	495	---
26	AN-AM	S	C-1000	6		18	141	165			424	494	917	---

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS TOTALES DESEQUILIBRIO VANO ANTERIOR					ESFUERZOS TOTALES DESEQUILIBRIO VANO POSTERIOR					
				Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)	Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)	
1	ENTR. FL	S	C-3000-16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	324	675	495	1170	472	324	675	495	1170	22	
6	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	462	2298	483	2781	736	462	2298	483	2781	254	
9	ENTR. AN-AM	S	C-2000-18	159	1146	927	2073	1125	159	1146	63	1209	630	
11	ENTR. AN-AM	S	C-2000-18	315	1149	306	1455	544	315	1149	684	1833	50	
15	ENTR. AN-AN	S	C-3000-18	357	1806	2655	4461	2170	357	1806	1443	3249	122	

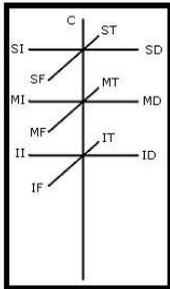
Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS TOTALES DESEQUILIBRIO VANO ANTERIOR					ESFUERZOS TOTALES DESEQUILIBRIO VANO POSTERIOR					
				Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)	Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)	
A547547	ENTR. AL-AM	S	C-9000-24	363	3078	3048	6126	1358	363	3078	2442	5520	1054	

ESFUERZOS 4ªHIPOTESIS: Rotura de conductores

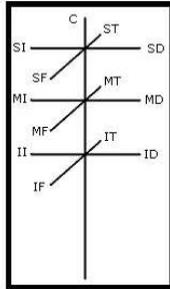
Nota: se ha prescindido de la consideración de la 4ª hipótesis (excepto apoyos FL y ANC), de acuerdo a lo indicado en el punto 3.5.3. de la ITC-LAT-07.



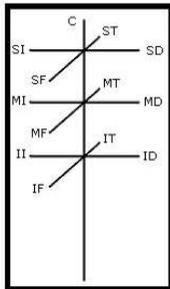
Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Rotura	ESFUERZOS TOTALES				
					Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
1	ENTR. FL	S	C-3000-16	SI Principal POSTERIO	87	398	303	701	2095
				MD Principal POSTERI	87	398	303	701	1205
				II Principal POSTERIO	87	398	303	701	2095
				SI Derivación 200 g.	87	398	1733	2131	50
				SI Derivación 174 g.	87	265	1706	1971	8
				MT Derivación 200 g.	87	398	1733	2131	445
				MT Derivación 174 g.	87	265	1706	1971	247
				II Derivación 200 g.	87	398	1733	2131	50
				II Derivación 174 g.	87	265	1706	1971	8
				2	ENTR. AN-AM	S	C-3000-18	SI Principal POSTERIO	324
MD Principal POSTERI	324	653	1099					0	1424
II Principal POSTERIO	324	653	1099					0	1874
SI Principal ANTERIOR	324	653	1099					0	1424
MD Principal ANTERIO	324	653	1099					0	1874
II Principal ANTERIOR	324	653	1099					0	1424
SI Derivación 100 g.	324	544	0					0	225



Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Rotura	ESFUERZOS TOTALES				
					Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
				II Principal ANTERIOR	159	1120	668	0	772
				SI Derivación 129 g.	159	869	288	0	661
				SI Principal POSTERIO	315	1131	909	0	1945
				MD Principal POSTERI	315	1131	909	0	1354
				II Principal POSTERIO	315	1131	909	0	1945
				SI Principal ANTERIOR	315	1131	1290	0	1354
				MD Principal ANTERIO	315	1131	1290	0	1945
				II Principal ANTERIOR	315	1131	1290	0	1354
				SI Principal POSTERIO	288	1509	1578	3087	2555
				MD Principal POSTERI	288	1509	1578	3087	722
				II Principal POSTERIO	288	1509	1578	3087	2555



Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Rotura	ESFUERZOS TOTALES				
					Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
				SI Principal ANTERIOR	288	1509	607	2117	722
				MD Principal ANTERIO	288	1509	607	2117	2555



Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Rotura	ESFUERZOS TOTALES				
					Vertical (Kg)	Transversal (Kg)	Longitudinal (Kg)	Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
A547547	ENTR. AL-AM	S	C-9000-24	SI Principal POSTERIO	290	2463	2466	0	1639
				MD Principal POSTERI	290	2463	2466	0	19
				II Principal POSTERIO	290	2463	2466	0	1639
				SI Principal ANTERIOR	290	2463	1476	0	154
				MD Principal ANTERIO	290	2463	1476	0	1504
				II Principal ANTERIOR	290	2463	1476	0	154
				SI Derivación 254 g.	290	1642	1194	0	269
				MT Derivación 254 g.	290	1642	1194	0	2061
				II Derivación 254 g.	290	1642	1194	0	269

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES											
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase con rotura (Kg)		Fase sin rotura (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Torsión simple (Kg)	Torsión compuesta (Ángulos y FL) (Kg)		
							Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.		Esf.Util	Esf.Equiv.	M.Torsor(Kg x m)
PT41681	FL	T	-	7		20	0	0	0	50	0	0	0	100	---	100	100	50

TABLA DE TENDIDOS

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			Zona B			Zona C			Tens. (50°C)		Tens.(15°C+V)		Tens.(0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)					
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)	CHS (%)	Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)									Flecha (m)
1-2	A	110	8,51	110	1100	13,93	--	--	18,82	920	--	--	1100	--	--	--	397	1,77	930	1,68			0,85	1,77					
2-3	A	128	3,49	128	1100	13,4	--	--	17,38	883	--	--	1100	--	--	--	414	2,31	953	2,23			1,25	2,31					
3-4	A	128	13,54	128	1100	13,4	--	--	17,38	883	--	--	1100	--	--	--	414	2,32	953	2,25			1,26	2,32					
4-5	A	129	8,56	129	1100	13,39	--	--	17,37	883	--	--	1100	--	--	--	414	2,32	953	2,24			1,26	2,32					
5-6	A	129	0,23	129	1100	13,39	--	--	17,35	882	--	--	1100	--	--	--	414	2,33	953	2,25			1,26	2,33					
6-7	A	130	-17,94	130	1100	13,37	--	--	17,3	881	--	--	1100	--	--	--	414	2,37	954	2,29			1,29	2,37					
7-8	A	128	-10,64	128	1100	13,41	--	--	17,42	884	--	--	1100	--	--	--	413	2,3	952	2,23			1,24	2,3					
8-9	A	128	-7,18	128	1100	13,41	--	--	17,42	884	--	--	1100	--	--	--	413	2,3	952	2,22			1,24	2,3					
9-10	A	93	-3,21	93	1100	14,55	--	--	20,29	959	--	--	1100	--	--	--	378	1,31	904	1,22			0,56	1,31					
10-11	A	121	0,95	121	1100	13,61	--	--	17,97	898	--	--	1100	--	--	--	407	2,07	943	1,99			1,07	2,07					
11-12	A	131	-6,62	131	1100	13,33	--	--	17,18	878	--	--	1100	--	--	--	416	2,41	956	2,33			1,32	2,41					
12-13	A	131	-7,08	131	1100	13,33	--	--	17,18	878	--	--	1100	--	--	--	416	2,41	956	2,33			1,32	2,41					

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			Zona B			Zona C			Tens. (50°C)		Tens. (15°C+V)		Tens. (0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)		
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)	CHS (%)	Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)					Flecha (m)	Tensión (Kg.)
13-14	A	159	13,77	159	1100	12,76	--	--	15,48	834	--	--	1100	--	--	--	433	3,4	983	3,34			2,16	3,4		
14-15	A	120	10,51	120	1100	13,63	--	--	18,02	899	--	--	1100	--	--	--	407	2,06	943	1,98			1,06	2,06		
15-16	A	95	3,31	95	1100	14,45	--	--	20,08	953	--	--	1100	--	--	--	381	1,37	908	1,28			0,59	1,37		
16-17	A	112	0,29	112	1100	13,87	--	--	18,65	916	--	--	1100	--	--	--	399	1,82	932	1,74			0,89	1,82		
17-18	A	111	9,35	111	1100	13,89	--	--	18,72	918	--	--	1100	--	--	--	399	1,8	931	1,72			0,87	1,8		
18-19	A	128	7,25	128	1100	13,42	--	--	17,45	885	--	--	1100	--	--	--	413	2,28	952	2,21			1,23	2,28		
19-20	A	136	3,42	136	1100	13,22	--	--	16,88	870	--	--	1100	--	--	--	419	2,55	961	2,47			1,44	2,55		
20-21	A	136	2,89	136	1100	13,22	--	--	16,87	870	--	--	1100	--	--	--	419	2,55	961	2,47			1,44	2,55		
21-22	A	136	-1,4	136	1100	13,21	--	--	16,82	869	--	--	1100	--	--	--	419	2,57	961	2,5			1,46	2,57		
22-23	A	140	-12,86	140	1100	13,12	--	--	16,58	862	--	--	1100	--	--	--	422	2,71	965	2,63			1,57	2,71		
23-24	A	140	-13,24	140	1100	13,12	--	--	16,58	862	--	--	1100	--	--	--	422	2,71	965	2,63			1,57	2,71		
24-25	A	101	-11,72	101	1100	14,23	--	--	19,56	939	--	--	1100	--	--	--	388	1,54	917	1,45			0,69	1,54		

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			Zona B			Zona C			Tens. (50°C)		Tens. (15°C+V)		Tens. (0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)		
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)	CHS (%)	Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)					Flecha (m)	Tensión (Kg.)
25-26	A	131	-35,21	131	1100	13,35	--	--	17,23	879	--	--	1100	--	--	--	415	2,46	955	2,39			1,35	2,46		
26-A54754	A	98	-14,81	98	1100	14,33	--	--	19,8	946	--	--	1100	--	--	--	385	1,47	913	1,38			0,65	1,47		

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			CHS (%)	Zona B			Zona C			Tens. (50°C)		Tens.(15°C+V)		Tens.(0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)					
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)		Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)									
SN 01-01	A	64	6,55	64	292	11,71	--	--	17,89	225	--	--	292	--	--	--	68	1,06	248	1,09			0,4	1,09						

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			CHS (%)	Zona B			Zona C			Tens. (85°C)		Tens.(15°C+V)		Tens.(0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)					
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)		Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H +V	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H +V	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)									
9-A547616	A	32	1,12	32	150	3,11	--	--	4,03	75	--	--	150	--	--	--	20	0,92	102	0,67			0,45	0,92						

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			CHS (%)	Zona B			Zona C			Tens. (50°C)		Tens.(15°C+V)		Tens.(0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)					
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)		Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)									
15-PT4168	A	23	-1,72	23	50	0,93	--	--	0,97	29	--	--	50	--	--	--	14	0,98	48	0,92			0,87	0,98						

Vano	Zona	Longitud Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Regulación (m)	Tensión máxima (Kg.)	Zona A			CHS (%)	Zona B			Zona C			Tens. (50°C)		Tens.(15°C+V)		Tens.(0°C+H)		Flecha mínima (m)	Flecha máxima (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)					
						EDS 15°C (%)	EDS 10°C (%)	EDS 10°C (%)		Tensión (Kg) -5°C + 1/2V	Tensión (Kg) -10°C + 1/2V	Tensión (Kg) -15°C + 1/2V	Tensión (Kg) -5°C+V	Tensión (Kg) -10°C+V	Tensión (Kg) -15°C+H	Tensión (Kg) -15°C+V	Tensión (Kg) -20°C+H	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)									
A575439-	A	80	1,42	80	450	10,88	--	--	15,67	337	--	--	450	--	--	--	118	1,48	383	1,43			0,67	1,48						
A547547-	A	170	-4,73	170	540	11,67	--	--	13,16	350	--	--	540	--	--	--	165	4,81	503	4,92			3,61	4,92						

TABLA DE TENSIONES Y FLECHAS

Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
					Tensión (Kg.)	Flecha (m)																						
14-15	A	120	10,51	120	823	0,95	764	1,02	709	1,1	658	1,18	612	1,27	570	1,37	533	1,46	500	1,56	470	1,66	444	1,75	421	1,85	400	1,95
15-16	A	95	3,31	95	908	0,54	838	0,58	771	0,63	707	0,69	648	0,75	594	0,82	545	0,9	501	0,98	463	1,06	429	1,14	400	1,22	374	1,31
16-17	A	112	0,29	112	890	0,8	787	0,86	727	0,94	673	1,01	622	1,09	577	1,18	536	1,27	500	1,36	468	1,45	440	1,55	415	1,64	393	1,73
17-18	A	111	9,35	111	853	0,79	789	0,85	729	0,92	674	0,99	624	1,07	578	1,16	537	1,25	500	1,34	468	1,43	440	1,52	414	1,62	392	1,71
18-19	A	128	7,25	128	798	1,1	743	1,18	692	1,27	645	1,36	603	1,46	564	1,56	530	1,66	500	1,76	472	1,86	448	1,97	426	2,07	407	2,16
19-20	A	136	3,42	136	773	1,29	722	1,38	675	1,48	632	1,58	593	1,68	559	1,78	527	1,89	499	2	474	2,1	452	2,21	431	2,31	413	2,41
20-21	A	136	2,89	136	773	1,29	722	1,38	675	1,48	632	1,58	593	1,68	559	1,79	527	1,89	499	2	474	2,1	452	2,21	432	2,31	413	2,41
21-22	A	136	-1,4	136	770	1,31	720	1,4	673	1,5	631	1,6	593	1,7	558	1,81	527	1,91	499	2,02	474	2,13	452	2,23	432	2,34	414	2,44
22-23	A	140	-12,86	140	760	1,4	711	1,5	666	1,6	625	1,7	589	1,81	556	1,91	526	2,02	499	2,13	475	2,24	454	2,35	434	2,45	416	2,55
23-24	A	140	-13,24	140	760	1,4	711	1,5	666	1,6	626	1,7	589	1,81	556	1,91	526	2,02	499	2,13	475	2,24	454	2,34	434	2,45	416	2,55
24-25	A	101	-11,72	101	887	0,63	819	0,68	754	0,74	694	0,8	638	0,87	587	0,95	542	1,03	501	1,11	465	1,19	433	1,28	406	1,37	382	1,46
25-26	A	131	-35,21	131	788	1,17	735	1,26	685	1,35	640	1,44	599	1,54	562	1,64	529	1,75	500	1,85	473	1,95	450	2,06	428	2,16	409	2,26
26-A54754	A	98	-14,81	98	897	0,58	828	0,63	762	0,69	700	0,75	643	0,82	590	0,89	543	0,97	501	1,05	464	1,13	431	1,22	403	1,3	378	1,39

					-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C												
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)																						
1-2	A	110	8,51	110	857	0,76	793	0,83	732	0,89	677	0,97	625	1,05	579	1,13	537	1,22	500	1,31	468	1,4	439	1,49	413	1,59	391	1,68
2-3	A	128	3,49	128	795	1,12	740	1,21	690	1,3	643	1,39	601	1,49	564	1,59	530	1,69	500	1,79	473	1,89	449	1,99	427	2,09	408	2,19
3-4	A	128	13,54	128	795	1,12	740	1,21	690	1,3	643	1,39	601	1,49	564	1,59	530	1,69	500	1,79	473	1,89	449	1,99	427	2,09	408	2,19
4-5	A	129	8,56	129	795	1,13	740	1,21	689	1,3	643	1,39	601	1,49	564	1,59	530	1,69	500	1,79	473	1,9	449	2	427	2,1	408	2,2
5-6	A	129	0,23	129	794	1,13	739	1,22	689	1,31	643	1,4	601	1,5	563	1,6	530	1,7	500	1,8	473	1,91	449	2,01	427	2,11	408	2,21
6-7	A	130	-17,94	130	792	1,15	737	1,23	687	1,32	642	1,42	600	1,52	563	1,62	529	1,72	500	1,82	473	1,92	449	2,03	428	2,13	409	2,23
7-8	A	128	-10,64	128	797	1,11	742	1,2	691	1,28	644	1,38	602	1,47	564	1,57	530	1,67	500	1,78	473	1,88	448	1,98	427	2,08	407	2,18
8-9	A	128	-7,18	128	797	1,11	742	1,2	691	1,28	644	1,38	602	1,47	564	1,57	530	1,67	500	1,78	473	1,88	448	1,98	427	2,08	407	2,18
9-10	A	93	-3,21	93	917	0,51	845	0,55	777	0,6	712	0,65	652	0,71	596	0,78	546	0,85	501	0,93	462	1,01	427	1,09	397	1,17	371	1,25
10-11	A	121	0,95	121	821	0,96	762	1,03	707	1,11	657	1,2	611	1,29	570	1,38	533	1,48	500	1,58	471	1,67	445	1,77	422	1,87	401	1,97
11-12	A	131	-6,62	131	786	1,19	733	1,27	684	1,37	639	1,46	598	1,56	562	1,66	529	1,77	500	1,87	473	1,97	450	2,08	429	2,18	410	2,28
12-13	A	131	-7,08	131	786	1,19	733	1,27	684	1,37	639	1,46	598	1,56	562	1,66	529	1,77	500	1,87	473	1,97	450	2,08	429	2,18	410	2,28
13-14	A	159	13,77	159	709	1,93	670	2,05	634	2,16	601	2,28	572	2,4	545	2,52	521	2,64	499	2,75	479	2,87	460	2,98	444	3,09	428	3,2

					-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C												
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)																						
S/N 01-01	A	64	6,55	64	201	0,28	180	0,31	160	0,35	142	0,4	125	0,45	110	0,51	98	0,57	87	0,64	79	0,71	71	0,78	66	0,85	61	0,92

					-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	85°C												
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)																						
9-A547616	A	32	1,12	32	42	0,34	38	0,38	34	0,42	31	0,46	29	0,49	27	0,53	25	0,56	24	0,59	23	0,62	22	0,65	21	0,68	16	0,87

Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
					Tensión (Kg.)	Flecha (m)																						
15-PT4168	A	23	-1,72	23	16	0,79	15	0,8	15	0,81	15	0,82	15	0,84	15	0,85	14	0,86	14	0,87	14	0,88	14	0,89	14	0,9	14	0,91

Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
					Tensión (Kg.)	Flecha (m)																						
A575439-A	A	80	1,42	80	284	0,54	255	0,6	228	0,67	205	0,74	186	0,82	169	0,9	155	0,98	143	1,07	133	1,15	124	1,22	117	1,3	111	1,37
A547547-A	A	170	-4,73	170	227	3,02	217	3,15	209	3,28	201	3,41	194	3,53	187	3,65	182	3,77	176	3,89	171	4,01	166	4,12	162	4,23	158	4,34

CIMENTACIONES

Nº APOYO	TORRE	TERRENO	TIPO	a (m)	h (m)	b (m)	H (m)	c (m)	V (Exc) (m3)	V (Horm.) (m3)
1	C-3000-16	Normal	Monobloque	1,16	2,24				3,01	3,28
2	C-3000-18	Normal	Monobloque	1,23	2,27				3,43	3,74
3	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
4	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
5	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
6	C-3000-18	Normal	Monobloque	1,23	2,27				3,43	3,74
7	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
8	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
9	C-2000-18	Normal	Monobloque	1,22	2,08				3,1	3,39
10	C-2000-18	Normal	Monobloque	1,22	2,08				3,1	3,39
11	C-2000-18	Normal	Monobloque	1,22	2,08				3,1	3,39
12	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
13	C-4500-18	Normal	Monobloque	1,28	2,48				4,06	4,39
14	C-2000-20	Normal	Monobloque	1,31	2,1				3,6	3,95

Nº APOYO	TORRE	TERRENO	TIPO	a (m)	h (m)	b (m)	H (m)	c (m)	V (Exc) (m3)	V (Horm.) (m3)
15	C-3000-18	Normal	Monobloque	1,23	2,27				3,43	3,74
16	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
17	C-2000-18	Normal	Monobloque	1,22	2,08				3,1	3,39
18	C-1000-20	Normal	Monobloque	1,22	1,82				2,71	3,01
19	C-2000-18	Normal	Monobloque	1,22	2,08				3,1	3,39
20	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
21	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
22	C-3000-18	Normal	Monobloque	1,23	2,27				3,43	3,74
23	C-2000-18	Normal	Monobloque	1,22	2,08				3,1	3,39
24	C-3000-18	Normal	Monobloque	1,23	2,27				3,43	3,74
25	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
26	C-1000-18	Normal	Monobloque	1,15	1,79				2,37	2,63
A547547	C-9000-24	Normal	Monobloque	2,52	2,59				16,45	17,72

3 Cálculo de las cimentaciones

Las cimentaciones de las torres constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método suizo de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

$$M_v = F \left(h + \frac{2}{3} t \right) + F_v \left(\frac{h_t}{2} + \frac{2}{3} t \right)$$

Y el momento resistente al vuelco:

$$M_r = M_1 + M_2$$

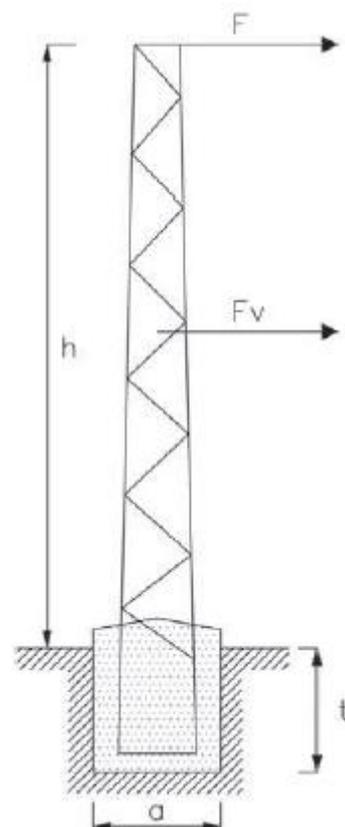
Donde:

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4 \quad \text{Momento debido al empotramiento lateral del terreno.}$$

$$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0.4 \cdot p \cdot a \quad \text{Momento debido a las cargas verticales}$$

Siendo:

- K** Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad (Kg/cm²x cm)
- F** Esfuerzo nominal del apoyo en kg.
- h** Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.
- F_v** Esfuerzo de viento sobre la estructura en kg.
- h_t** Altura total del apoyo en m.
- a** Anchura de la cimentación en m.
- t** Profundidad de la cimentación en m.
- p** Peso del apoyo y herrajes en kg.



Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el punto 3.6.1. de la ITC-LAT 07, debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

El coeficiente de seguridad resultante entre el momento estabilizador y el momento de vuelco no será inferior a 1,5 en las hipótesis normales (1H y 2H) ni inferior a 1,2 en las demás hipótesis (3H y

4H), excepto en aquellos casos en que se ha prescindido de la 4H por lo que el coeficiente de seguridad para los apoyos en alineación y ángulo en la hipótesis 3H no será inferior a 1,5.

En los correspondientes planos se indican las dimensiones y volúmenes aproximados de excavación de los apoyos, calculadas para 3 tipos de terreno diferentes con coeficientes de compresibilidad de 8, 12 y 16 Kg/cm²xcm.

4 Puesta a tierra apoyos

4.1 Datos iniciales

Para el cálculo de la instalación de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto se empleará el procedimiento del *“Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”*, editado por UNESA y sancionado por la práctica.

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

U Tensión de servicio de la red (V).

ρ Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).

Duración de la falta:

Tipo de relé para desconexión inicial (Tiempo Independiente o Dependiente).

I_a' Intensidad de arranque del relé de desconexión inicial (A).

t' Relé de desconexión inicial a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s).

K', n' Relé de desconexión inicial a tiempo dependiente. Constantes del relé que dependen de su curva característica intensidad-tiempo.

Reenganche rápido, no superior a 0'5 seg. (Si o No). En caso afirmativo: Tipo de relé del reenganche (Tiempo Independiente o Dependiente).

I_a'' Intensidad de arranque del relé de reenganche rápido (A);

t'' Relé a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s) tras en reenganche rápido.

K'', n'' Relé tiempo dependiente. Constantes del relé.

Para el caso de red con neutro aislado:

- C_a** Capacidad homopolar de la línea aérea (F/Km). Normalmente se adopta $C_a=0,006 \mu\text{F/Km}$.
- L_a** Longitud total de las líneas aéreas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).
- C_c** Capacidad homopolar de la línea subterránea (F/Km). Normalmente se adopta $C_c=0,25 \mu\text{F/Km}$.
- L_c** Longitud total de las líneas subterráneas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).
- ω** Pulsación de la corriente ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ rad/s}$).

Para el caso de red con neutro a tierra:

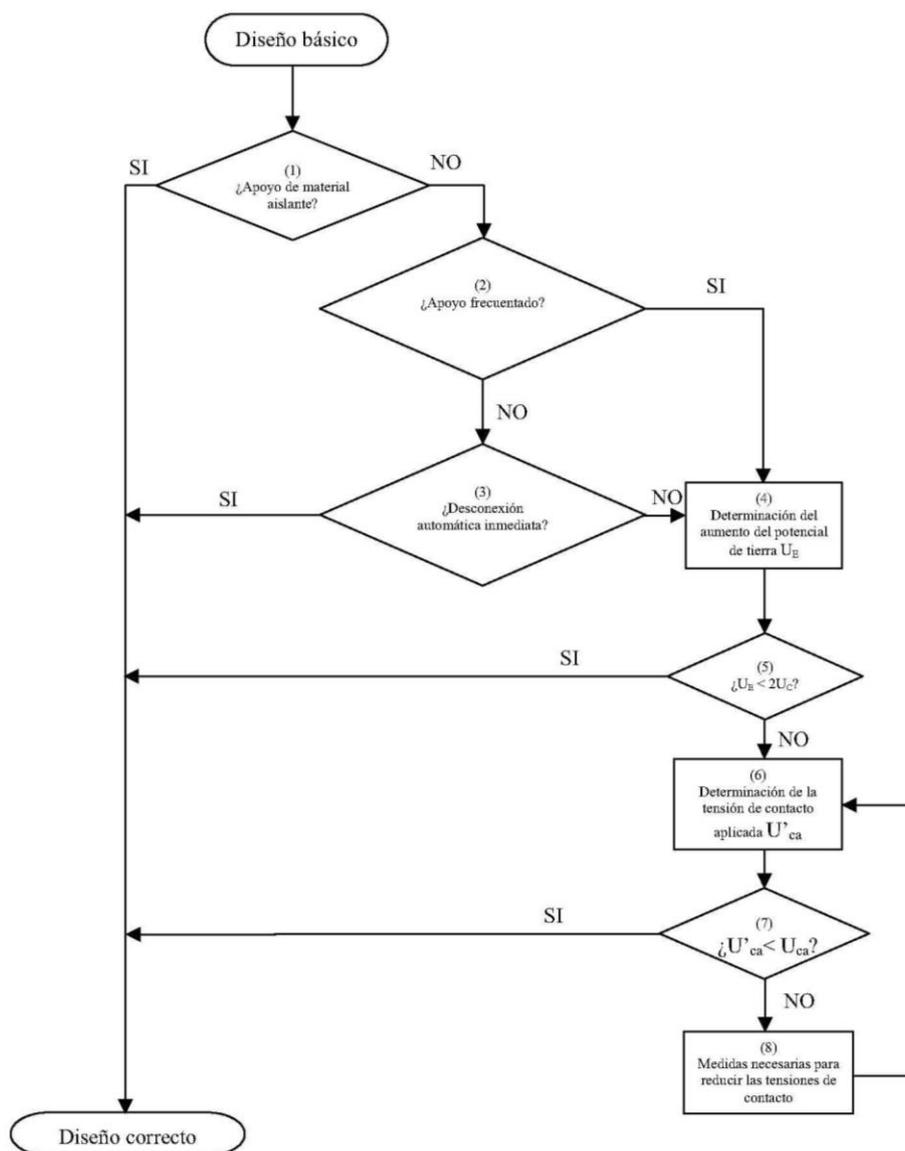
- R_n** Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red (Ω).
- X_n** Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red (Ω).

A continuación se detallan los pasos a seguir para el cálculo y diseño de la instalación de tierra.

4.2 Cálculo de la puesta a tierra de los apoyos

4.2.1 Apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados

Los apoyos se clasifican en frecuentados y en no frecuentados según lo indicado en la Memoria del presente proyecto y el diseño de su puesta a tierra se realiza siguiendo el siguiente esquema:



4.2.2 Investigación de las características del terreno. Resistividad.

Para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra menor o igual a 1'5 kA, el apartado 4.1 de la ITC-RAT 13 admite, que además de medir, se pueda estimar la resistividad del terreno.

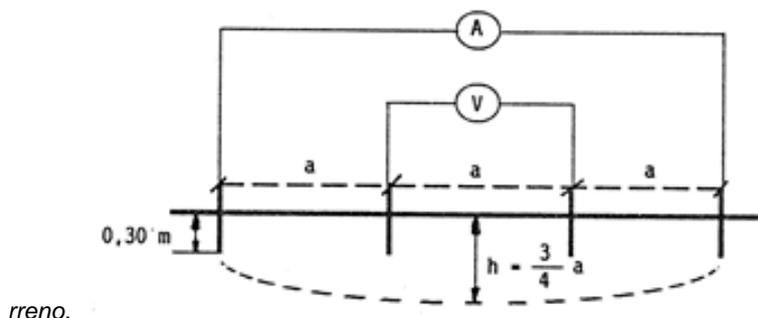
Para la estimación de la resistividad del terreno es de utilidad la tabla siguiente en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo:

Tabla 7. Resistividad del terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceo	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Balasto o grava	3000 a 5000

En el caso de que se requiera realizar la medición de la resistividad del terreno, se recomienda utilizar el método de Wenner. Se clavarán en el terreno cuatro picas alineadas a distancias (a) iguales entre sí y simétricas con respecto al punto en el que se desea medir la resistividad (ver figura siguiente). La profundidad de estas picas no es necesario que sea mayor de unos 30 cm.

Figura 1.- Método de Wenner. Medición de la resistividad del terreno.



Dada la profundidad máxima a la que se instalará el electrodo de puesta a tierra del CTI (h), calcularemos la interdistancia entre picas para realizar la medición mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{4}{3} \cdot h$$

Con el aparato de medida se inyecta una diferencia de potencial (V) entre las dos picas centrales y se mide la intensidad (I) que circula por un cable conductor que une a las dos picas extremas. La resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h viene dada por:

$$\rho_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot V}{I}$$

Si denominamos r a la lectura del aparato:

$$r = \frac{V}{I}$$

la resistividad quedará:

$$\rho_h = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$$

siendo:

- ρ_h Resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h ($\Omega \cdot m$).
- r Lectura del equipo de medida (Ω).
- a Interdistancia entre picas en la medida (m).

4.2.3 Determinación de la intensidad de defecto

El cálculo de la intensidad de defecto a tierra tiene una formulación diferente según el sistema de instalación de la puesta a tierra del neutro de la red.

4.2.3.1 Neutro aislado

La intensidad de defecto a tierra es la capacitiva de la red respecto a tierra, y depende de la longitud y características de las líneas de MT de la subestación.

Excepto en aquellos casos en los que el proyectista justifique otros valores, para el cálculo de la corriente máxima a tierra en una red con neutro aislado, se aplicará la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

en la que:

- I_d** Corriente de defecto en la línea, en A,
- R_t** Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta, en Ω,

El resto de variables tienen la definición y unidades dadas en el apartado 4.1. Esto mismo es aplicable para el resto de referencias del presente documento.

4.2.3.2 Neutro a tierra

La intensidad de defecto a tierra, en el caso de redes con el neutro a tierra, es inversamente proporcional a la impedancia del circuito que debe recorrer. Como caso más desfavorable y para simplificar los cálculos, salvo que el proyectista justifique otros aspectos, sólo se considerará la impedancia de la puesta a tierra del neutro de la red de alta tensión y la resistencia del electrodo de puesta a tierra. Ello supone estimar nula la impedancia homopolar de las líneas o cables, con lo que se consigue independizar los resultados de las posteriores modificaciones de la red. Este criterio no será de aplicación en los casos de neutro unido rígidamente a tierra, en los que se considerará dicha impedancia.

Para el cálculo se aplicará, salvo justificación, la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_N^2 + (R_N + R_t)^2}}$$

Siendo:

- R_t** Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta, en Ω,
- I_d** Corriente de defecto en la línea, en A,
- R_N** Resistencia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en Ω,
- X_N** Reactancia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en Ω,

4.2.4 Tiempo de eliminación del defecto

Las líneas de MT disponen de los dispositivos necesarios para despejar, en su caso, los posibles defectos a tierra mediante la apertura del interruptor que actúa por la orden transmitida por un relé que controla la intensidad de defecto.

Respecto a los tiempos de actuación de los relés, las variantes normales son las siguientes:

Relés a tiempo independiente:

El tiempo de actuación no depende del valor de la sobreintensidad. Cuando esta supera el valor del arranque, actúa en un tiempo prefijado. En este caso:

$$t' = cte.$$

La tensión máxima de contacto aplicada, según la ITC-RAT 13 y teniendo en cuenta el tiempo de actuación, que considerando las normas de EDistribución (Capítulo I, Apartado 3.3) donde se especifica que el tiempo de actuación máximo de las protecciones se fija en 1 segundo.

Relés a tiempo dependiente:

El tiempo de actuación depende inversamente de la sobreintensidad. Algunos de los relés más utilizados responden a la siguiente expresión:

$$t' = \frac{K'}{\left(\frac{I'_d}{I'_a}\right)^{n'} - 1}$$

En la tabla siguiente se dan valores de la contante (K') del relé para los tres tipos de curva (n') más utilizadas:

Tabla 8. Curvas de disparo habituales

Normal inversa (n'=0,02)	Muy inversa (n'=1)	Extremadamente in- versa (n'=2)
0,014	1,35	8
0,028	2,70	16
0,042	4,05	24
0,056	5,40	32
0,070	6,70	40
0,084	8,10	48
0,098	9,45	56
0,112	10,80	64
0,126	12,15	72
0,140	13,50	80

En el caso de que exista reenganche rápido (menos de 0'5 segundos), el tiempo de actuación del relé tras el reenganche será:

Relé a tiempo independiente:

$$t'' = cte.$$

Relé a tiempo dependiente:

$$t'' = \frac{K''}{\left(\frac{I_d'}{I_a''}\right)^n - 1}$$

La duración total de la falta será la suma de los tiempos correspondientes a la primera actuación más el de la desconexión posterior al reenganche rápido:

$$t = t' + t''$$

4.2.5 Resistencia de tierra de los electrodos

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma, dimensiones y de la resistividad del suelo, se puede calcular de acuerdo a las fórmulas contenidas en la siguiente tabla, o mediante programas u otras expresiones numéricas suficientemente probadas:

Tabla 9. Resistencia electrodos habituales

Tipo de electrodo	Resistencia en ohmios
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2\rho}{L}$
Malla de tierra	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

Siendo:

- R Resistencia de tierra del electrodo en Ω
- ρ Resistividad del terreno de $\Omega.m$.
- L Longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.
- r radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

También pueden seleccionarse electrodos de entre las configuraciones tipo de las tablas del *Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA*. Las distintas configuraciones posibles vienen identificadas por un código que contiene la siguiente información:

Electrodos con picas en anillo

A-B / C / DE

- A Dimensión del lado mayor del electrodo (dm).
- B Dimensión del lado menor del electrodo (dm).
- C Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- D Número de picas.
- E Longitud de las picas (m).

Electrodos con picas alineadas

A / BC

- A Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- B Número de picas.
- C Longitud de las picas (m).

Una vez seleccionado el electrodo, obtendremos de las tablas del *Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA* sus parámetros característicos:

- K_r Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ($\Omega/\Omega\cdot m$)
- K_p Valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ($V/\Omega\cdot m\cdot A$)
- K_c Valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ($V/\Omega\cdot m\cdot A$)

En función de la geometría del electrodo elegido se obtendrá el factor de resistencia de tierra K_r ($\Omega/\Omega\cdot m$), el valor de resistencia de tierra se obtendrá como:

$$R = \rho \cdot K_r$$

Siendo:

- R:** Resistencia de tierra para electrodo elegido,
- ρ :** Resistividad del terreno en $\Omega\cdot m$,
- K_r :** Factor de resistencia.

4.2.6 Cálculo de tierras apoyos no frecuentados

El electrodo a utilizar en este tipo de apoyos será de tipo lineal, con una o varias picas, de forma que la resistencia de puesta a tierra tenga un valor suficientemente bajo que garantice la actuación de las protecciones, en caso de defecto a tierra, en un tiempo inferior a 1 segundo de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07.

En función del electrodo seleccionado se calcula su resistencia, la intensidad de defecto y el tiempo de actuación de las protecciones de acuerdo a las expresiones de los apartados anteriores.

El diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio, desde el punto de vista de la seguridad de las personas, si se verifica que el tiempo previsto de actuación de las protecciones es inferior a 1 segundo. Si no se cumple esta hipótesis se repetirán los cálculos con una configuración distinta del electrodo de tierra.

Una vez ejecutada la instalación de puesta a tierra de los apoyos no frecuentados se realizarán las medidas de resistencia de puesta a tierra para verificar que no se alcanzan valores por encima de los proyectados.

4.2.7 Cálculo de tierras apoyos frecuentados

El electrodo a utilizar en este tipo de apoyos estará compuesto por un anillo cerrado, a una profundidad de al menos 0,50 m, al que se conectarán al menos 2 picas.

Para considerar que el diseño del sistema de puesta a tierra es correcto se debe cumplir que la elevación del potencial de tierra sea menor que dos veces el valor máximo admisible de la tensión de contacto, es decir:

$$U_E < 2 \cdot U_C$$

En caso de no cumplirse la condición anterior será necesario analizar que la tensión de contacto aplicada es inferior a la tensión de contacto aplicada admisible ($U'_{Ca} \leq U_{Ca}$). Esto se garantiza si se cumple que la tensión de contacto calculada para la instalación, ante un posible defecto, es inferior a la tensión de contacto máximo admisible:

$$U'_C \leq U_C$$

Siendo:

- U_E Aumento del potencial de tierra, en V,
- U'_c Tensión de contacto, en V,
- U_c Tensión de contacto máxima admisible, en V,

En caso de no verificarse alguna de las expresiones anteriores, el diseño del sistema de puesta a tierra no será válido y será necesario repetir los cálculos con una configuración distinta o implementar algunas de las medidas adicionales propuestas en el apartado *Clasificación de los apoyos según su ubicación* del documento Memoria para eliminar el riesgo de contacto. En este último caso se deberá comprobar que las tensiones de paso son inferiores a las máximas admisibles:

$$U'_p < U_p$$

Una vez construida la instalación de puesta a tierra de los apoyos frecuentados será necesario realizar la correspondiente medición de las tensiones de contacto, o en su lugar, realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra, puesto que se ha establecido una correlación entre los valores de la tensión de contacto y la resistencia de puesta a tierra de acuerdo a un procedimiento sancionado por la práctica.

4.2.7.1 Determinación del aumento de potencial ante un defecto a tierra

El aumento de potencial de tierra cuando el electrodo evacua una corriente de defecto es:

$$U_E = I_d \cdot R$$

Siendo:

- U_E : Aumento de potencial respecto una tierra lejana, en V,
- I_d : Corriente de defecto en la línea, en A,
- R : Resistencia de tierra para electrodo elegido, en Ω

4.2.7.2 Determinación de las tensiones contacto máximas admisibles

El cálculo de la tensión de contacto máxima admisible se determinará a partir de la tensión de contacto aplicada admisible sobre el cuerpo humano en función del tiempo de duración de la falta, que se establece en la tabla 18 de la ITC-LAT 07:

Tabla 8. Tensión de contacto aplicada admisible, Tabla 18 ITC-LAT 07

Duración de la falta t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible U_{ca} (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1.000} \right]$$

Siendo:

U_c : Tensión de contacto máxima admisible, en V.

U_{ca} : Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta según tabla 18 ITC-LAT 07, en V.

R_{a1} : Resistencia del calzado cuya suela sea aislante, solamente donde sea previsible que las personas que frecuentan el apoyo irán calzadas, en Ω .

R_{a2} : Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno. Se considera que $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_s$.

ρ_s : Resistividad superficial del terreno en $\Omega \cdot m$.

Z_B : Impedancia del cuerpo humano, se considera 1.000 Ω .

4.2.7.3 Determinación de las tensiones paso máximas admisibles

Las tensiones de paso admisibles son mayores a las tensiones de contacto admisibles, de ahí que si el sistema de puesta a tierra satisface los requisitos establecidos respecto a las tensiones de contacto aplicadas, se puede suponer que, en la mayoría de los casos, no aparecerán tensiones de paso peligrosas.

Cuando las tensiones de contacto calculadas sean superiores a los valores máximos admisibles, se recurrirá al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir el riesgo de las personas y de los bienes, en cuyo caso será necesario cumplir los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas, debiéndose tomar como referencia lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos:

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right]$$

Siendo:

- U_p:** Tensión de paso máxima admisible, en V,
- U_{pa}:** Valor admisible de la tensión de paso aplicada 10 **U_{ca}**, que es función de la duración de la corriente de falta según tabla 18 ITC-LAT 07, en V.
- R_{a1}:** Resistencia del calzado cuya suela sea aislante, solamente donde sea previsible que las personas que frecuentan el apoyo irán calzadas, en Ω .
- R_{a2}:** Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno. Se considera que $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_s$,
- ρ_s :** Resistividad superficial del terreno en $\Omega \cdot m$.
- Z_B:** Impedancia del cuerpo humano, se considera 1.000 Ω .

4.2.7.4 Determinación de las tensiones contacto y de paso

En función de la geometría y configuración del electro elegido, y en base a los parámetros indicados en el Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA, se calculan los valores de la tensión de paso y contacto:

$$U'c = R \cdot \rho \cdot Kc$$

Siendo:

- U'c:** Tensión de contacto calculada, en V,
- R:** Resistencia de tierra para electrodo elegido en Ω ,
- ρ :** Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$,
- Kc:** Factor de tensión de contacto $V/\Omega \cdot m$.

El valor de la tensión de paso se obtendrá como:

$$U'p = R \cdot \rho \cdot Kp$$

Siendo:

- U'p:** Tensión de paso calculada,
- R:** Resistencia de tierra para electrodo elegido en Ω ,
- ρ :** Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$,
- Kp:** Factor de tensión de paso en $V/\Omega \cdot m$.

4.2.7.5 Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas

Se debe verificar que se satisfacen las expresiones indicadas en el apartado 4.2.7

$$U_E < 2 \cdot U_C \text{ o } U'_C \leq U_C$$

De igual modo, en caso de que las tensión de contacto sean superiores a los valores máximos admisibles y se definan medidas adicionales que eliminen el riesgo de contacto, será necesario que se satisfaga:

$$U'_p \leq U_p$$

DESARROLLO DE CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

DATOS DE PARTIDA

Investigación de las características del suelo

Se ha estimado que el terreno es de tipo “terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes”. Por tanto se considera, a todos los efectos para el cálculo posterior, una resistividad media superficial de:

Resistividad del terreno	ρ	200	$\Omega \cdot m$
---------------------------------	--------------------------	-----	------------------------------------

No se tienen en cuenta las posibles variaciones estacionales, temperatura ni estratigrafía del terreno. Estos factores se han tomado como irrelevantes, por no ser extremos.

Por otro lado, las soleras del centro y del acerado perimetral, están compuestas de hormigón, estimándose una resistividad de la capa superficial de:

Resistividad de la capa superficial	ρ'	3000	$\Omega \cdot m$
--	---------------------------	------	------------------------------------

DATOS DE LA RED

Las características de la red de alimentación de media tensión, son las siguientes:

Tensión de servicio	U	25000	V
Puesta a tierra del neutro		Desconocida	
Intensidad máxima de defecto	I_{dmax}	300	A
Desconexión inicial		Relé tiempo independiente	
- Tiempo de desconexión	t'	1,0	s
- Intensidad arranque de las protecciones	I'_a	60	A
Reconexión $t \leq 0,5$ s		Relé tiempo independiente	
- Tiempo de reconexión	t''	0,5	s
- Intensidad arranque de las protecciones	I''_a	60	A

Apoyos no frecuentados

Para los apoyos no frecuentados, tal como se indica en el apartado 7.3.4.3. de la ITC LAT-07 del RLAT, no es necesario garantizar valores de tensión de contacto inferiores a los admisibles siempre que la línea aérea esté provista de desconexión automática inmediata para su protección (en un tiempo inferior a 1 segundo), condición que garantiza la compañía distribuidora.

4.2.7.6 Apoyos frecuentados

Consideraciones generales.

Se conectarán al sistema de puesta de tierra las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero pueden estarlo por defectos de aislamiento, averías o causas fortuitas, tales como chasis y bastidores de los aparatos de maniobra, carcasa del seccionador, etc.

Selección del electrodo de protección

Las características del electrodo son las siguientes:

Tipo electrodo		Electrodo horizontal (Anillo)	
Dimensiones horizontales del electrodo	a'	4	m
	b'	4	m
Sección del conductor de cobre		50	mm ²
Profundidad del electrodo		0,5	m
Número de picas		4	
Longitud de las picas		2	m
- Código de la configuración (Anexo 2 método UNESA)		30-30/5/42	
- Parámetro característico de la resistencia	K _r	0,11	Ω/Ω·m
- Parámetro característico de la tensión de paso	K _p	0,0258	V/Ω·m·A
- Parámetro característico de la tensión de contacto exterior	K _{p(acc)} =K _c	0,0563	V/Ω·m·A

Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra, se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_t = K_r \cdot \rho$$

Dónde:

K_r: Parámetro característico de la resistencia en Ω/Ω·m

ρ_s: Resistividad del terreno en Ω·m

Resultando:

Resistencia de puesta a tierra del apoyo	R _t	22	Ω
--	----------------	----	---

Cálculo de la intensidad de defecto a tierra

El valor de la intensidad de defecto a tierra en el apoyo vendrá dada por:

$$I_d = \frac{c \cdot U_s / \sqrt{3}}{\sqrt{X_N^2 + (R_N + R_P)^2}}$$

Siendo:

R_P: Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta

I_F: Corriente de defecto en la línea

R_N : Resistencia de puesta a tierra del neutro en la subestación
 X_N : Reactancia de puesta a tierra del neutro en la subestación
 U_s : Tensión de servicio
 c : Factor de tensión

Teniendo en cuenta la intensidad máxima de defecto ($I_{Fmáx}$) de 300 A en la red, se obtiene una resistencia equivalente de la puesta a tierra del neutro de la subestación origen de la línea de:

$$R_N = \frac{U_s / \sqrt{3}}{I_{Fmáx}}$$

Resistencia equivalente del neutro de subestación	R_N	48,11	Ω
---	-------	-------	----------

Resultando:

Intensidad de puesta a tierra	I_d	226,545	A
-------------------------------	-------	---------	---

Tiempo de actuación de las protecciones

Para la determinación de la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones) en el caso de apoyos frecuentados, de cara a la mayor seguridad para las personas, se ha considerado una característica de actuación de las protecciones aún más restrictiva que la indicada anteriormente para apoyos no frecuentados, que cumple con la relación siguiente:

$$t = 400 / I_d$$

Siendo:

t , Tiempo de operación de la protección (s)

I_d Intensidad de defecto máximo (A)

Resultando:

Tiempo de actuación de la protección sin reconexión	t	1,98	s
---	-----	------	---

En nuestro caso, a efectos de la limitación de las tensiones admisibles aplicadas al cuerpo humano para apoyos frecuentados, se considerará que en este caso la duración máxima del defecto aplicada sobre el cuerpo humano es de $t' = 1,67$ s, cantidad a la cual ha de sumarse el tiempo correspondiente a la segunda desconexión $t''_{max} = 0,5$ s.

Tiempo de actuación de la protección con reconexión	t	2,48	s
---	-----	------	---

Cálculo de la elevación de potencial del terreno

A efectos de cálculo en el proyecto y según el esquema adjunto en el apartado Diseño de Puesta a Tierra, se deberá comprobar que el aumento del potencial de tierra, U_E , es inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible en la línea, U_c , que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.

Siendo:

$$U_E = I_T \cdot R_t ; \text{ donde:}$$

$$R_t = K_r \cdot \rho_s$$

Para el caso de línea aérea sin cable de tierra $I_T = I_E = I_F$.

Por tanto, y como se ha indicado anteriormente, el caso que exponemos corresponde para la compañía distribuidora de electricidad, promotora de ésta instalación, que en su distribución normalizada conecta los neutros de las subestaciones mediante resistencias y consecuentemente:

Elevación de potencial del terreno	U _E	4981,94	V
------------------------------------	----------------	---------	---

Comprobación de valor admisible de la elevación de potencial del terreno

Para comprobar si es admisible la elevación de potencial del terreno, se deberá cumplir según se indica en el esquema reflejado en el punto 7.2.4 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T que $U_E < 2U_c$, siendo U_c conforme a la siguiente expresión:

$$U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{Ra_1 + Ra_2}{Z_B} \right] = U_{ca} \left[1 + \frac{Ra_1 / 2 + 1,5\rho_s}{1000} \right];$$

Dónde:

- U_{ca} Tensión de contacto máxima admisible.
- Z_B Impedancia del cuerpo humano.
- I_B Corriente que fluye a través del cuerpo.
- R_a Resistencia adicional (R_a = R_{a1} + R_{a2}).
- R_{a1} Resistencia correspondiente a calzado cuya suela sea aislante (2000 Ω).
- R_{a2} Resistencia a tierra del punto de contacto del terreno.
- ρ_s Resistividad del terreno en la superficie (Ωxm).

En nuestro caso, para el tiempo correspondiente a la duración de la corriente de falta, 2,23 segundos, la tensión de contacto aplicada admisible es: U_{ca}=85V reflejada en la Figura 1 de la ITC-LAT 07 del nuevo R.L.A.T. Sustituyendo:

Elevación de potencial del terreno	U _E	4981,94	>	492,2	2*U _c	Elevación de potencial admisible
------------------------------------	----------------	---------	---	-------	------------------	----------------------------------

Por tanto, no se cumple dicha condición inicial, luego deberemos comprobar el siguiente paso del algoritmo de diseño de sistema de puesta a tierra reflejado en el punto 7.2.4 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T.

Determinación de tensión de contacto aplicada

A continuación, se realizará la comprobación de que los valores de tensión de contacto aplicada, U_{ca'}, no superen los valores admisibles indicados en el aptdo. 7.3.4.1. de la instrucción anteriormente citada (U_{ca} = 107 V).

Sustituyendo los valores reflejados en apartados anteriores tenemos que:

$$U_{c'} = U_{ca} \left[1 + \frac{Ra_1 + Ra_2}{Z_B} \right] \rightarrow U_{ca'} = \frac{U_{c'}}{2.225};$$

$$U_{c'} = K_c \cdot \rho_s \cdot I_F$$

$$U_{ca'} = \frac{U_{c'}}{2.225}$$

Tensión de contacto aplicada	U _{ca'}	1133,26	>	107	U _{ca}	Tensión de contacto aplicada admisible
------------------------------	------------------	---------	---	-----	-----------------	--

Como se puede comprobar no se verifica que U_{ca'} < U_{ca}; por tanto se tomarán medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto con partes metálicas puestas a tierra, como así se indica en el aptdo. 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T.

Medidas adicionales de seguridad.

Para evitar el peligro de la tensión de contacto, se recurrirá a medidas adicionales de seguridad que consistirán en, para los apoyos frecuentados, la instalación de sistema antiescalo de fábrica de ladrillo hasta 3m de altura, e instalación de una losa de hormigón de espesor total 15 cm, como mínimo y que sobresalga 1,1 m del borde de la base de la columna o poste, dispuesta con un mallazo equipotencial.

Dentro de esta losa (plataforma del operador) y hasta 1 m. del borde de la base de la columna o poste se embeberá un mallazo electrosoldado de 4 mm de diámetro como mínimo formando una retícula de 0,30x0,30m. Este mallazo debe conectarse a dos puntos opuestos de la puesta a tierra. El mallazo tendrá por encima al menos 10 cm de hormigón. Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, estará sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior por lo que no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Todas estas medidas, están encaminadas a hacer inaccesibles las partes metálicas, susceptibles de quedar en tensión por defecto o avería (sistema antiescalo), o haciendo muy difícil la aparición de tensiones de contacto (mallazo equipotencial y aislamiento de apoyo mediante fábrica de ladrillo), consecuentemente no será necesario calcular la tensión de contacto aplicada, aunque deberá cumplir los valores máximos admisibles de la tensión de paso aplicada tomando como referencia lo establecido en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.

La existencia de revestimiento de fábrica de ladrillo y una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra como se indicó en el punto anterior, hace que por una parte, sea prácticamente nula la posibilidad de contacto con partes metálicas de la instalación, desapareciendo además la tensión de paso interior y por otra, que la elevación de la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior, de forma que un pie estaría a la tensión de puesta a tierra del apoyo y el otro pie sobre el terreno a 1 m de distancia de la acera.

$$U_{p'(\text{acc})} = K_{\text{cext}} \cdot \rho_s \cdot I_d$$

Tensión de paso en el acceso	$U'_{p(\text{acc})}$	2549,85	<	15622	$U_{p(\text{acc})}$	Tensión de paso en el acceso admisible
------------------------------	----------------------	---------	---	-------	---------------------	--

Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.

La tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según la expresión:

$$U_{p'} = K_p \cdot \rho_s \cdot I_d$$

Tensión de paso en el exterior	U'_p	1168,49	<	6634	U_p	Tensión de paso en el exterior admisible
--------------------------------	--------	---------	---	------	-------	--

Determinación de tensiones de paso admisibles aplicadas al cuerpo humano.

La tensión máxima de contacto aplicada, según la ITC-RAT 13 y teniendo en cuenta el tiempo de actuación, que considerando las normas de Endesa (Capítulo I, Apartado 3.3) donde se especifica que el tiempo de actuación máximo de las protecciones se fija en 1 segundo.

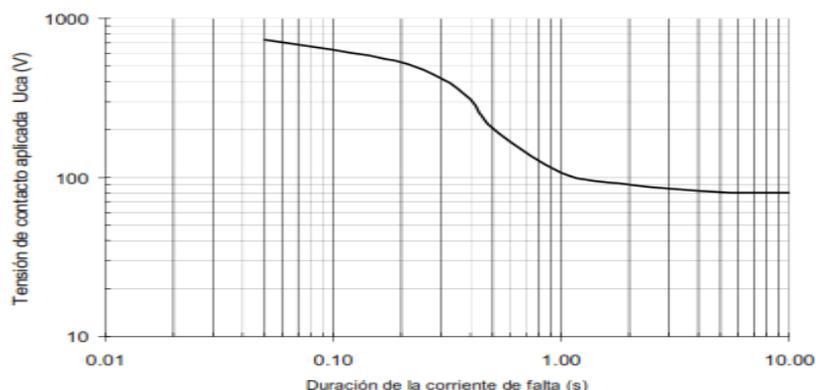


Tabla 1. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_f

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

La

tensión máxima de paso aplicada, según la ITC-RAT 13, viene dada por la siguiente expresión:

$$U_{ca}=107 \text{ V}$$

$$U_{pa} = 10 \cdot U_{ca}$$

Para la obtención del valor máximo admisible de la tensión de paso exterior y de paso en el acceso, se utilizarán las siguientes expresiones:

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

$$U_{p(acc)} = 10 U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_s + 3\rho'_s}{1000} \right]$$

Siendo:

R_{a1+} = Es, por ejemplo, la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante.

Se puede emplear como valor 2000 ohmios

U_{pa} = Tensión máxima de paso aplicada en V

ρ_s = Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$

ρ'_s = Resistividad del hormigón en $\Omega \cdot m$

Resultando:

Tensión máxima de contacto aplicada	U_{ca}	107	V
Tensión máxima de paso aplicada	U_{pa}	1070	V
Tensión de paso en el exterior admisible	U_p	6634	V
Tensión de paso en el acceso admisible	$U_{p(acc)}$	15622	V

Comprobación de las condiciones exigidas

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla, comprobándose que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

Tensión de paso en el exterior	U_p'	1168,49	<	6634	U_p	Tensión de paso en el exterior admisible (ITC-RAT 13)
--------------------------------	--------	---------	---	------	-------	---

Tensión de paso en el acceso	$U_{p'(acc)}$	2549,85	<	15622	$U_{p(acc)}$	Tensión de paso en el acceso admisible (ITC-RAT 13)
------------------------------	---------------	---------	---	-------	--------------	---

Intensidad de defecto	I_d	226,45	>	60	I'_a	Intensidad arranque de la protección (Descon. inicial)
				60	I''_a	Intensidad arranque de la protección (Descon. reenganche)

Resultando, según el reglamento, para tiempos menores 3 segundos, los valores de las tensiones de paso no superan en dichas condiciones a las máximas admisibles por el cuerpo humano en ninguna zona del terreno afectada por la instalación a tierra. Por tanto, el electrodo considerado, cumple con el requisito reglamentario.

Dimensionamiento para la protección contra los efectos del rayo.

Por otra parte, se comprueba que para los sistemas elegidos, la longitud de la pica (2 m) no supera la longitud crítica desde el punto de vista del criterio de coordinación de aislamiento del apto.7.3.5. de la ITC-07 del RALT. Por tanto, la impedancia de onda será prácticamente igual que la resistencia de tierra.

$$L_c = \sqrt{\frac{\rho(\Omega m)}{f(MHz)}} = 14.14 \text{ metros}$$

Dónde: $\rho = 200 \Omega \cdot m$
 $f = 1 \text{ MHz}$

Corrección del diseño inicial.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante inserción de compuestos para la mejora de la conductividad eléctrica mediante líquido compuesto activador perdurable para las tomas de tierra y/o sales minerales o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

Córdoba, Febrero de 2021

El Ingeniero Técnico Industrial
Tiburcio Cañadas Olmo
Colegiado 2931 COPITICO