Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

INGENIERÍA, CONSTRUCCIÓN Y ESTANDARIZACIÓN.

SUBESTACIÓN: **LAS LOMAS**

SITUACION: **VEJER DE LA FRONTERA (CÁDIZ)**

PROYECTO DE LEGALIZACIÓN: **INSTALACIÓN SUBESTACIÓN MÓVIL 66/20KV. 15MVA.**

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 1/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA..... 3
PRESUPUESTO..... 53
PLANOS 55
ANEXO 1. CÁLCULO RED DE TIERRA 78
ANEXO 2. CÁLCULO LÍNEA ÁEREA..... 93
ANEXO 3. CÁLCULO LÍNEA SUBTERRÁNEA..... 117

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 2/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MEMORIA

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 3/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ÍNDICE MEMORIA

1. GENERALIDADES 7
1.1. Antecedentes 7
1.2. Entidad peticionaria, promotor y titular 7
1.3. Autor del proyecto 7
1.4. Objeto del proyecto 7
2. SITUACIÓN 8
3. ALCANCE DE LA SUBESTACIÓN MÓVIL 8
3.1. Descripción de las posiciones 8
3.1.1. Posición de transformación de 66kV 8
3.1.2. Posición de transformación de 20kV 8
3.1.3. Posición de línea de 20kV 9
3.1.4. Posición de medida en barras 20kV. 9
3.1.5. Posición de telecontrol y protecciones 9
4. DISPOSICIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES 9
4.1. Disposición física 9
4.2. Obras civiles 9
5. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO 9
5.1. Normativa aplicable y especificaciones de obligado cumplimiento. 9
5.1.1. Generales 10
5.1.2. Aisladores y pasapatas. 10
5.1.3. Aparamenta 10
5.1.4. Seccionadores. 11
5.1.5. Interruptores, contactores e Interruptores automáticos. 11
5.1.6. Aparamenta bajo envolvente metálica o aislante 11
5.1.7. Transformadores de potencia. 12
5.1.8. Centros de transformación prefabricados. 13
5.1.9. Transformadores de medida y protección 13
5.1.10. Pararrayos 13
5.1.11. Fusibles de alta tensión. 14
5.1.12. Cables y accesorios de conexión de cables. 14
5.1.13. Especificaciones particulares. 14
5.2. Características básicas de diseño 14
5.3. Justificación parámetros de diseño de la posición de 66 kV 15
5.3.1. Coordinación de aislamiento 15
5.3.2. Intensidad nominal aparellaje 15
5.3.3. Intensidades de cortocircuito 16
5.4. Justificación parámetros de diseño de las posiciones de 20 kV 16
5.4.1. Coordinación de aislamiento. 16
5.4.2. Intensidad nominal posición de transformación 16

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 4/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

5.4.3. Intensidad nominal posiciones de línea 17
5.4.4. Intensidades de cortocircuito 17
5.5. Limitación de campos electromagnéticos en las proximidades de la instalación de AT 18
5.6. Limitación del nivel de ruido emitido por las instalaciones AT 19
6. POSICIÓN DE 66 KV 19
6.1. Disposición de las instalaciones 19
6.1.1. Distancias de aislamiento 20
6.1.2. Pasillos y áreas de protección 20
6.1.3. Embarrados y conductores de potencia 20
6.2. Características de diseño de los componentes 20
6.2.1. Interruptores 20
6.2.2. Seccionador con puesta a tierra 21
6.2.3. Seccionador de puesta a tierra rápida 21
6.2.4. Transformadores de Intensidad 21
6.2.5. Transformadores de Tensión 21
7. POSICIÓN DE TRANSFORMADOR 22
7.1. Caracteristicas de diseño de los componentes 22
7.1.1. Transformador de potencia 22
7.1.2. Resistencia de puesta a tierra 22
7.1.3. Pararrayos 66kV 22
7.1.4. Pararrayos 20kV 23
8. POSICIONES DE 20KV 23
8.1. Disposición de las instalaciones 23
8.1.1. Distancias de aislamiento 23
8.1.2. Pasillos y áreas de protección 23
8.1.3. Embarrados y conductores de potencia 24
8.2. Características de diseño de los componentes 24
8.2.1. Interruptor 24
8.2.2. Seccionador con puesta a tierra 24
8.2.3. Transformadores de tensión 24
8.2.4. Transformadores de intensidad 25
9. POSICIÓN DE CONTROL Y PROTECCIONES 25
9.1. Sistema de Control 25
9.2. Sistema de Protecciones del transformador 26
9.3. Sistema de protecciones de las salidas de línea 27
10. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 28
11. LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA A 66kV 30
11.1. Objeto de la adecuación de la línea 30
11.2. Reglamentación aplicable 31

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 5/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

11.3. Descripción del trazado 32
11.4. Características de la instalación 33
11.4.1. Características generales 33
11.4.2. Descripción de los materiales línea aérea 35
11.4.2.1. Apoyos 35
11.4.2.2. Conductores 36
11.4.2.3. Cable de tierra 37
11.4.2.4. Aislamiento 37
11.4.2.5. Herrajes 38
11.4.3. Descripción de los materiales línea subterránea 42
11.4.3.1. Descripción, composición y dimensiones del cable 43
11.4.3.2. Terminales 45
11.4.3.3. Cajas de conexión 45
11.4.3.4. Autoválvulas-Pararrayos 46
11.4.4. Características de la obra civil 46
11.4.4.1. Cimentaciones para los apoyos 46
11.4.4.2. Tomas de tierra de los apoyos 47
11.4.4.3. Características de la canalización subterránea 49
PLAZO DE EJECUCIÓN 51

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 6/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

El día 9 de agosto de 2024 salió ardiendo la totalidad de la subestación móvil instalada en Las Lomas en el municipio de Vejer de la Frontera. Ante la imposibilidad de poder sustituir dicho equipo móvil con otro de tecnología similar y para poder garantizar la calidad de suministro en la zona, EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES SLU ha comenzado a la sustituirla por 2 equipos móviles 66/20kV de 15MVA de tecnología actualizada.

1.2. Entidad peticionaria, promotor y titular

Corresponde a EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales, S. L. Unipersonal NIF 82846817B, con domicilio a efectos de notificaciones en Avda. de la Borbolla nº5, 41004, Sevilla, que actúa como titular de la propiedad, la solicitud del Acta de Puesta en Servicio.

EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales, S. L. U., está dedicada al transporte y distribución de energía eléctrica. Tiene su domicilio social en la ciudad de Madrid, C/Ribera del Loira, nº 60, código postal 28042.

1.3. Autor del proyecto

Este proyecto está redactado y firmado por el Ingeniero Técnico Industrial Manuel Alonso Pantoja, nº de colegiado 9522 del Colegio Oficial de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla, con D.N.I. 10846998Z, perteneciente a la empresa AMETEL S.A., con domicilio en PI Ctra. La Isla, c/ Rio Viejo nº 9, 41703 Dos Hermanas, Sevilla.

1.4. Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto la descripción técnica de los equipos e instalaciones necesarias para la implantación de la subestación móvil en la misma ubicación de la averiada y la correcta integración de la misma en las redes de trasporte y distribución.

La instalación móvil consta de dos equipos principales:

- **Subestación móvil:** Dispone de parques de 66 y 20kV con tecnología GIS, bastidores de control y protección, baterías cc y cuadro de servicio auxiliares, todo ello instalado en una plataforma trailer.

- **Máquina transformadora:** Básicamente es el transformador 66/20kV 15MVA cuyas características se detallan más adelante, instalado también en plataforma trailer.

A su vez, en el siniestro ha resultada dañada la línea aérea de 66kV que alimentaba la instalación, por lo que se prevé instalar un apoyo final de línea, conversión aéreo subterráneo para acometer con cables XLPE 36/66kV a los conectores de la subestación móvil. La descripción de éstas actuaciones y sus características se detallan en el capítulo 11.

Para cumplimentar los trámites que señala el Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, se redacta el presente proyecto.

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 7/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

2. SITUACIÓN

La Subestación móvil "Las Lomas" se ubica en el polígono 18, parcela 2. LA MEDIANA, en el término municipal de Vejer de la Frontera (CADIZ), tal como se indica en los planos de situación e implantación.

Las coordenadas UTM de la subestación son las siguientes:
UTM (X): 246932.24 m E
UTM (Y): 4015237.02 m N
Zona: 30 S / ETRS89

3. ALCANCE DE LA SUBESTACIÓN MÓVIL

3.1. Descripción de las posiciones

La subestación proyectada tendrá el siguiente alcance, de acuerdo con el unifilar reflejado en el plano adjunto nº PP 1200:

- 1 Posición de transformación de 66kV.
- 1 Posición de transformación de 20kV.
- 7 Posiciones de línea de 20kV.
- 1 Posición de medida en barras 20kV.

3.1.1. Posición de transformación de 66kV.

Tipo: Interior blindada y aislada 145kV en SF6 tipo GIS F35-4 de Areva

Alcance: 1 Posición de transformación, constituida por:

- 3 Detectores capacitivos de presencia de tensión.
- 1 Seccionador tripolar de puesta a tierra rápida 145kV. 40kA.
- 3 Transformadores de tensión inductivos 132-66kV.
- 1 Seccionador tripolar de línea con puesta a tierra aislada 145kV. 2000A 40kA.
- 3 Transformadores de intensidad 400-800/5-5-5-5A 40kA
- 1 Interruptor tripolar 145kV. 2000A 40kA
- 1 Seccionador tripolar de puesta a tierra rápida 145kV. 40kA.

3.1.2. Posición de transformación de 20kV.

Tipo: Interior blindada y aislada 36kV en SF6 tipo WSA 6/36-2/623 de Areva.

Esquema: Simple barra.

Alcance: 1 Posición de transformación, constituida por:

- 1 Tramo tripolar de barras.
- 1 Seccionador tripolar de barras de tres posiciones con puesta a tierra. 36 kV, 1600A, 25 kA.
- 1 Interruptor tripolar automático. 36 kV, 1600A, 25 kA.
- 3 Transformadores de intensidad toroidales de relación apropiada, para protección.
- 3 Transformadores de tensión 27,5-22kV. con seccionamiento y puesta a tierra.
- 3 Detectores de control de presencia de tensión.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 8/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- 1 Compartimento para elementos de control.

3.1.3. **Posición de línea de 20kV.**

Tipo: Interior blindada y aislada 36kV en SF6 tipo WSA 6/36-2/623 de Areva.

Esquema: Simple barra.

Alcance: 7 Posiciones de línea, constituidas cada una por:

- 1 Tramo tripolar de barras.
- 1 Seccionador tripolar de barras de tres posiciones con puesta a tierra. 36 kV, 630 A, 25 kA.
- 1 Interruptor tripolar automático. 36 kV, 630 A, 25 kA.
- 3 Transformadores de intensidad toroidales de relación apropiada, para protección.
- 1 Transformador de intensidad toroidal de relación apropiada para medida de la corriente homopolar.
- 3 Detectores de control de presencia de tensión.
- 1 Compartimento para elementos de control.

3.1.4. **Posición de medida en barras 20kV.**

- 3 Transformadores de tensión inductivos 27,5-22 kV. en barras.

3.1.5. **Posición de telecontrol y protecciones**

La instalación dispone de un Sistema Integrado de Control y Protección (en adelante SICOP) compuesto por remota y sistema protectivo.

La subestación será telemandada desde el C.C.A.T. de Sevilla.

4. **DISPOSICIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES**

4.1. **Disposición física**

La disposición física de las instalaciones se refleja en los planos PP1300.

4.2. **Obras civiles**

En la misma ubicación donde se encontraba la subestación móvil averiada, se realizarán los vaciados, plataformas, cimentaciones y zanjas necesarias para la correcta instalación de equipos, conductores de AT y MT, y sistema de puesta a tierra.

5. **CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO**

5.1. **Normativa aplicable y especificaciones de obligado cumplimiento.**

El diseño y construcción se regulará por el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23, publicado en el BOE núm. 139, de 9 de junio de 2014, así como normativa particular de la compañía EDISTRIBUCIÓN Redes Digitales, S. L. U.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 9/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

5.1.1. **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-EN 60617-2:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.
- UNE-EN 60617-3:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 3: Conductores y dispositivos de conexión.
- UNE-EN 60617-6:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.
- UNE-EN 60617-7:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 7: Aparamenta y dispositivos de control y protección.
- UNE-EN 60617-8:1997 Símbolos gráficos para esquemas. Parte 8: Aparatos de medida, lámparas y dispositivos de señalización.
- 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.

5.1.2. **Aisladores y pasapatas.**

- 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 60507:1995 Ensayos de contaminación artificial de aisladores para alta tensión destinados a redes de corriente alterna.

5.1.3. **Aparamenta.**

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 10/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- UNE-EN 62271-1:2009 Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes. Aparamenta de alta tensión.
- UNE-EN 62271-1/A1:2011 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

5.1.4. **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.

5.1.5. **Interruptores, contactores e Interruptores automáticos.**

- UNE-EN 60265-1:1999 Interruptores de alta tensión. Parte 1: Interruptores de alta tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- 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.
- UNE-EN 62271-106:2012 Aparamenta de alta tensión. Parte 106: Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-100:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna

5.1.6. **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 62271-201:2007 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 62271-203:2013 Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- UNE 20324:1993 UNE 20324 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).

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 11/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- 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).

5.1.7. **Transformadores de potencia.**

- UNE-EN 60076-1:1998 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 60076-1/A1:2001 Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- 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 60076-3:2002 Transformadores de potencia. Parte 3: Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.
- UNE-EN 60076-3 ERRATUM:2006 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-EN 60076-11:2005 Transformadores de potencia. Parte 11: Transformadores de tipo seco.
- 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 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 50464-2-1:2010 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.

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 12/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

- 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.
- UNE-EN 50464-3:2010 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 3: Determinación de la potencia asignada de transformadores con corrientes no sinusoidales.
- UNE-EN 50541-1:2012 Transformadores trifásicos de distribución tipo seco 50 Hz, de 100 kVA a 3150 kVA, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 21538-1:2013 Transformadores trifásicos de distribución tipo seco 50 Hz, de 100 kVA a 3 150 kVA, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 1: Requisitos generales. Complemento nacional.
- UNE 21538-3:1997 Transformadores trifásicos tipo seco, para distribución en baja tensión, de 100 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV. Parte 3: Determinación de las características de potencia de un transformador cargado con corrientes no sinusoidales.

5.1.8. **Centros de transformación prefabricados.**

- UNE-EN 62271-202:2007 Aparamenta de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- UNE EN 50532:2011 Conjuntos compactos de aparamenta para centros de transformación (CEADS).

5.1.9. **Transformadores de medida y protección.**

- UNE-EN 50482:2009 Transformadores de medida. Transformadores de tensión inductivos trifásicos con Um hasta 52 kV.
- UNE-EN 60044-1:2000 Transformadores de medida. Parte 1: Transformadores de intensidad.
- UNE-EN 60044-1/A1:2001 Transformadores de medida. Parte 1: Transformadores de intensidad.
- UNE-EN 61869-1:2010 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 60044-2:1999 Transformadores de medida. Parte 2: Transformadores de tensión inductivos.
- UNE-EN 60044-2/A1:2001 Transformadores de medida. Parte 2: Transformadores de tensión inductivos.
- UNE-EN 61869-3:2012 Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.
- UNE-EN 60044-3:2004 Transformadores de medida. Parte 3: Transformadores combinados.

5.1.10. **Pararrayos.**

- UNE-EN 60099-1:1996 Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 13/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- UNE-EN 60099-1/A1:2001 Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna.
- UNE-EN 60099-4:2005 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 60099-4:2005/A1:2007 Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.

5.1.11. **Fusibles de alta tensión.**

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

5.1.12. **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 21027-9:2007/1C:2009 Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado. Parte 9: Cables unipolares sin cubierta libres de halógenos para instalación fija, con baja emisión de humos. Cables no propagadores del incendio. UNE 211006:2010 Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.
- UNE 211620:2012 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).

5.1.13. **Especificaciones particulares.**

- SRZ101. Especificaciones Técnicas Particulares de subestaciones AT/MT.

5.2. **Características básicas de diseño**

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 14/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Características	Unidad	Posición de 66 kV	Posiciones de 20 kV
Tensión nominal	kV	66	20
Tensión más elevada para el material	kV	145	36
Frecuencia nominal	Hz	50	50
Tensión soportada f.i.	kV	275	70
Tensión soportada rayo	kV	650	170
Intensidad nominal barras	A	na	1600
Intensidad nominal posición línea	A	na	630
Intensidad nominal posición transformación	A	2000	1600
Intensidad máxima de defecto trifásico	kA	40	25
Duración del defecto trifásico	s	1	1

Tabla nº1: Características básicas de diseño

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

5.3. Justificación parámetros de diseño de la posición de 66 kV

Se establecen a continuación los criterios y/o cálculos adoptados para la definición de los elementos constituyentes de la instalación:

5.3.1. Coordinación de aislamiento

Los niveles de aislamiento nominales serán los siguientes o superiores, de acuerdo con la ITC-RAT 12:

- Tensión más elevada para el material (kVef) 72,5
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kVcr) 325
- Tensión soportada nominal de corta duración a f.i. (kVef) 140

5.3.2. Intensidad nominal aparellaje

La intensidad nominal del primario del transformador es:

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot V_N} = \frac{15\ MVA}{\sqrt{3} \cdot 66\ kV} = 131\ A$$

Siendo,
S_N, la potencia nominal del transformador.
V_N, la tensión nominal del lado de alta del transformador.

El aparellaje deberá estar diseñado para intensidades nominales superiores a 131 A, mayorado dicho valor en al menos un 40% (184 A), adoptándose como valor normalizado 2000 A, a excepción de los transformadores de medida y protección.

Transformadores de intensidad

La intensidad nominal secundaria será de 5 A, compatible con la de los equipos de medida y relés a conectar, siendo necesarios dos devanados de protección y dos de medida.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 15/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

La intensidad nominal primaria estará definida en función de la intensidad nominal del transformador para permitir la adecuada regulación de los relés de protección. De acuerdo con este criterio y la intensidad nominal calculada, que es de 131 A, se adopta una relación de transformación de 400-800/5-5-5-5 A de acuerdo con las relaciones de transformación estandarizadas.

El factor límite de precisión (FLP) deberá garantizar el correcto funcionamiento de los transformadores para los valores máximos de cortocircuito esperables. Se adopta un valor de diseño de 20, por lo que el ajuste de la protección para la intensidad de cortocircuito trifásico deberá estar por debajo de 8 kA (para la relación de 400 A).

5.3.3. **Intensidades de cortocircuito**

Estos valores han sido calculados por el Dpto. de Protecciones y Telecontrol de EDistribución, obteniéndose los siguientes valores para las intensidades de cortocircuito máximas esperables:

- Intensidad de cortocircuito trifásico: 4,4 kA.
- Intensidad de cortocircuito monofásico a tierra 2,83 kA.

El aparellaje deberá estar diseñado con valores de intensidad límite térmica superiores a 4,4 kA, adoptándose como valor normalizado 40 kA.

La red de tierra deberá ser capaz de disipar la intensidad de cortocircuito monofásico a tierra 2,83kA sin provocar tensiones de paso y contacto peligrosas (Ver apdo. 10 y Anexo 1).

5.4. **Justificación parámetros de diseño de las posiciones de 20 kV**

Se establecen a continuación los criterios y/o cálculos adoptados para la definición de los elementos constituyentes de la instalación:

5.4.1. **Coordinación de aislamiento.**

Los niveles de aislamiento nominales serán los siguientes o superiores, de acuerdo con la ITC-RAT 12:

- Tensión más elevada para el material (kVef) 24
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kVcr) 125
- Tensión soportada nominal de corta duración a f.i. (kVef) 50

5.4.2. **Intensidad nominal posición de transformación**

La intensidad nominal del secundario del transformador es:

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot V_N} = \frac{15\ MVA}{\sqrt{3} \cdot 20\ kV} = 433\ A$$

Siendo,
S_N, la potencia nominal del transformador.
V_N, la tensión nominal del lado de baja del transformador.

El aparellaje estará diseñado para intensidades superiores a 433 A, adoptándose como valor normalizado 1600 A, (a excepción de los transformadores de medida y protección), de esta forma se cubre la situación más desfavorable.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 16/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Transformadores de intensidad

La intensidad nominal secundaria será de 5 A, compatible con la de los equipos de medida y relés a conectar, siendo necesarios dos devanados de protección y uno de medida.

La intensidad nominal primaria, estará definida en función de la intensidad nominal del transformador, para permitir la adecuada regulación de los relés de protección. De acuerdo con este criterio y la intensidad nominal calculada, que es de 433 A, se adopta una relación de transformación de 1000-2000/5-5-5 A.

El factor límite de precisión (FLP) deberá garantizar el correcto funcionamiento de los transformadores para los valores máximos de cortocircuito esperables. Se adopta un valor de diseño de 20, por lo que el ajuste de la intensidad de cortocircuito trifásico deberá estar por debajo de 20 kA (para la relación de 1000).

5.4.3. **Intensidad nominal posiciones de línea**

El aparellaje tendrá como valor normalizado 630 A, (a excepción de los transformadores de medida y protección), de esta forma se cubre la situación más desfavorable.

Transformadores de intensidad

De acuerdo con el esquema de protecciones, los transformadores de intensidad deberán disponer de un secundario para protección y otro de medida.

La intensidad nominal secundaria será de 5 A, compatible con la de los equipos de medida y relés a conectar. La intensidad nominal primaria, estará definida en función de la intensidad nominal de la línea, para permitir la adecuada regulación de los relés de protección. De acuerdo con este criterio, se adopta una relación de transformación de 300-600/5-5 A.

El factor límite de precisión (FLP) deberá garantizar el correcto funcionamiento de los transformadores para los valores máximos de cortocircuito esperables. Se adopta un valor de diseño de 30, por lo que el ajuste de la intensidad de cortocircuito trifásico deberá estar por debajo de 9 kA (para la relación de 300).

5.4.4. **Intensidades de cortocircuito**

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito en el lado de baja del transformador, suponemos que únicamente se encuentra limitada por la impedancia propia del transformador y que durante el cortocircuito se mantiene constante la tensión en bornas del primario del transformador (red de potencia infinita), por tanto;

La intensidad de cortocircuito en el lado de baja del transformador es:

$$I_{cc2} = \frac{I_{N2}}{10 \cdot V_{cc}} = \frac{433}{10 \cdot 10} = 4{,}33kA$$

Siendo,

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 17/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

I_{N2}, La intensidad nominal del secundario del transformador en amperios (A).
Vcc, La tensión cortocircuito porcentual del transformador (%).

El aparellaje deberá estar diseñado con valores de intensidad límite térmica superiores a 4,33 kA, adoptándose como valor normalizado 25 kA.

5.5. Limitación de campos electromagnéticos en las proximidades de la instalación de AT

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, establece unos límites de exposición máximos que se deberán de cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

Según establece el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 y el apartado 3.15 de la ITC-RAT 15 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en el diseño de las instalaciones se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos electromagnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz, en los diferentes elementos de las instalaciones.

Se realizarán los cálculos pertinentes para comprobar que no se superan los valores máximos establecidos en el cuadro nº2 del Anexo II del Real Decreto 1066/2001.

Para una frecuencia de 50Hz, que es la frecuencia de la red eléctrica, el valor máximo permitido de la inducción magnética es de 100μT.

La formulación teórica para el cálculo de los campos magnéticos en la proximidad de subestaciones, así como el procedimiento empleado para la medida de dichos campos se ha realizado según lo descrito en la norma IEC 62110.

Se han calculado los valores de Campo Magnético (B) en la zona interior de la subestación por donde pasaran los cables subterráneos de media tensión del transformador, dado que son los que más intensidad conducen y mayor campo magnético crean.

Para los cálculos vamos a suponer las siguientes consideraciones:

- Conductores de longitud infinita.

El campo magnético generado en un punto (P) por un conjunto de cables k, lo podemos expresar como:

$$\vec{B} = (B_x, B_y)$$

$$|B| = \sqrt{|B_x|^2 + |B_y|^2}$$

Donde:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2 * \pi} * \sum_{i=1}^{i=k} \frac{I_i * y_i}{x_i^2 + y_i^2}$$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 18/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

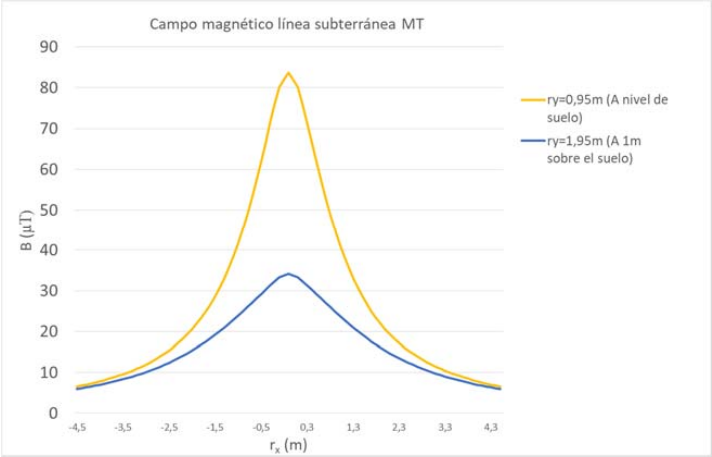
$$B_y = \frac{\mu_0}{2 * \pi} * \sum_{i=1}^{i=k} \frac{I_i * x_i}{x_i^2 + y_i^2}$$

Siendo:
- μ0 la permeabilidad magnética del vacío, 4π10-7 N/A2.
- Ii la intensidad que circula por el conductor i.
- xi es la distancia en horizontal del punto considerado (P) al conductor i.

Los conductores de la nueva posición serán subterráneos y su recorrido por la subestación lo hace a una profundidad de más de 0,95 m bajo el suelo.

Para determinar el campo magnético en las condiciones más desfavorables consideraremos que el sistema se encuentra funcionando a plena carga y que la intensidad por cada uno de los cables es la misma.

El campo magnético producido por los conductores previstos en la subestación se determinará con la gráfica siguiente en la que se determina la inducción a distintas distancias para una corriente de 433 A (utilizaremos la gráfica correspondiente a nuestro caso):



Se puede comprobar que justo encima de donde pasan los conductores de 20 kV hacia el transformador, caso más desfavorable en esta instalación resulta un valor de campo magnético inferior a los 100 μT que fija el R.D. 1066/2001, y se va disipando conforme nos vamos alejando de la posición.

5.6. Limitación del nivel de ruido emitido por las instalaciones AT

Según lo indicado en el apartado 3.16 de la ITC-RAT 15, y con objeto de limitar el ruido originado por la instalación, esta se dimensionará y diseñará de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de la misma se ajusten a los niveles de calidad acústica establecido en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

6. POSICIÓN DE 66 KV

6.1. Disposición de las instalaciones

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 19/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

6.1.1. Distancias de aislamiento

De acuerdo con los valores de tensiones soportadas a impulsos tipo rayo y aplicando lo preceptuado en la ITC-RAT-12, las distancias mínimas de aislamiento serán las siguientes:

- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo. 325 kV de cresta
- Distancia mínima en el aire entre fases y entre fases y tierra. 63 cm

6.1.2. Pasillos y áreas de protección

Aplicando lo establecido en la ITC-RAT-15:

La anchura de los pasillos de servicio no será inferior a la que a continuación se indica en ninguno de los casos:

− Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado: 100 cm
− Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados: 120 cm
− Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado: 80 cm
− Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados: 100 cm

Altura sobre elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos: 313 cm

H = 250 + d, siendo:
d = (ITC-RAT-12) = 63 cm

Zona de protección contra contactos accidentales desde el exterior de la instalación: 213 cm

G = 150 + d, siendo:
d = (ITC-RAT-12) = 63 cm

En las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situada a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm. En el caso de que dicha altura sea menor a 230 cm, será necesario establecer sistemas de protección.

6.1.3. Embarrados y conductores de potencia

Se utilizarán los siguientes conductores:

- Para el conexionado entre la salida de la GIS a 66kV y el transformador se utilizará cable aislado XLPE 36/66kV 1x1000mm2 Al con intensidad admisible 661A.
- Para el conexionado del terminal del cable anterior y la máquina transformadora se utilizará tubo de CU 50/44 mm. con una intensidad admisible de 1150A.

6.2. Características de diseño de los componentes

La aparamenta integrada en la GIS Areva F35-4 145kV, responde a las características que se detallan a continuación:

6.2.1. Interruptores

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 20/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- Tensión nominal (kV) 145
- Intensidad nominal (A) 2000
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 275
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta) 650
- Frecuencia nominal (Hz) 50
- Intensidad límite térmica (kA/1s) 40
- Factor de amplitud 1.4
- Valor de cresta de la corriente térmica 100
- Secuencia maniobras O-0.3s-CO-1 min-CO

6.2.2. **Seccionador con puesta a tierra**

- Tensión nominal (kV) 145
- Intensidad nominal (A) 2000
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.)
  - A tierra y entre fases 275
  - A la distancia de seccionamiento 315
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)
  - A tierra y entre fases 650
  - A la distancia de seccionamiento 750
- Frecuencia nominal (Hz) 50
- Intensidad límite térmica (kA/1s) 40
- Valor de cresta de la corriente térmica 100

6.2.3. **Seccionador de puesta a tierra rápida**

- Tensión nominal (kV) 145
- Intensidad nominal (A) 2000
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.)
  - A tierra y entre fases 275
  - A la distancia de seccionamiento 315
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)
  - A tierra y entre fases 650
  - A la distancia de seccionamiento 750
- Frecuencia nominal (Hz) 50
- Intensidad límite térmica (kA/1s) 40
- Valor de cresta de la corriente térmica 100

6.2.4. **Transformadores de Intensidad**

- Tensión nominal (kV) 145
- Relación de transformación (A) 400-800/5-5-5-5
- Capacidad de carga permanente térmica 1,2
- Potencias de precisión simultáneas:
  - 1º Núcleo 20-40VA cl. 0,2s Fs<5
  - 2º Núcleo 30-60VA cl. 0,5 5P-20
  - 3º Núcleo 30-60VA cl. 5P-20
  - 4º Núcleo 30-60VA cl. 5P-20
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 275
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta) 650
- Frecuencia nominal (Hz) 50
- Intensidad límite térmica (kA/1s) 40
- Valor de cresta de la corriente térmica 100

6.2.5. **Transformadores de Tensión**

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 21/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- Tensión nominal (kV) 145
- Relación de transformación (kV) (66-132):V3 / 3 x 0,11:V3
- Factor de sobretensión permanente 1,2
- Potencias de precisión simultáneas:
  - 1º Núcleo 10-25VA cl. 0,2
  - 2º Núcleo 10-25VA cl. 0,5-3P
  - 3º Núcleo 10-25VA cl. 0,5-3P
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 275
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta) 650
- Frecuencia nominal (Hz) 50

7. POSICIÓN DE TRANSFORMADOR

7.1. Caracteristicas de diseño de los componentes

7.1.1. Transformador de potencia

- Instalación Exterior sobre plataforma trailer
- Marca: Oasa
- Nº Fabricación 26945
- Potencia por devanado (KVA/ODAF) 15000
- Relación de transformación (kV) 66±4x2,75 / 27±4 - 15,6±2,3
- Grupo de conexión YNyn0-d11
- Aislamientos nominales
  - Primario 66kV (kV) 72,5
  - Secundario 27kV (kV) 36
  - Secundario 15,6kV (kV) 24
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.)
  - Primario 66kV (kV) 140
  - Secundario 27kV (kV) 70
  - Secundario 15,6kV (kV) 50
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)
  - Primario 66kV (kV) 325
  - Secundario 27kV (kV) 170
  - Secundario 15,6kV (kV) 125
- Frecuencia nominal (Hz) 50
- Pérdidas en el Cu (kW) 86
- Tensión de cortocircuito (%) 10
- Intensidad de vacío (%) 0,6

7.1.2. Resistencia de puesta a tierra

- Instalación Exterior
- Tensión nominal (kV) 22
- Resistencia (Ω) 42,3
- Intensidad permanente asignada (A) 50
- Intensidad de defecto asignada (A/10s) 300
- Aislamiento (kV) 24
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 50
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta) 125

7.1.3. Pararrayos 66kV

- Instalación Exterior
- Tensión de red (kV) 66

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 22/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- Tensión de servicio contínuo (kV) 48
- Tensión asignada (kV) 60
- Frecuencia asignada (Hz) 50
- Corriente de descarga nominal onda 8/20 µs (kA) 10
- Clase de descarga 3
- Nivel de aislamiento externo a f.i. (kVef) 140
- Nivel de aislamiento externo a rayo (kVcresta) 325

7.1.4. **Pararrayos 20kV**

- Instalación Exterior
- Tensión de red (kV) 23
- Tensión de servicio contínuo (kV) 13,9
- Tensión asignada (kV) 21,9
- Frecuencia asignada (Hz) 50
- Corriente de descarga nominal onda 8/20 µs (kA) 10
- Clase de descarga 3
- Nivel de aislamiento externo a f.i. (kVef) 50
- Nivel de aislamiento externo a rayo (kVcresta) 125

8. **POSICIONES DE 20KV**

8.1. **Disposición de las instalaciones**

8.1.1. **Distancias de aislamiento**

De acuerdo con los valores de tensiones soportadas a impulsos tipo rayo y aplicando lo preceptuado en la ITC-RAT-12, las distancias mínimas de aislamiento serán las siguientes:

- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo. 125 kV de cresta
- Distancia mínima en el aire entre fases y entre fases y tierra. 22 cm.

8.1.2. **Pasillos y áreas de protección**

Aplicando lo establecido en la ITC-RAT-15:

La anchura de los pasillos de servicio no será inferior a la que a continuación se indica en ninguno de los casos:

− Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado: 100 cm
− Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados: 120 cm
− Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado: 80 cm
− Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados: 100 cm

Altura sobre elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos: 22 cm

H = 250 + d, siendo:
d = (ITC-RAT-12) = 22 cm

Zona de protección contra contactos accidentales desde el exterior de la instalación: 172 cm

G = 150 + d, siendo:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 23/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

d = (ITC-RAT-12) = 22 cm

En las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situada a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm. En el caso de que dicha altura sea menor a 230 cm, será necesario establecer sistemas de protección.

8.1.3. Embarrados y conductores de potencia

Se utilizarán los siguientes conductores:

- Para el conexionado entre el transformador y la celda de 20kV. se utilizarán dos conductores por fase de cable aislado XLPE 18/30kV 1x240mm2 Al con intensidad admisible 688A.
- Para el conexionado del terminal del cable anterior y la máquina transformadora se utilizará tubo de CU 50/44 mm. con una intensidad admisible de 1150A.

8.2. Características de diseño de los componentes

La aparamenta integrada en las celdas Areva WSA 6/36-2/623 36kV, responde a las características que se detallan a continuación:

8.2.1. Interruptor

- Tensión nominal (kV)	36
- Medio de extinción y aislamiento	vacío
- Intensidad nominal celda transformador (A)	1600
- Intensidad nominal celda de línea	630
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.)	70
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)	170
- Frecuencia nominal (Hz)	50
- Intensidad límite térmica (kA/1s)	25
- Secuencia maniobras	O-0.3s-CO-15s-CO

8.2.2. Seccionador con puesta a tierra

- Tensión nominal (kV)	36
- Intensidad nominal celda transformador (A)	2000
- Intensidad nominal celda de línea (A)	630
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.)	
o A tierra y entre fases	70
o A la distancia de seccionamiento	80
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)	
o A tierra y entre fases	170
o A la distancia de seccionamiento	195
- Frecuencia nominal (Hz)	50
- Intensidad límite térmica (kA/1s)	25

8.2.3. Transformadores de tensión

Celda transformador

- Tensión nominal (kV)	36kV
- Relación de transformación (kV)	(27,5-22):V3 / 2x0,11:V3-0,11:3
- Factor de sobretensión permanente	1,2
- Potencias y clases de precisión simultáneas:	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 24/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

  - 1º Núcleo 15VA cl. 0,2
  - 2º Núcleo 15VA cl. 0,5-3P
  - 3º Núcleo 10VA 6P
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 70
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta) 170
- Frecuencia nominal (Hz) 50

Medida en barras

- Tensión nominal (kV) 36kV
- Relación de transformación (kV) (27,5-22):V3 / 0,11:V3-0,11:3
- Factor de sobretensión permanente 1,2
- Potencias y clases de precisión simultáneas:
  - 1º Núcleo 15VA cl. 0,5-3P
  - 2º Núcleo 10VA 6P
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 70
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta) 170
- Frecuencia (Hz) 50

8.2.4. **Transformadores de intensidad**

Celda transformador

- Tensión nominal (kV) 0,72
- Relación de transformación (A) 1000-2000/5-5-5
- Capacidad de carga permanente térmica 1,2
- Potencias y clases de precisión simultáneas:
  - 1º Núcleo 10VA cl. 0,2s
  - 2º Núcleo 10VA cl. 5P20
  - 3º Núcleo 10VA cl. 5P20
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 3
- Frecuencia nominal (Hz) 50

Celda de línea

- Tensión nominal (kV) 0,72
- Relación de transformación (A) 300-600/5-5
- Capacidad de carga permanente térmica 1,2
- Potencias y clases de precisión simultáneas:
  - 1º Núcleo 10VA cl. 0,2s
  - 2º Núcleo 15VA cl. 5P30
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef.) 3
- Frecuencia nominal (Hz) 50

9. **POSICIÓN DE CONTROL Y PROTECCIONES**

9.1. **Sistema de Control**

Se instalará un Sistema Integrado de Control y Protección (en adelante SICOP) con las siguientes características:

- Tecnología
  El SICOP será de tecnología numérica y configuración distribuida, formado por remota y sistema protectivo.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 25/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- Funciones
  El SICOP incorporará las funciones de control local, telecontrol, protección y medida de todas las posiciones de la subestación, incluidos los Servicios Auxiliares tanto de corriente continua como de corriente alterna.

Las posiciones serán telemandadas desde el C.C.A.T. de Sevilla.

9.2. **Sistema de Protecciones del transformador**

Las funciones protectivas se realizarán, mediante dos relés multifunción.

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía
FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
87L	Diferencial de línea
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49	Imagen térmica
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

Además de las funciones realizadas por los relés multifunción, se deberán tener en cuenta las protecciones propias de la máquina transformadora, éstas son:

49	Imagen térmica
63	Gases transformador
63L	Válvula sobrepresión cuba transformador
	Termómetro / termostato aceite
	Detección circulación de aceite

Nº Reg. Entrada: 202499901218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 26/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

9.3. **Sistema de protecciones de las salidas de línea**

Para las posiciones de MT, se dispondrá de un único relé multifunción por posición. A continuación, se indican las funciones protectivas a aplicar en cada caso:

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
46	Desequilibrio entre fases/fase abierta
67F	Sobreintensidad de fases: direccional curva, tiempo definido, instantáneo
67N1	Sobreintensidad de neutro: direccional curva, tiempo definido, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
67N2	Sobreintensidad de neutro sensible: direccional curva, tiempo definido, instantáneo, Tierra resistente, toroidal neutro
51NS	Sobreintensidad de neutro sensible: curva, tiempo definido, Tierra resistente, toroidal neutro
79	Reenganchador
59B	Automatismo Cogenerador
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía
	Recepción de disparo externo

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 27/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

10. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La instalación general de puesta a tierra deberá cumplir con lo establecido en la ITC-RAT 13.

Función:

Establecer la instalación general de puesta a tierra para cumplir las siguientes funciones:

- Proteger al personal y equipos contra potenciales peligrosos.
- Proporcionar un camino a tierra para las intensidades originadas por descargas atmosféricas, por acumulación de descargas estáticas o por defectos eléctricos.
- Referenciar el potencial del circuito respecto a tierra.
- Facilitar a los elementos de protección el despeje de la falta a tierra.

Características del sistema:

El sistema de puesta a tierra de la subestación está formado por:

Electrodo de puesta a tierra, que es una malla enterrada de cable de cobre desnudo. Los conductores se tenderán en el terreno formando una retícula, estando dimensionados de manera que, al dispersar la máxima corriente de falta, las tensiones de paso y contacto estén dentro de los límites permitidos por la ITC-RAT 13.

Líneas de tierra, que son conductores de cobre desnudo o pletina de cobre que conectarán los elementos que deban ponerse a tierra al electrodo, de acuerdo con las instrucciones generales y particulares de puesta a tierra.

Instrucciones generales de puesta a tierra:

Puesta a tierra de protección

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

Se conectarán a las tierras de protección, entre otros, los siguientes elementos, salvo las excepciones que se indican en los apartados 7.3, 7.4, 7.5 y 7.6 de la ITC-RAT 13:

a) Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
b) Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
c) Las puertas metálicas de los locales.
d) Las vallas y cercas metálicas.
e) Las columnas, soportes, pórticos, etc.
f) Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
g) Las armaduras metálicas de los cables.
h) Las tuberías y conductos metálicos.
i) Las carcasas de los transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
j) Los hilos de guarda o cables de tierra de las líneas aéreas.
k) Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.
l) Pantalla de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida o protección.

Puesta a tierra de servicio

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 28/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Se conectarán a las tierras de servicio los elementos de la instalación necesarios, y entre ellos:

a) Los neutros de los transformadores de potencia que lo precisen, en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.
b) El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
c) Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida o protección, salvo que existan pantallas metálicas de separación conectadas a tierra entre los circuitos de alta y baja tensión de los transformadores.
d) Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.

Control de las instalaciones de tierra

La instalación de red de tierras deberá ser comprobada a la finalización de las obras por una OCA, debiendo verificar que se cumple con las siguientes limitaciones:

- Se comprobará que no se sobrepasa la máxima densidad de corriente admisible en los conductores de puesta a tierra, que será de 160 A/mm² en caso de conductores de cobre, 100 A/mm² en caso de conductores de aluminio, y 60 A/mm² en caso de conductores de acero.
- Las tensiones de paso y contacto admisibles estarán por debajo de las máximas tolerables por el cuerpo humano, atendiendo lo indicado en el apartado 1.1 de la ITC-RAT 13.

Las instalaciones de tierra deberán ser revisadas, al menos, una vez cada tres años.

Validación del diseño de la puesta a tierra.

Las máximas tensiones de contacto y paso admisible según ITC-RAT 13 se calculan:

$$Uc = Uca \cdot \left(1 + \frac{\frac{Ra1}{2} + 1{,}5 \cdot \rho s \cdot Cs}{1000}\right)$$

$$Up = 10 \cdot Uca \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot Ra1 + 6 \cdot \rho s \cdot Cs}{1000}\right)$$

Donde:

U_{ca}= 204V para t_f=0,5 s (*Tabla 1 de ITC-RAT 13*)
$R_{a1=}$ 2000 Ω
ρ_s= 2500 Ω·m
C_s= 0.852

Obteniendo unos valores de:

Máxima tensión de contacto admisible	U_c= 1060 V
Máxima tensión de paso admisible	U_p= 36271 V

Si se comparan los resultados con los obtenidos en el ANEXO 1 (Cálculo red de tierra), se observa que los valores obtenidos en dicho Anexo están por debajo de lo establecido enel diseño sería correcto.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

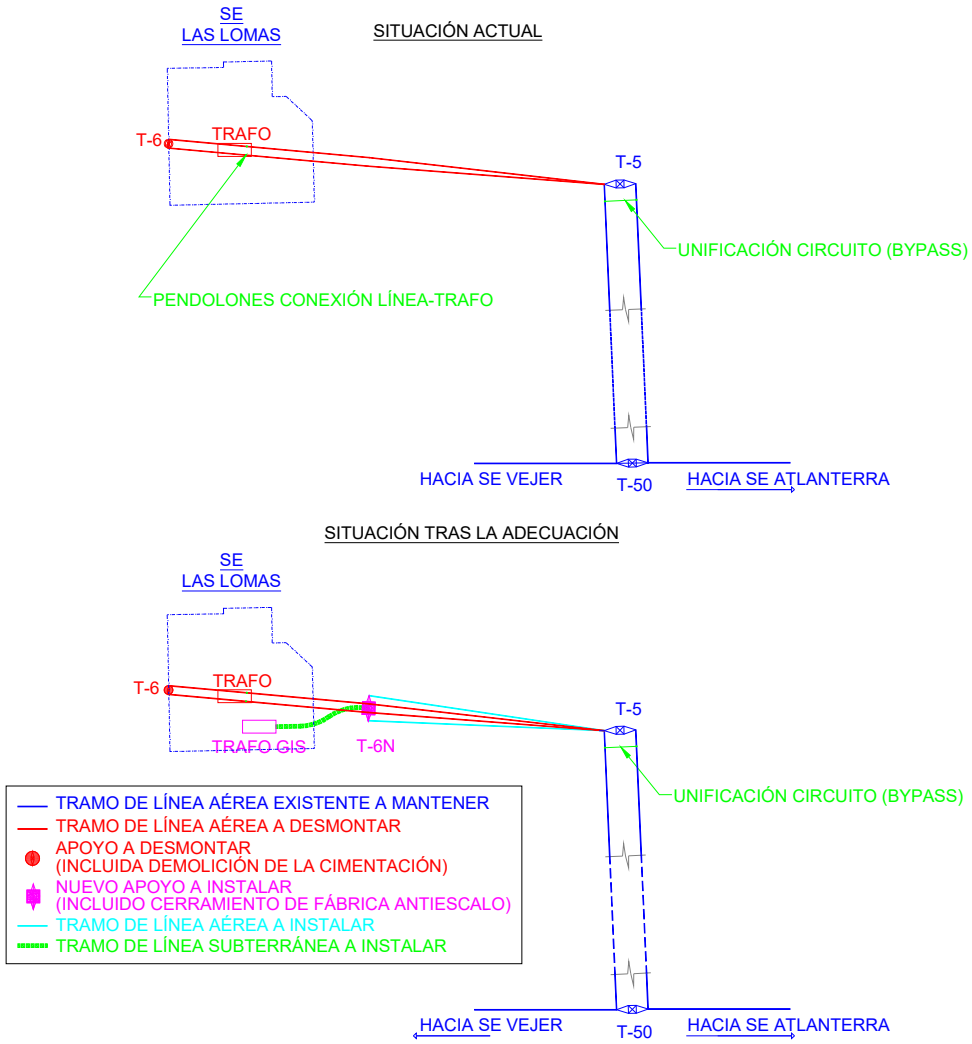
MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 29/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

11. LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA A 66kV

11.1. Objeto de la adecuación de la línea

A raíz del incendio declarado en el siniestro han resultado dañados los conductores aéreos de la instalación previa, no obstante, dado el cambio de tecnología de la nueva subestación móvil, ésta ha de alimentarse mediante cable aislado y conectores enchufables, por lo que se prevé sobre la misma traza de la línea existente instalar un apoyo conversión aéreo subterráneo y realizar una zanja AT a la nueva GIS.

A continuación, se muestra el estado actual y el modificado de la línea tras su adecuación:



Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 30/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

11.2. **Reglamentación aplicable**

Para la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta todas y cada una de las especificaciones siguientes:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008, 15 febrero).
- Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997, 27 noviembre), revisión Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento 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. De conformidad con Ley 24/2013, de 26 de diciembre y Ley 21/1992, de 16 de julio.
- 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.
- Decreto 178/2006, de 10 de octubre, de la Junta de Andalucía, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Normativa particular de E-distribución Redes Digitales aplicable.
  - LRZ001 - Especificaciones técnicas particulares de líneas aéreas de alta tensión >36 kV.
  - LME001 - Procedimiento para la construcción de líneas aéreas de A.T.
  - LNE005 – Norma de herrajes y accesorios para líneas eléctricas aéreas de alta tensión, de tensión superior a 30 kV.
  - LNE006 – Norma de cadenas de herrajes para líneas aéreas de A.T.
  - GSCS001 – Norma Global de apoyos de celosía para líneas eléctricas de Alta Tensión.
  - GSCH004 – Especificaciones técnicas de aisladores de composite de alta tensión.
  - NDZ001 – Estándar de conversiones aéreo-subterráneas.
  - KRZ001 - Criterios de diseño de los sistemas subterráneos de alta tensión.
  - KNE 001 - Cables subterráneos de Alta Tensión.
  - KNE 002 - Empalmes para cables subterráneos de Alta Tensión.
  - KNE 003 - Terminales para cables subterráneos de Alta Tensión.
  - KNE 004 - Cajas de conexión y pequeño material para instalaciones subterráneas de Alta Tensión.
  - KME 003 - Procedimiento de tendido de cables subterráneos de Alta Tensión.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 31/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- KMZ 001 - Procedimiento de control de calidad para instalaciones subterráneas de Alta Tensión.
- KME 001 - Instrucciones generales de montaje de empalmes y terminales para cables subterráneos de Alta Tensión.
- KMH 001 - Ejecución de Obra Civil para instalaciones subterráneas de Alta Tensión.
- KEZ 001 - Procedimiento de Mantenimiento para revisión de líneas subterráneas de Alta Tensión.
- KME 002 - Ensayos de puesta en servicio en instalaciones subterráneas de Alta Tensión.

- UNE 21144 (CEI 287) - Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Partes 1, 2 y 3.
- UNE 21-192 (CEI 949) - Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE 21-191 (CEI 853) - Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de carga cíclicos y sobrecarga de emergencia. Régimen cíclico para cables de tensiones superiores a 18/30 (36) kV y regímenes de emergencia para cables de todas las secciones.
- Normas UNE
- Disposiciones municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.
- Decreto 397/2010, de noviembre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019.
- Normas UNE
- Disposiciones municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- RD 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados
- Decreto 131/2021, de 6 de abril, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de Andalucía. Hacia una Economía Circular en el Horizonte 2030.

11.3. **Descripción del trazado**

El tramo de línea a 66 kV Atlanterra-Lomas-Vejer objeto de este proyecto es el comprendido entre los apoyos existentes nº5 y nº6.

La adecuación de la línea consiste en la ejecución de un nuevo tramo aéreo-subterráneo entre el apoyo existente nº5, un nuevo apoyo nº6N de conversión aéreo-subterránea y un tramo subterráneo hasta el GIS de la subestación móvil.

Actualmente el tramo objeto del proyecto tiene una longitud de 72,43 m. y discurre por el término municipal de Vejer de la Frontera, provincia de Cádiz:

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 32/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº ALINEACIÓN	APOYOS Nº	LONGITUD (m)	TÉRMINO MUNICIPAL	PRVINCIA
1	5-6	72,43	Vejer de la Frontera	Cádiz
TOTAL	**2**	**72,43**		

Con la adecuación, se desmonta el tramo existente entre los apoyos existentes nº5 y nº6 y se proyecta un nuevo tramo aéreo, entre el apoyo existente nº5 y un nuevo apoyo nº6N, que tendrá una longitud de 38,50 m. y discurrirá por el término municipal de Vejer de la Frontera, provincia de Cádiz:

Nº ALINEACIÓN	APOYOS Nº	LONGITUD (m)	TÉRMINO MUNICIPAL	PRVINCIA
1	5-6N	38,50	Vejer de la Frontera	Cádiz
TOTAL	**2**	**38,50**		

A partir del nuevo apoyo nº6N la línea pasará a subterráneo y entrará en la subestación hasta llegar a la posición GIS, con una longitud de 17,16 m. discurriendo por el término municipal de Vejer de la Frontera, provincia de Cádiz:

TRAMO SUBTERRÁNEO	LONGITUD (m)	TÉRMINO MUNICIPAL	PRVINCIA
1	17,16	Vejer de la Frontera	Cádiz
TOTAL	**17,16**		

A continuación, se indican coordenadas U.T.M. (ETRS89 Huso 30) de ubicación de los nuevos apoyos proyectados y de los existentes a mantener o desmontar:

Nº APOYO	ESTADO	FUNCIÓN	COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30	
			X	Y
T-5	Existente a mantener	Fin de línea	246.973,10	4.015.203,55
T-6N	Nuevo a instalar	Fin de línea Conversión aéreo-subterráneo	246.944.66	4.015.229,50
T-6	Existente a desmontar	Fin de línea	246.919,59	4.015.252,37

La mayor cota del terreno se encuentra en las inmediaciones del nuevo apoyo nº6N, el cual alcanza una cota de 11,11 m. Por tanto, y según el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008), se deberá considerar a efectos de cálculo: -Zona A.

11.4. Características de la instalación

11.4.1. Características generales

La línea objeto del presente proyecto tiene como principales características las siguientes:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 33/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Tramo aéreo entre los apoyos nº5 y nº6N:

- Sistema ..... Corriente alterna trifásica
- Frecuencia..... 50 Hz
- Tensión nominal ..... 66 kV
- Categoría..... Segunda
- Longitud del tramo objeto de proyecto .....38,50 metros
- Número de circuitos 1
- Tipo de conductor.....D-280
- Número de conductores por fase 1
- Temperatura máxima conductor .....75 ºC
- Potencia máxima admisible por circuito .....65,7 MVA
- Intensidad máxima admisible ..... 575,4 A
- Número de cables de tierra 1
- Tipo de cable de tierra..... AC-50
- Zona ..... A
- Tipo de aislamiento .....Composite CS 120 SB
- Tipo de apoyos y material ..... Apoyos metálicos de celosía Ac. Galv
- Número de apoyos nuevos a instalar..... 1
- Cimentaciones.....Monobloque
- Puestas a tierra ..... Electrodo de difusión

La parte de la línea que se desmonta para la adecuación tiene las siguientes características:

- Sistema ..... Corriente alterna trifásica
- Frecuencia..... 50 Hz
- Tensión nominal ..... 66 kV
- Categoría..... Segunda
- Zona ..... A
- Longitud del tramo a desmontar.....72,43 metros
- Tipo de conductor.....D-280
- Número de conductores por fase 1
- Número de cables de tierra 1
- Tipo de cable de tierra..... AC-50
- Tipo de aislamiento ..... Composite
- Tipo de apoyos y material .....Apoyos metálicos de celosía Ac. Galvanizado
- Número de apoyos a desmontar 1
- Cimentaciones.....Monobloque

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 34/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Tramo subterráneo entre los apoyos nº5 y nº6N:

- Sistema ..... Corriente alterna trifásica
- Frecuencia..... 50 Hz
- Tensión nominal ..... 66 kV
- Intensidad Nominal Canalización SC ..... 661 A
- Categoría..... Segunda
- Longitud canalización.....17,16 metros
- Longitud entre terminales.....(*) 50 metros
- Número de circuitos 1
- Intensidad de cortocircuito en el conductor..... 31,5 kA
- Intensidad de cortocircuito en la pantalla ..... 18 kA
- Tiempo de accionamiento de la protección del cable .....0,5 s
- Tipo de canalización SC..... Tubo de 160 mm
- Disposición de los cables ..... Tresbolillo
- Profundidad de las canalizaciones.....1,25 m
- Conexión de pantallas..... Solid Bonding

(*) Se ha considerado un incremento de un 3% sobre la medición en planta del trazado. Además, se ha tenido en cuenta la bajada de los cables en el apoyo de conversión aéreo-subterráneo y la subida de los cables a la posición GIS en la subestación móvil.

11.4.2. **Descripción de los materiales línea aérea**

11.4.2.1. **Apoyos**

El nuevo apoyo a utilizar en la construcción de la línea Aérea en proyecto será del tipo metálicos de celosía de serie del fabricante Postemel, diseñado para la instalación de 1 circuito de 66 kV distribuido en tresbolillo, con una cúpula para la instalación del cable de tierra y preparaddo para la conversión aéreo-subterránea.

Los materiales para perfiles de acero deberán cumplir la norma UNE-EN 10025.

Asimismo, los perfiles, cuya anchura mínima será de 40 mm, y el resto de los componentes, tales como presillas, casquillos y placas base, etc., deben haber sido fabricados de acuerdo a la norma UNE-EN 10056 con acero AE 275-B (S275JR) ó AE 355-B (S355J0) de límite elástico R=275 ó 355 N/mm^2 respectivamente.

Los tornillos empleados serán del tipo M-14 o superior y de calidad mínima de 5.6 garantizada. La composición de la materia prima, la designación y las propiedades mecánicas cumplen la norma UNE 17115:2010. Asimismo, se ajustarán a lo prescrito en dicha norma las dimensiones de los tornillos, las longitudes de apriete, la correspondiente arandela y las tuercas hexagonales.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión se usarán las fórmulas adecuadas a la solicitación a que estén sometidas las barras.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 35/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Protección de superficies de los apoyos

El apoyo tendrá protección por galvanizado en caliente. El galvanizado por inmersión en caliente se hará de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461:2010.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad, sin manchas y con un espesor local del recubrimiento mínimo de 75 µm, tal y como se indica en la norma LNE008 de e-Distribución “Norma de apoyos de celosía para línea eléctricas de A.T, de tensión nominal superior a 30 kV”.

Dimensiones de los apoyos

La altura elegida del apoyo está determinada por la distancia mínima mantener al terreno y demás obstáculos por los conductores de la línea aérea, según lo establecido en el apartado 5 de la ITC-LAT 07 del RLAT y en la norma LRZ001 de e-Distribución “Especificaciones técnicas particulares de línea aéreas de alta tensión >36 kV”.

La separación entre fases viene dada por la distancia a mantener de los conductores entre sí en los vanos de la línea aérea, según lo indicado en el apartado 5.4.1. de la ITC-LAT 07 del RLAT y en la norma LRZ001. En el Anexo II - Cálculos justificativos puede consultarse una tabla resumen con dichas distancias

En función de las necesidades de la ubicación y de las condiciones de utilización previstas se colocará el siguiente tipo:

Nº DE APOYO (SEGÚN PLANO)	FUNCIÓN DEL APOYO	TIPO DE APOYO
T-6N	FINAL DE LÍNEA CONVERSIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO	ALISIO-30-14-TH20a (Hu= 11,95 m) (*)

(*) *Incluye herraje para terminales y autoválvulas, escalera de bajada y canal protector.*

En el documento de planos se adjunta plano de apoyo tipo donde se resumen las dimensiones del apoyo, así como esquema de las cimentaciones con su volumen de cimentación.

11.4.2.2. **Conductores**

La línea aérea estará dotada de conductores de alambre de aleación de aluminio-magnesio-silicio de tipo AL3 y cumplirán todos los requisitos de las Normas UNE-EN 50183, y Especificación técnica E-Distribución LNE001, y cuyas características son las siguientes:

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 36/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Conductores AL3

Designación Código / /Código antiguo	Sección mm² Total	Diámetro mm Total	Carga de Rotura (daN)	Resist. eléctrica c.c. a 20ºC (Ω/km)	Masa (kg/km)	Módulo de elasticidad (daN/mm²)	Coef. de Dilatación lineal (ºC⁻¹x10⁻⁶)
279-AL3 / D-280	279,3	21,7	8.200	0,1187	770	5.600	23

11.4.2.3. **Cable de tierra**

Para protección frente a las descargas atmosféricas, la línea aérea estará dotada de un cable de tierra de acero galvanizado tipo ST1A, según normas UNE-EN 50182:2002 y UNE-EN 50189:2000.

Para que la protección contra las descargas atmosféricas sea eficaz, siempre que sea posible, se dispondrá la estructura de la cabeza de las torres a instalar de forma que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y el conductor, no exceda de los 35º.

Las características principales del cable de tierra son las siguientes:

Designación Código / /Código antiguo	Sección para cálculos tracción-alargamiento (mm²)	Diámetro Exterior nominal (mm)	Carga de Rotura (daN)	Masa (daN/km)	Módulo de elasticidad (daN/mm²)	Coeficiente de dilatación (ºC⁻¹x10⁻⁶)
49 ST1A / AC 50	49,5	9	6.202	392	18.500	11,5

Todas las características de este cable de tierra deberán responder a lo especificado en la norma de Especificación técnica E-Distribución NNJ001.

11.4.2.4. **Aislamiento**

El aislamiento estará dimensionado mecánicamente para el conductor D-280, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura superior a 3, y eléctricamente para 66 kV. Éste constará de cadena sencilla.

Las características fundamentales mecánicas y eléctricas son las siguientes:

- Denominación .....CS 120 SB 650/3.625
- Material..... Composite
- Carga de rotura electromecánica y mecánica..... 120 kN
- Longitud del aislador .....1.380 mm
- Nivel de aislamiento. IV
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante .....200 mm

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 37/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- Norma de acoplamiento ..... 16 A
- Peso del elemento aproximado ..... 5 Kg

La normativa aplicable para la fabricación de estos aisladores será:

- Norma EDE GSCH004 de e-Distribución Redes Digitales – Aisladores compuestos para Líneas Aéreas de Alta Tensión.
- UNE 21.909.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 61.466.- Clases mecánicas y acoplamientos de extremos normalizados.
- UNE-EN 61.109.- Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

11.4.2.5. **Herrajes**

Se engloban bajo esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores, los de fijación del cable de tierra a la torre, los de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor como antivibradores, separadores, manguitos, …

Para la elección de los herrajes se tendrá en cuenta su comportamiento frente al efecto corona y serán fundamentalmente de acero forjado, protegido de la oxidación mediante galvanizado a fuego. 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 métricas, constructivas, de ensayo, etc. de los herrajes serán las indicadas en las normas siguientes:

- Norma LNE005 de e-Distribución Redes Digitales – Herrajes y accesorios para líneas aéreas de A.T. de tensión nominal superior a 30 kV.
- Norma LNE006 de e-Distribución Redes Digitales – Cadenas de herrajes para líneas aéreas de A.T. de tensión nominal superior a 30 kV.
- UNE-EN 61.284.- Requisitos y ensayos para herrajes de líneas eléctricas aéreas
- UNE 207009.- Herrajes y elementos de fijación y empalme para líneas eléctricas aéreas de alta tensión.

Herrajes para el conductor

La composición de las distintas cadenas de herrajes para el conductor, sus cargas de rotura y esfuerzos máximos a los que pueden ser sometidos serán los indicados en la norma EDE LNE006 de e-Distribución Redes Digitales.

Las cadenas normalizadas codifican los conjuntos de herrajes con 9 dígitos, que indican la función a cumplir (suspensión o amarre) y su tipo de composición (sencilla o doble), siguiendo el siguiente criterio:

- Dígito 1: Indica el tipo de conjunto
  - A = Amarre
  - S = Suspensión
- Dígito 2: Indica si la cadena de aisladores es simple o doble

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 38/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- S = Cadena sencilla de aisladores
- D = Cadena doble de aisladores

- Dígito 3: Indica el tipo de grapa a utilizar en la cadena
  - C = Grapa de amarre a compresión
  - T = Grapa de amarre a tornillería
  - G = Grapa de suspensión armada
- Dígito 4: Indica el tipo de conductor con el que se va a utilizar
  - L= Conductor de aluminio – acero, LA, y aluminio – acero recubierto de aluminio, LARL.
  - D = Conductor de aleación de aluminio, D
  - X = Todos los anteriores
- Dígitos 5, 6 y 7: indican la sección del conductor que se va a utilizar:
  - 180 = LA-180, D-180 y LARL-180
  - 280 = LA-280, D-280 y LARL-280
  - 380 = LA-380, D-400 y LARL-380
  - 455 = LA-455, D-450 y LARL-455
- Dígito 8: Indica el número de conductores por fase (opcional)
  - X = Dos conductores por fase
  - Si no aparece este dígito significa que hay un conductor por fase.
- Dígito 9: Indica si la cadena incluye protecciones o no (opcional)
  - P = Cadena con protección
  - R = Cadena con protección regulable
  - Si no aparece este dígito significa que no hay descargadores.

En el presente documento se plantea la instalación de la siguiente cadena:

Denominación de la cadena	Tipo de conductor	Cadena Normalizada	Carga de Rotura Mínima	Carga de Rotura Mínima de Grapa
Cadena de amarre simple atornillada	D-280	ASTX280	12.500 daN	8.800 daN

La composición de la cadena es la siguiente:

Cadena normalizada	Elementos		
	Cantidad	Denominación	Referencia
ASTX280	1	Grillete Normal	GNT16
	1	Anilla Bola	AB16
	1	Rótula protección sección cuadrada	RLPC16
	1	Grapa amarre tornillería	GAT4

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 39/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

La cadena de herrajes para el conductor está representada en el documento PLANOS.

Herrajes para el cable de tierra

La composición de las distintas cadenas de herrajes para el cable de tierra, sus cargas de rotura y esfuerzos máximos a los que pueden ser sometidos serán los indicados en la norma EDE LNE006 de e-Distribución Redes Digitales.

Las cadenas normalizadas codifican los conjuntos de herrajes con 6 dígitos, que indican la función a cumplir (suspensión o amarre) y su tipo de composición (sencilla o doble), siguiendo el siguiente criterio:

- Dígito 1: Indica el tipo de conjunto
  - S = Suspensión.
  - A = Amarre. Este conjunto comprende el amarre a un lado del apoyo (amarre bajante o pasante) por lo que se deben usar dos conjuntos en caso de ser un amarre pasante.
- Dígito 2: Indica el tipo de grapa a utilizar
  - C = Grapa de amarre a compresión
  - T = Grapa de amarre/suspensión a tornillería
  - R = Retención de amarre
  - G = Grapa de suspensión armada
- Dígito 3, 4 y 5: Indica el cable para el que se utiliza cada conjunto
  - C50 = Acero CT50
  - C70 = Acero CT70
  - A87 = Arle 8.71
  - A97 = Arle 9.78
  - 000 = Indistintamente todos los cables de acero y Alumoweld
  - OPG = F.O. OPGW
- Dígito 6: Indica si la cadena incorpora alargadera o tensor de corredera (opcional)
  - T = Se utiliza tensor de corredera.
  - A = Se utiliza alargadera.

En el presente documento se plantea la instalación de la siguiente cadena:

Denominación de la cadena	Tipo de conductor	Cadena Normalizada	Carga de Rotura Mínima de Grapa
Cadena amarre tornillería con alargadera	AC50	AT000	8.600 daN

La composición de la cadena de amarre es la siguiente:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 40/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Cadena normalizada	Elementos		
	Cantidad	Denominación	referencia
AT000	1	Grillete Normal	GNT16
	1	Eslabón revirado	ESR-16
	1	Grapa amarre tornillerías	GAT2
	1	Conexión doble	GCD

La cadena de herrajes para el cable de tierra está representada en el documento PLANOS.

Empalmes para el conductor y cable de fibra óptica

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 cable 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.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 41/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Accesorios:

Amortiguadores: Sirven para proteger los conductores y el cable de tierra de los efectos perjudiciales y roturas prematuras por fatiga de sus alambres, que pueden producir los fenómenos de vibración eólica a causa de vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 1 y 10 m/s, con la consiguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica. Cumplirán la norma UNE-EN 61897.

En general y según recomienda el apartado 3.2.2 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D.223/2008), la tracción a temperatura de 15ºC no debe superar el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

El tipo y número de amortiguadores a colocar, así como su posición, es función del tipo de conductor y sus condiciones de tendido. Como regla general, de acuerdo a la codificación de la norma LNE005 y norma LRZ001, a contrastar en caso de vanos especiales, se instalarán los siguientes amortiguadores:

- Conductor.....D-280
- Tipo de amortiguador ..... AMG 2
- Número de antivibradores: .....vano≤450 m un amortiguador por vano
  ..... Vano>450 m dos amortiguadores por vano
- Distancia de colocación.....1,05 m desnudo
  .....1,30 m con varillas
- Cable de tierra AC-50
- Tipo de amortiguador ..... AMG 1
- Número de antivibradores: .....vano≤450 m un amortiguador por vano
  ..... Vano>450 m dos amortiguadores por vano
- Distancia de colocación.....0,8 m desnudo
  .....0,95 m con varillas

Cuando se requieran dos amortiguadores por vano se debe colocar uno en cada extremo.

Las distancias de colocación para los conductores desnudos se medirán desde el punto de salida del conductor de la grapa, y para los conductores con varillas desde el eje vertical de la grapa.

Placas de señalización: En todos los apoyos se instalará placa señalización de riesgo eléctrico. 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.

11.4.3. **Descripción de los materiales línea subterránea**

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán conductores de aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación. El conductor a utilizar en la línea de alta tensión subterránea será el siguiente:

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 42/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- – Cable 36/66kV de XLPE 1x1000 mm^2 Al con pantalla de 95 mm^2 Cu.

11.4.3.1. **Descripción, composición y dimensiones del cable**

Las características de los cables relacionados anteriormente tomarán como referencia la norma de EDE KNE001 para “Cables subterráneos de Alta Tensión”:

- Conductor: conductor de aluminio de sección circular compacta con obturación longitudinal, de acuerdo con la norma UNE-EN 60228.
- Semiconductor interior: formado por una capa de compuesto semiconductor extruido dispuesto sobre el conductor. De esta forma se consigue uniformar el campo eléctrico a nivel de conductor y se asegura que presente una superficie lisa al aislamiento. De forma opcional, se dispondrá una cinta semiconductora de empaquetamiento sobre el conductor sobre la que se forma la capa de compuesto semiconductor, evitando de esta forma la penetración en el interior de la cuerda del compuesto extruido.
- Aislamiento: Compuesto de XLPE reticulado en atmósfera de N2 y sometido a control de ausencia de contaminaciones.
- Semiconductor exterior: Capa de compuesto semiconductor extruido sobre el aislamiento y adherido al mismo para evitar la formación de una capa de aire ionizable entre la pantalla y la superficie de aislamiento.
- Proceso de extrusión: La extrusión se debe realizar sobre un cabezal triple, donde se aplican las 3 capas extruidas (semiconductor interior, aislamiento y semiconductor exterior) en el mismo momento. Esto garantiza interfases lisas entre el aislamiento y las pantallas semiconductoras que es esencial en cables de AT. La reticulación se realiza en seco en atmósfera de gas inerte (N2) para evitar el contacto con el agua durante la fabricación.
- Material obturante: Incorporación de material absorbente de la humedad para evitar la propagación longitudinal de agua entre los alambres de la pantalla.
- Pantalla metálica: Pantalla de alambres de cobre.
- Contraespira: Cinta metálica de cobre cuya función es la conexión equipotencial de los alambres.
- Cubierta exterior: Cubierta exterior de poliolefina (PE) tipo ST7 con lámina de aluminio longitudinalmente solapada y adherida a su cara interna para garantizar la estanqueidad radial. La cubierta será de color negro y estará grafitada, para poder realizar el ensayo de tensión sobre la cubierta del cable. En aquellos casos en los que exista una capa semiconductora extruida para dar continuidad eléctrica a la superficie exterior, no será necesario que esté grafitada.

Características nominales

- Tensión nominal (kV): 66 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 30 minutos entre conductor y pantalla (kV): 36 kV
- Tensión soportada a los impulsos (kV): 170 kV (valor de cresta)
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (ºC): 90 ºC
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (ºC): 250

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 43/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Composición:

- Sección del conductor (mm2): 1000 mm2
- Material del conductor: Aluminio
- Material del aislamiento: XLPE
- Tipo de pantalla: hilos de cobre
- Material de la pantalla: cobre
- Sección de la pantalla (mm2): 95 mm2
- Material de cubierta: Poliolefina resistente a la llama

Dimensiones:

- Diámetro del conductor (mm): 38,5
- Diámetro del conductor incluida la pantalla semiconductora (mm): 41,5
- Espesor de aislamiento(mm): 9,0
- Diámetro sobre aislamiento(mm): 60,5
- Diámetro sobre pantalla(mm): 62,5
- Espesor de la cubierta(mm): 3,5
- Diámetro exterior nominal(mm): 73
- Radio mínimo de curvatura durante el tendido(mm): 1460
- Radio mínimo de curvatura en posición final(mm): 1095
- Peso aproximado del cable (Kg/m): 6,2

Características del cable:

- Resistencia del conductor en c.c. a 20ºC (ohm/km): 0,0291
- Resistencia de la corona en c.c. a 20ºC (ohm/km): 0,19088
- Impedancia de secuencia cero (ohm/km): 1,4046
- Capacidad nominal del cable (µF/km): 0,3680
- Corriente de carga (A/km): 4,010
- Gradiente de potencial máximo (kV/mm): 4,8
- Gradiente de potencial mínimo (kV/mm): 3,4

Las características son las siguientes:

- Tensión nominal U0/U (kV): 36/66
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante30 minutos entre conductor y pantalla (kV): 36 kV
- Tensión soportada a los impulsos (kV): 325
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (ºC): 90
- Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (ºC): 250

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 44/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

11.4.3.2. **Terminales**

Los terminales a utilizar serán del tipo exterior termorretráctil dada las condiciones externas en función de lo expuesto en el documento KRZ001 Especificaciones Técnicas Particulares de Líneas Subterráneas de Alta Tensión.

En estos terminales, mediante la aplicación de un tubo termorretráctil de un material especial cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal y solapado sobre el semiconductor exterior del cable, se consigue un control del campo que queda repartido sobre la longitud del terminal y evita la concentración de las líneas de campo en la zona en la que termina el semiconductor exterior.

El conjunto se recubre con otro tubo termorretráctil con características anti-tracking y se colocan las campanas para extender la línea de fuga.

El nivel de contaminación exigido al terminal de exterior es el indicado en la tabla siguiente.

Nivel de contaminación	mm/kV
Zonas de alta contaminación salina	31,0

El nivel de aislamiento exigido para los terminales será el indicado en la tabla a continuación:

Tensión nominal de la red (kV)	Tensión nominal del cable Uo/U (kV)	Tensión más elevada en el cable y sus accesorios Um (kV)	Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)
66	36/66	72.5	325

Los terminales serán conformes a la norma de “Terminales para tensiones desde 45 kV hasta 220 kV” de E-Distribución.

11.4.3.3. **Cajas de conexión**

Se dispondrá el siguiente tipo de cajas de conexión:

Caja de conexión Trifásica de intemperie

Es una caja de conexión con tapa practicable de chapa de acero inoxidable para fijación sobre torre o pórtico a la intemperie. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP54 s/ EN 60529. Dispone de dos prensaestopas; uno para la entrada del cable unipolar conectado a la pantalla del cable de alta en el terminal en su cara superior y el segundo para el cable conectado a la toma de tierra del sistema en su base.

El terminal engastado en el conductor del cable de pantalla está soportado mediante un aislador. Ello permite disponer de pantalla aislada para la realización de ensayos o bien mediante una pletina efectuar el puente para conectar directamente la pantalla a tierra.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 45/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

La apertura y cierre de la tapa requiere el uso de llave para evitar la apertura indebida de la misma.

11.4.3.4. **Autoválvulas-Pararrayos**

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo y con contador de descargas.

Las características exigidas serán las siguientes:

- Tensión nominal:

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada (kV)	Máxima sobretensión temporal (kV)	
		1 s	10 s
66	72.5	77	73

- Corriente de descarga nominal: 10 kA.
- Línea de fuga: igual a la exigida para los terminales.
- El aislador de la autoválvula será de Óxido de Zinc.

Para la puesta a tierra de las autoválvulas se dispondrá de una línea de tierra propia para minimizar la impedancia en caso de descarga.

Las autoválvulas serán conformes a la norma SNE 019 de E-Distribución.

11.4.4. **Características de la obra civil**

11.4.4.1. **Cimentaciones para los apoyos**

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en el Código Estructural (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021).

Cimentación tipo monobloque

La dimensión de la cimentación ha sido calculada según coeficiente de compresibilidad del terreno donde se vayan a implantar.

La cimentación del apoyo del tipo monobloque será prismática de sección cuadrada, calculada según todo lo que al respecto especifica el apartado 3.6 de la ITC-07 del R.L.A.T., por la fórmula de Sulzberger, internacionalmente aceptada.

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.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 46/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Dichas cimentaciones se terminarán con un vierteaguas de 5 cm de altura para facilitar la evacuación del agua de lluvia.

Sus dimensiones son las calculadas según el coeficiente de compresibilidad del terreno K=10 daN/cm^3. Los valores de los coeficientes de compresibilidad (K) se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

Este tipo de cimentación está representada en el documento PLANOS.

11.4.4.2. **Tomas de tierra de los apoyos**

La puesta a tierra de los apoyos se realizará teniendo en cuenta lo que al respecto se especifica en el apartado 7 de la ITC-LAT 07 del vigente Reglamento de Líneas de Alta Tensión (R.D. 223/08), considerando que la línea dispone de un sistema de desconexión automática, con un tiempo de despeje de la falta inferior a 1 segundo.

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 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 aíslen 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, obstáculos naturales, etc.).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 47/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

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 adicional del calzado, R_{a1}, y la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2}. Se puede emplear como valor de la resistencia del calzado 1.000 Ω.

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1000 + 1{,}5\,\rho_S$$

Estos apoyos serán los apoyos frecuentados 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, R_{a2}. La resistencia adicional del calzado, R_{a1}, será nula.

$$R_a = R_{a2} = 1{,}5\,\rho_S$$

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 las botellas terminales de paso aéreo-subterráneo y aparatos de medida deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados.

.

A continuación, se indica la clasificación según su ubicación de los apoyos del presente proyecto:

Nº	TIPO	CLASIFICACIÓN
T-6N	FL CONVERSIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO	F
Nota: F: Apoyo Frecuentado con calzado FSC: Apoyo Frecuentado Sin Calzado NF: Apoyo No Frecuentado		

Sistemas de Puesta a Tierra

En todos los apoyos la resistencia de difusión de la puesta a tierra será inferior a 20 Ω y las tomas serán realizadas teniendo presente lo que al respecto se especifica en el apartado 7 de la ITC-LAT 07 del RLAT.

El valor de la tensión de contacto será inferior a los valores reglamentarios fijados en el capítulo 7 de la ITC-LAT 07. La medición de la toma de tierra será por cuenta del Contratista para lo cual deberá contar con el equipo adecuado.

Cuando por los valores de la resistividad del terreno, de la corriente de puesta a tierra o del tiempo de eliminación de la falta, no sea posible técnicamente, o resulte económicamente desproporcionado mantener los valores de las tensiones de contacto

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 48/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

aplicadas dentro de los límites fijados en el RLAT, deberá recurrirse al empleo de medidas adicionales de seguridad, a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes.

Tales medidas podrán ser entre otras:

- Hacer inaccesibles los apoyos.
- Disponer suelos o pavimentos que aíslen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas.
- Aislar todas las partes metálicas de los apoyos que puedan ser tocadas.

Apoyos frecuentados

Se realizará una puesta a tierra en anillo cerrado a una profundidad de 0,80 m alrededor del apoyo, de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m. como mínimo de las aristas del macizo de cimentación, unido a los montantes del apoyo mediante cuatro conexiones.

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 anteriormente con el objeto de considerarlos exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto.

En todos casos 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.

Una vez realizado el diseño del sistema de puesta a tierra se debe verificar que este diseño permita reducir los peligros motivados por una tensión de contacto excesiva.

Una vez construida la instalación de puesta a tierra de los apoyos frecuentados será necesario realizar la correspondiente medición de las tensiones de contacto con objeto de comprobar que los valores máximos posibles de la tensión de contacto aplicada son iguales o inferiores a los valores máximos admitidos

En el documento PLANOS se muestran los detalles de las tomas de tierra.

11.4.4.3. **Características de la canalización subterránea**

En la zanja las fases estarán dispuestas en triángulo. Cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de doble capa, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de hormigón que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definidas y estables en el tiempo.

El tubo de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) que se dispone para los cables de potencia tendrá un diámetro exterior de 160 mm, y un diámetro interior de 130 mm. También se instalará un tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica.

Los tubos de polietileno de doble capa tendrán una resistencia a compresión tipo 450 N y una resistencia al impacto Normal, según norma UNE-EN 50086-2-4.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 49/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad de la línea, será de 1,25 metros. Esta profundidad permite realizar la zanja sin necesidad de entibar en terrenos coherentes y sin solicitación.

La anchura de la zanja será de 0,6 m.

Los tubos irán colocados sobre una solera de hormigón HM-20 de 5 cm de espesor. Tras colocar los tubos se rellena de hormigón hasta 10 cm por encima de la superior de los mismos.

El relleno con tierras se realizará con un mínimo grado de compactación del 95% Proctor Modificado.

La cinta de señalización, según norma ETU 205A, que servirá para advertir de la presencia de cables de alta tensión, se colocará a unos 20 cm por encima del prisma de hormigón que protege los tubos.

Todas las características de la zanja deberán responder a lo especificado en la norma de E-Distribución KRZ001 “Especificaciones Técnicas Particulares de líneas subterráneas de alta tensión”.

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 50/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

PLAZO DE EJECUCIÓN

La puesta en servicio de la instalación proyectada será de 4 meses a partir de la obtención de los permisos y licencias necesarios para el inicio de los trabajos.

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 51/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Los datos expresados en la presente Memoria en unión de los documentos que se acompañan, entendemos serán elementos suficientes para conocer la instalación proyectada y servir para la obtención de la autorización y aprobación del Proyecto de ejecución.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Esta Memoria ha sido redactada por el Ingeniero Técnico Industrial Manuel Alonso Pantoja, con número de colegiado 9522, del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla.

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 52/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

PRESUPUESTO

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 53/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

e-distribución

Und	Cantidad	Descripción	€/Und	Total	Total Capitulo €
MATERIAL POSICIONES					
Kg.	4.830	Estructuras metálicas			
Ud.	1	Resistencia de puesta a tierra			
Kg.	360	Cable Cu desnudo 95mm2			
Ud.	3	Pararrayos 66kV.			
Ud.	3	Pararrayos 20kV			
Pa.	1	Bornas AT y MT			
M.	105	Conductor RHZ1 36/66 kV 1000 mm² Al			
M.	192	Conductor RHZ1 18/30 kV 630 mm² CU			
M.	105	Conductor RHZ1 18/30 kV 240 mm² Al			
Kg.	250	Conductor D-280			
Pa.	1	Conductores de control y protección			
Pa.	1	Terminales AT y MT			
M.	48	Tubo Cu 50/44 mm			
EQUIPOS DE CONTROL Y PROTECCIONES					
Ud.	1	Equipos necesarios para remota existente en subestación.			
Ud.	1	Suministro protecciones y material Telecontrol Posiciones AT/MT.			
OBRA CIVIL					
Ud.	1	Movimiento de tierras			
Ud.	1	Canalizaciones			
Ud.	1	Obra civil parque intemperie			
GESTIÓN DE RESIDUOS					
Ud.	1	Estimación de coste de tratamiento de residuos			
MONTAJE ELECTROMECÁNICO					
Ud.	1	Montaje electromecánico equipos AT/MT.			
Ud.	1	Montaje, pruebas y puesta en servicio cuadros de control y protecciones de la posición AT/MT.			
Ud.	1	Montaje, pruebas y puesta en servicio equipos ampliación de remota y Telecontrol.			
Ud.	1	Tendido cable AT/MT, Montaje terminales.			
				TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD					
Ud.	1	Estudio de seguridad y salud			
INGENIERÍA, LEGALIZACIÓN Y PERMISOS					
Ud.	1	Ingeniería, proyectos, asistencia técnica, CSS y dirección de obra.			
Ud.	1	Gestión de permisos.			
				PRESUPUESTO TOTAL	

Este presupuesto ha sido redactado por el Ingeniero Técnico Industrial Manuel Alonso Pantoja,
con número de colegiado 9522, del Colegio Oficial de Graduados e Ingenieros Técnicos Industriales de Sevilla

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 54/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

PLANOS

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 55/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

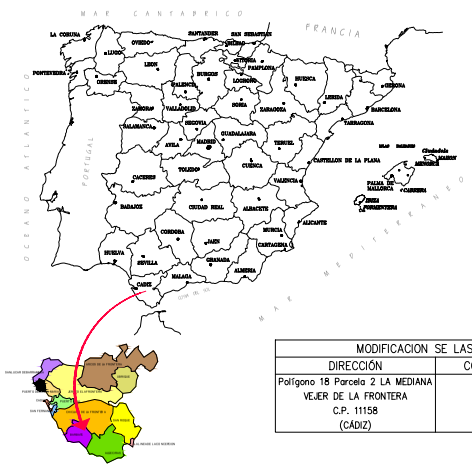
ÍNDICE PLANOS

PP 1000 01	SITUACIÓN	57
PP 1100 01	IMPLANTACIÓN	58
PP 1200 01	UNIFILAR	59
PP 1300 01	PLANTA PREVIA	60
PP 1300 02	PLANTA PROYECTADA	61
PP 1300 03	SECCIÓN A-A	62
PP 1500 01	RED DE TIERRA	63
PP 1600 01	IMPLANTACIÓN SE MOVIL	64
PP 1600 02	IMPLANTACIÓN CARRETÓN TRAFO	65
PP 1700 01	PLANTA GENERAL LÍNEA AÉREA-SUBTERRÁNEA	66
PP 1800 01	PERFIL PLANTA LÍNEA AÉREA	67
PP 1900 01	ESQUEMA DE APOYO	68
PP 2000 01	CADENAS DEL CONDUCTOR	69
PP 2100 01	CONJUNTO CABLE DE TIERRA	70
PP 2200 01	ELEMENTOS DE LA LINEA	71
PP 2300 01	PUESTA A TIERRA APOYO	72
PP 2400 01	CANALIZACIÓN LÍNEA SUBTERRÁNEA	73
PP 2500 01	CONEXIONADO DE PANTALLAS	74

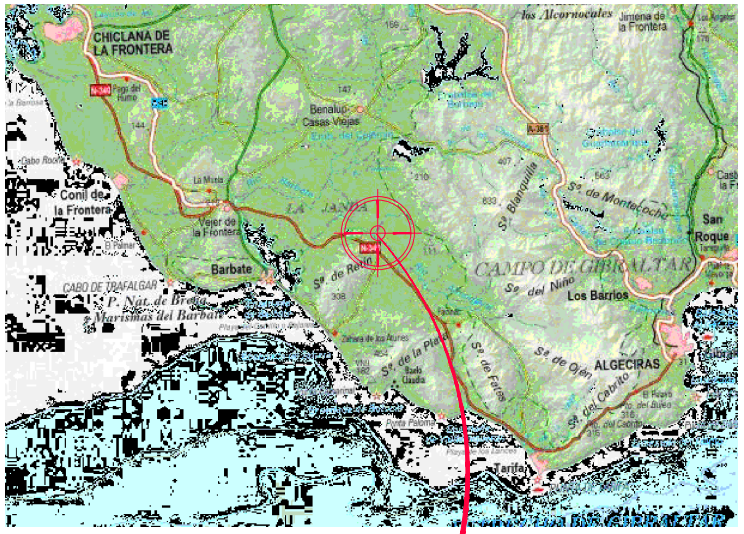
Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

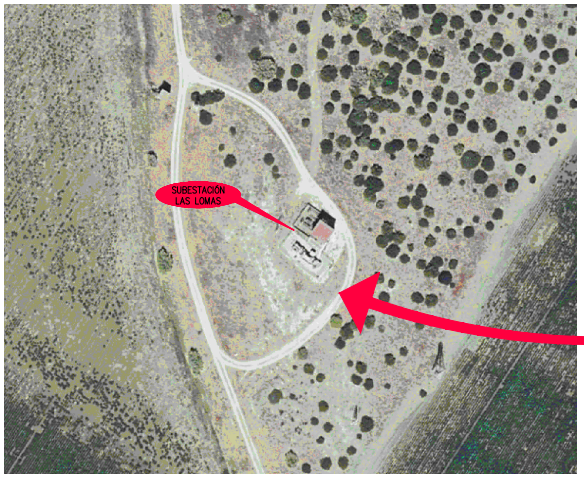
MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 56/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

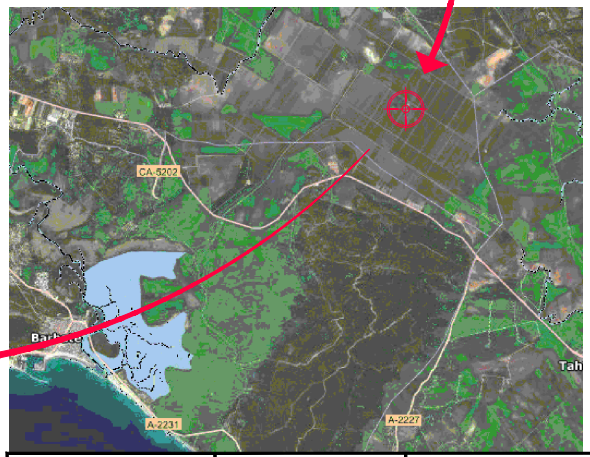
VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 57/171



MODIFICACION SE LAS LOMAS	
DIRECCIÓN	COORDENADAS UTM
Polígono 18 Parcela 2 LA MEDIANA VEJER DE LA FRONTERA C.P. 11158 (CÁDIZ)	246929,73 mE 4015243,04 mN ETRS89 30S







REV	FECHA	DIB	PROY
0A	09/24	R.C.V.	M.A.P.

COMENTARIO

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO:
LEGALIZACION
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

SITUACION

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	1000	0A

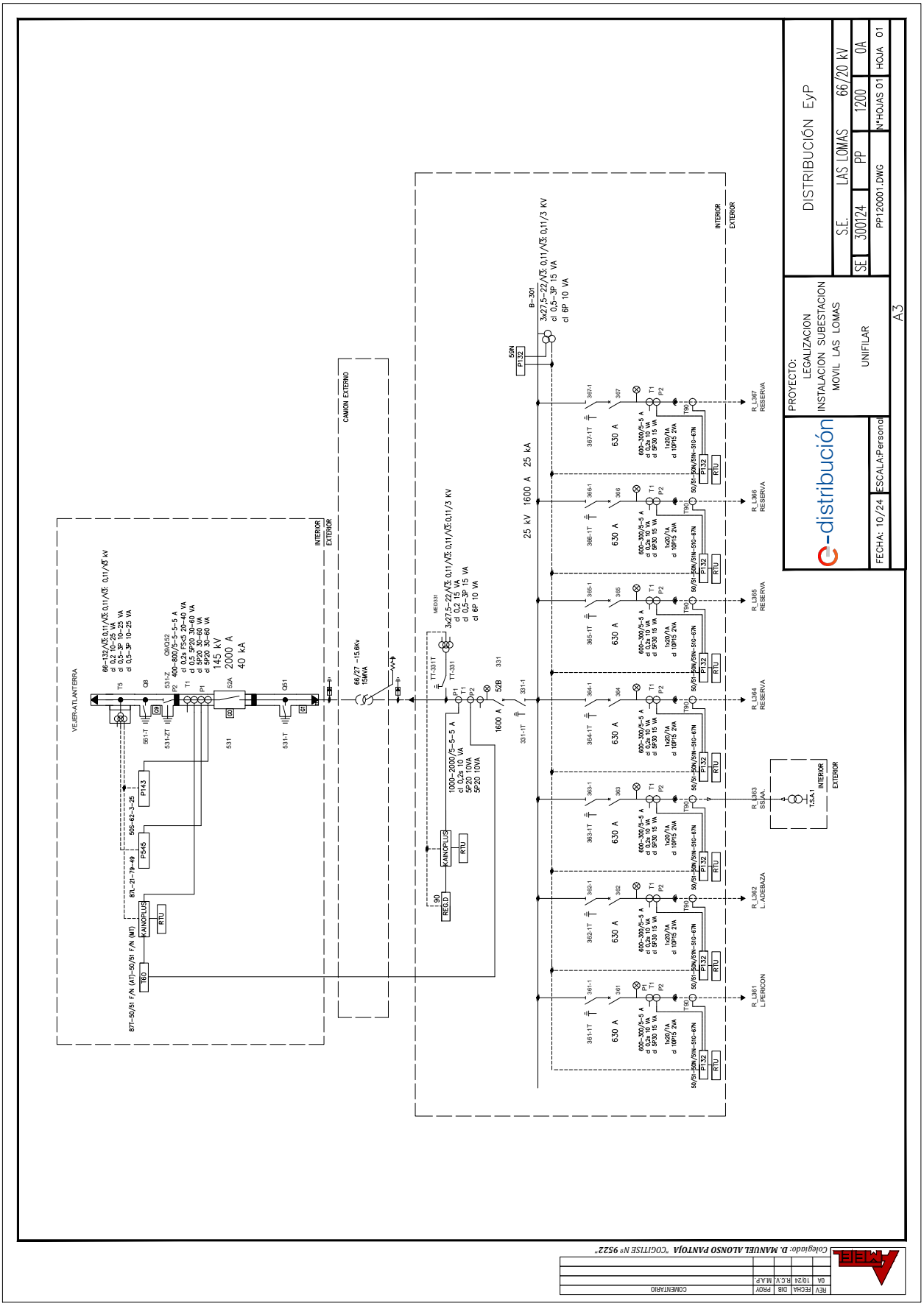
PP100001.DWG | Nº HOJAS 01 | HOJA 01

FECHA: 10/24 | ESCALA:Personal

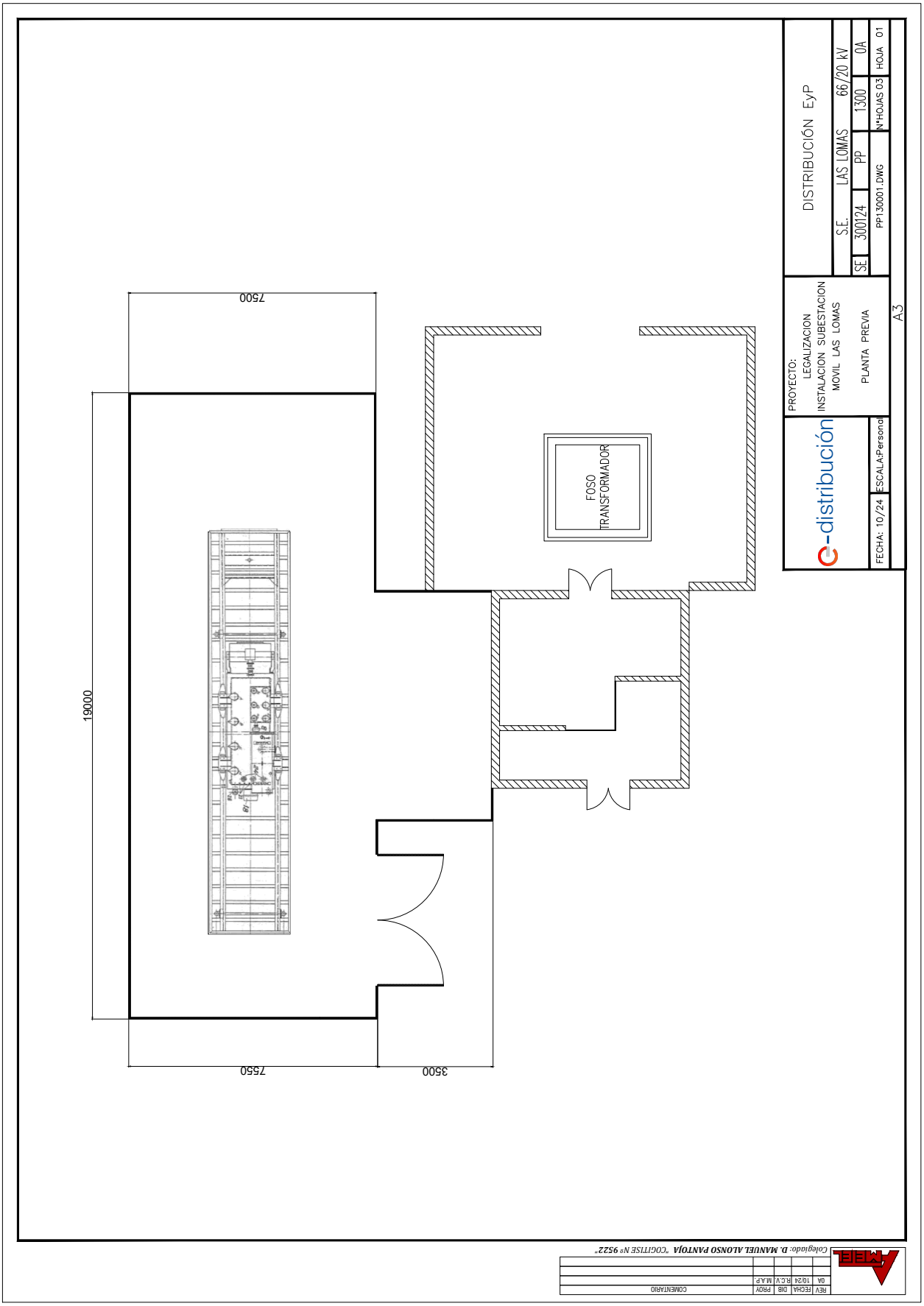
A3

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

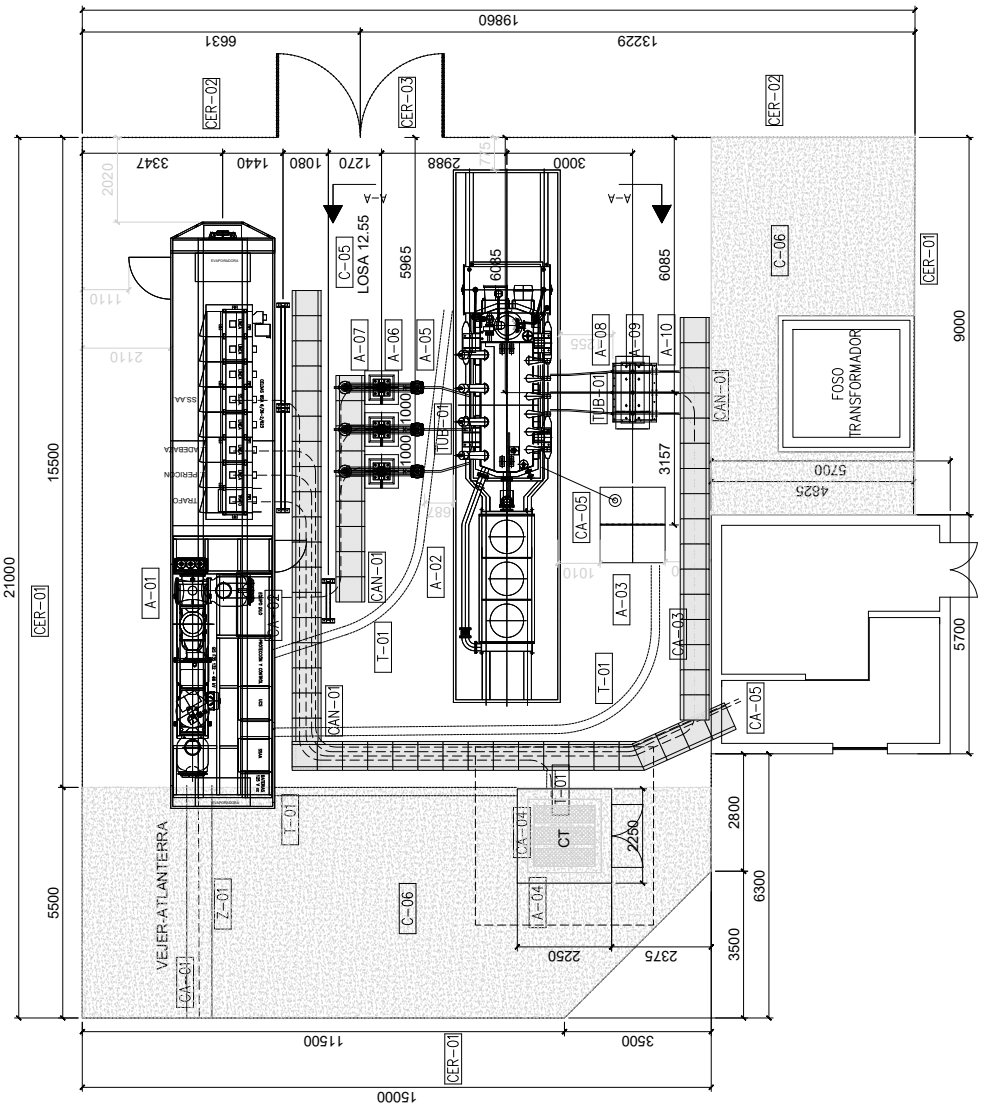


Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26



Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

APARAMENTA		
POS.	DESCRIPCION	CANTIDAD
A-01	CARRETON AT, MT, CONTROL	1
A-02	CARRETON TRAFO	1
A-03	RESISTENCIA	1
A-04	TRAFO SSAA	1
A-05	AV. AT	3
A-06	AISLADOR APOYO AT	3
A-07	BOTELLA AT	3
A-08	AV. MT	3
A-09	AISLADOR APOYO MT	3
A-10	BOTELLA MT	3
Z-01	ZANJA AT	5,5m.
CA-01	CANALIZ.N SUPERFICIE	40m.
T-01	TUBO ø200	35m.
CER-01	CERRAMIENTO ELECTROSOLDADO	33,5m.
CER-02	CERRAMIENTO ELECT. DESMONTABLE	31,5m.
CER-03	PUERTA ABATIBLE	1
CA-01	XLPE 36/66 3x1000 Al	20m.
CA-02	3x1000 Al	25m.
CA-03	2x3x630 Cu TRAFO MT	162m.
CA-04	18/30/36 Al SSAA	65m.
CA-05	18/30/240 Al LINEA RESISTENCIA	170m.
TUB-01	50/44 Cu	40m.
C-05	LOSA 300 REFORZADA	234m²
C-06	GRAVA	110m²



DISTRIBUCIÓN EyP

S.E.	LAS LOMAS	66/20 kV	
SE	300124	PP	1300	0A
	PP130002.DWG	Nº HOJAS 03	HOJA 02

PROYECTO:
LEGALIZACION
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

PLANTA PROYECTADA

e-distribución

FECHA: 10/24 | ESCALA:Persona

A3

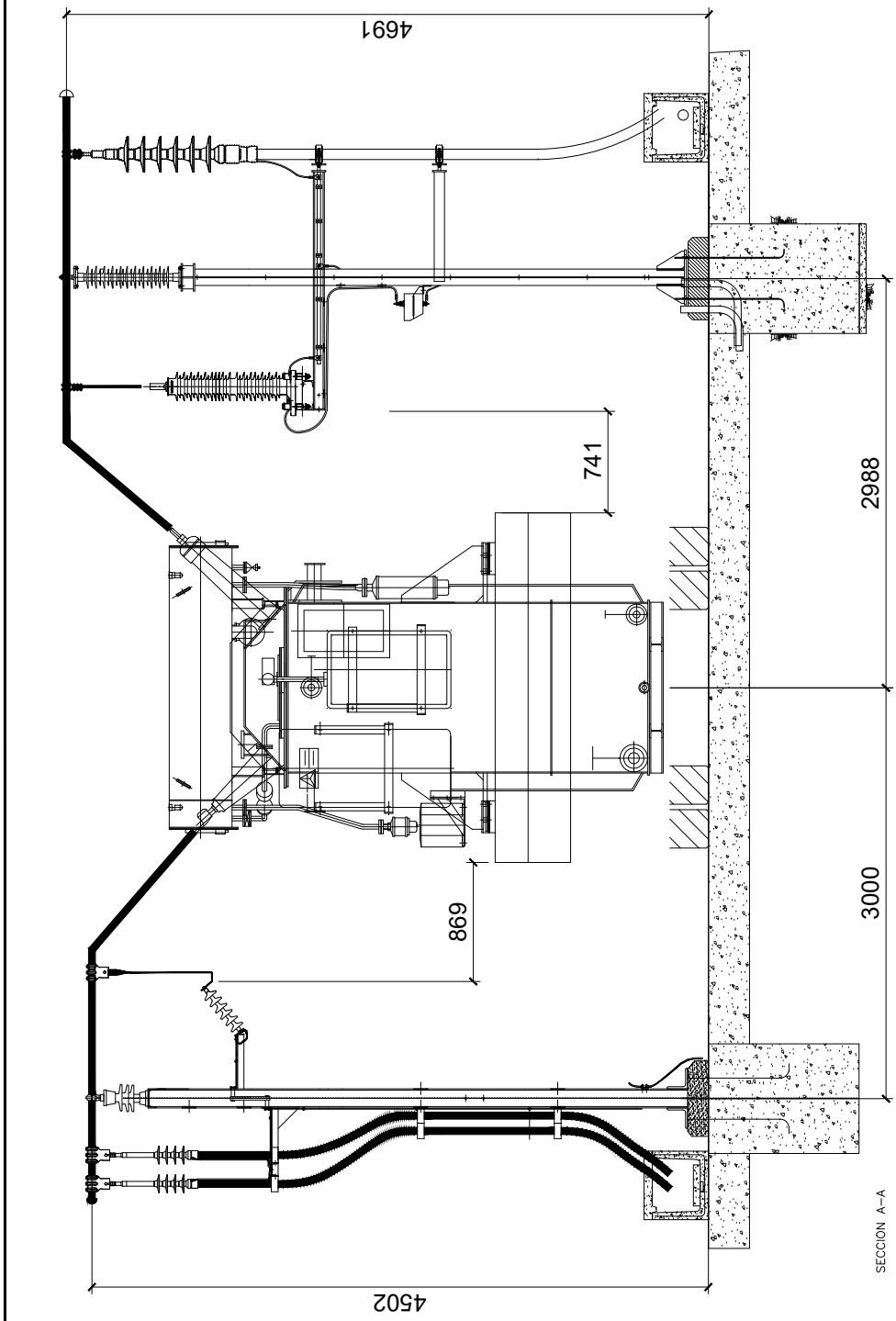
REV	FECHA	DIB	PROY
0A	10/24	R.C.V.	M.A.P.

COMENTARIO

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 61/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26



DISTRIBUCIÓN EyP

S.E.	LAS LOMAS	66/20 kV	
SE	300124	PP	1300	0A
	PP130003.DWG	Nº HOJAS 03	HOJA 03

PROYECTO:
LEGALIZACION INSTALACION SUBESTACION MOVIL LAS LOMAS

SECCION A–A

A3

e-distribución

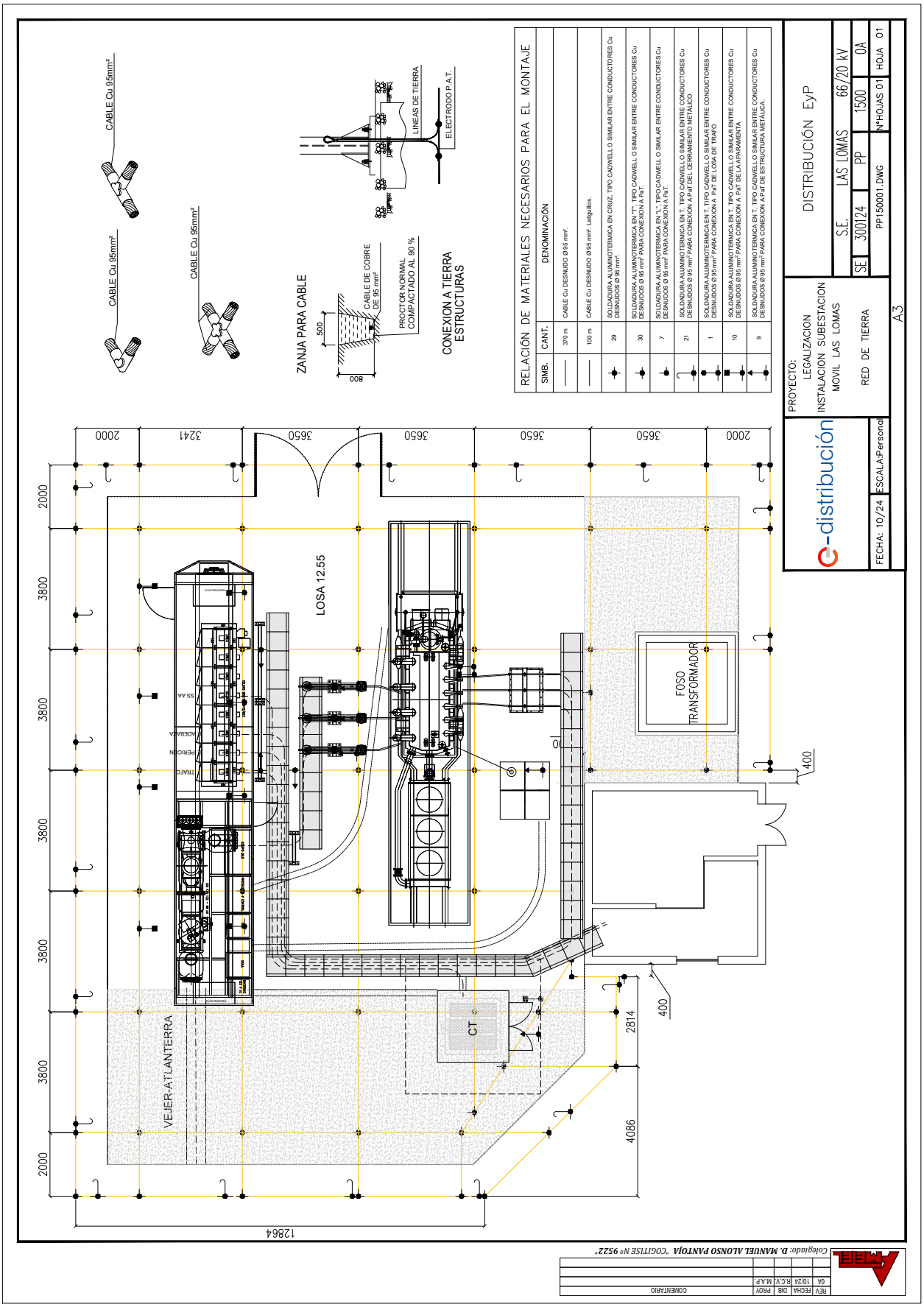
FECHA: 10/24 | ESCALA: Persona

REV	FECHA	DIB	PROY
0A	10/24	R.C.V	M.A.P

COMENTARIO

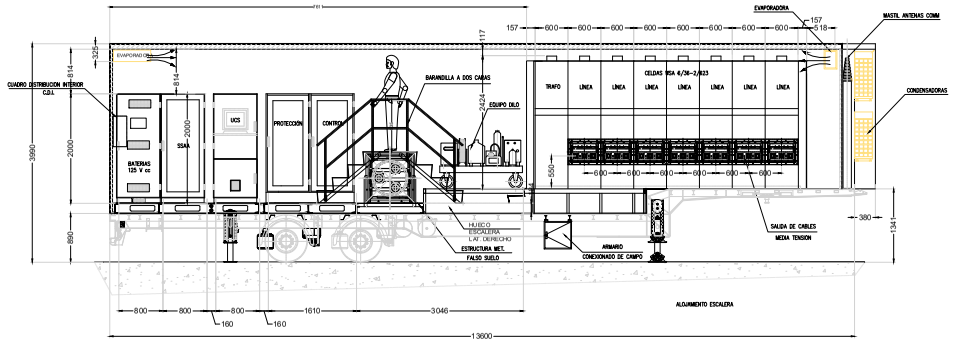
Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

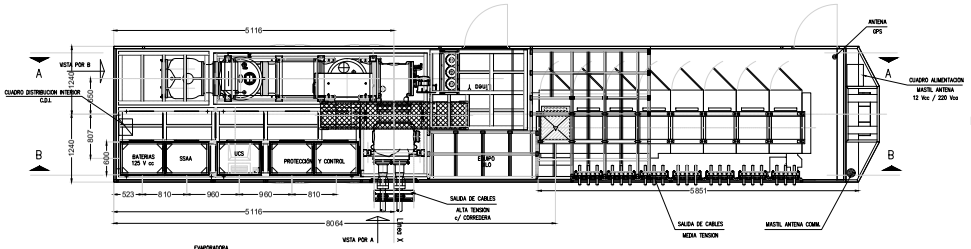


Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

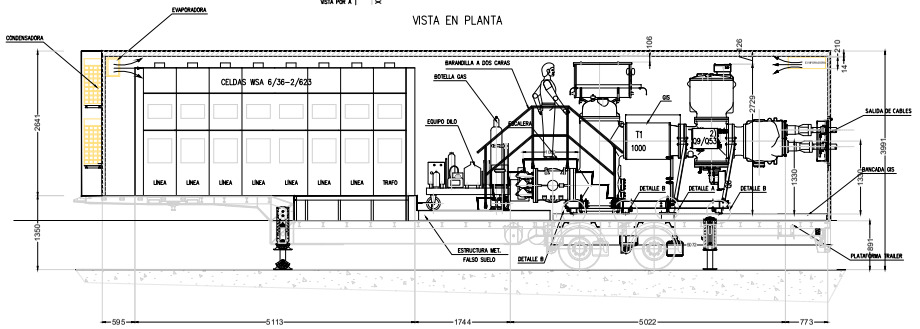
VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 64/171



VISTA B – B'

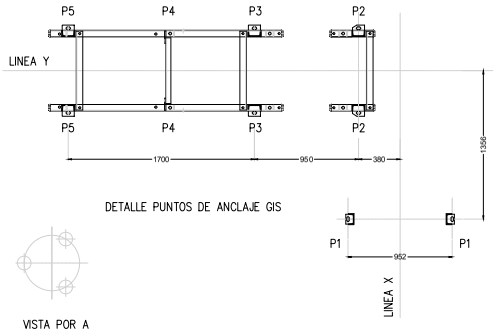


VISTA EN PLANTA



VISTA A – A'

Nota: por razones de una mejor claridad del dibujo se han omitido dibujar los armarios en parte posterior de la GIS..

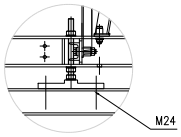


DETALLE PUNTOS DE ANCLAJE GIS

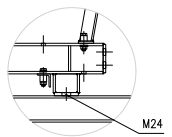
VISTA POR A
DISPOSICION SALIDA CABLES
ALTA TENSION

VALORES DE CARGAS PUNTUALES. GIS (Newton)	
P1	2*1400 N
P2	2*3100 N
P3	2*4600 N
P4	2*2700 N
P5	2*3300 N

VISTA POR B
DISPOSICION SALIDA CABLES
ALTA TENSION



DETALLE A



DETALLE B

NOTAS:

REVISION A: REPLANTEO DE ALOJAMIENTO ESCALERA.CAMBIO POSICION ORDENADOR ARMARIO UCS.

REV	FECHA	DIB	PROY
0A	10/24	R.C.V.	M.A.P.

COMENTARIO

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO:
LEGALIZACION
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

IMPLANTACION SE MOVIL

DISTRIBUCIÓN EyP

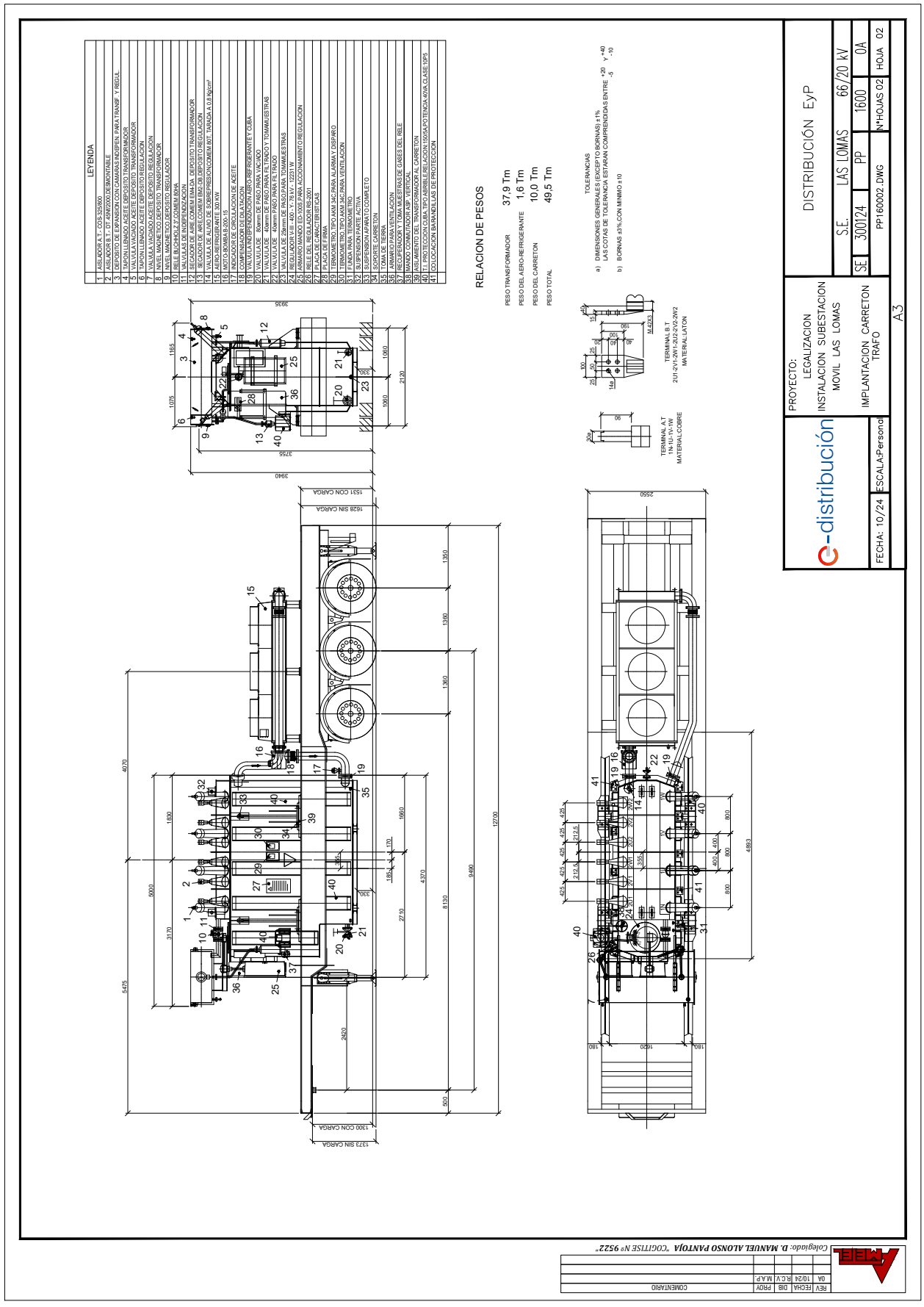
S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	1600	0A

FECHA: 10/24 | ESCALA:Personal | PP160001.DWG | Nº HOJAS 02 | HOJA 01

A3

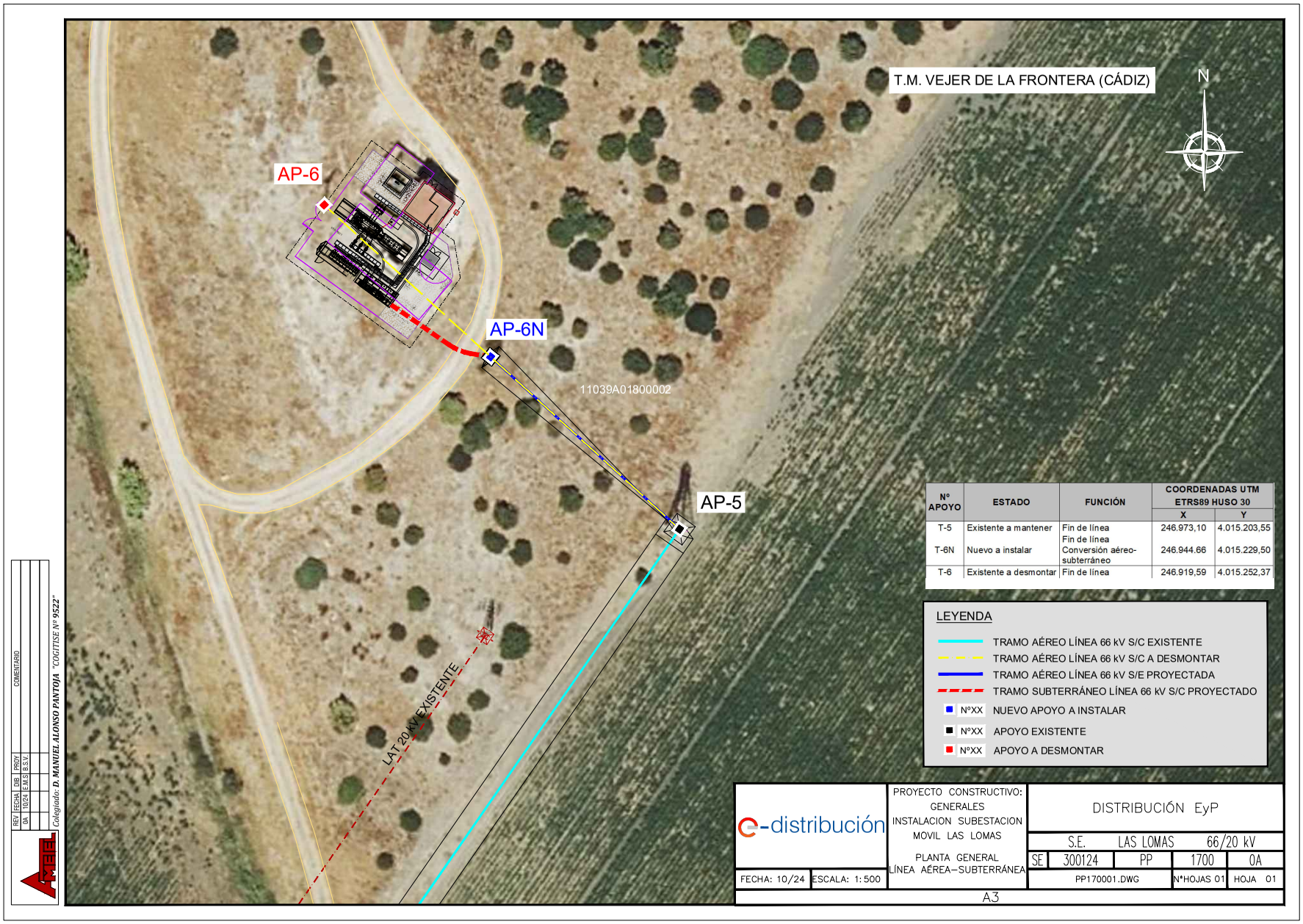
Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26



MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 65/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJSFTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 66/171



Nº APOYO	ESTADO	FUNCIÓN	COORDENADAS UTM ETRS89 HUSO 30	
			X	Y
T-5	Existente a mantener	Fin de línea	246.973,10	4.015.203,55
T-6N	Nuevo a instalar	Fin de línea Conversión aéreo-subterráneo	246.944.66	4.015.229,50
T-6	Existente a desmontar	Fin de línea	246.919,59	4.015.252,37

LEYENDA

- TRAMO AÉREO LÍNEA 66 kV S/C EXISTENTE
- TRAMO AÉREO LÍNEA 66 kV S/C A DESMONTAR
- TRAMO AÉREO LÍNEA 66 kV S/E PROYECTADA
- TRAMO SUBTERRÁNEO LÍNEA 66 kV S/C PROYECTADO
- NºXX NUEVO APOYO A INSTALAR
- NºXX APOYO EXISTENTE
- NºXX APOYO A DESMONTAR

REV	FECHA	DIB	PROY
0A	10/24	E.M.S	S.V.

COMENTARIO

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION MOVIL LAS LOMAS

PLANTA GENERAL
LÍNEA AÉREA–SUBTERRÁNEA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	1700	0A

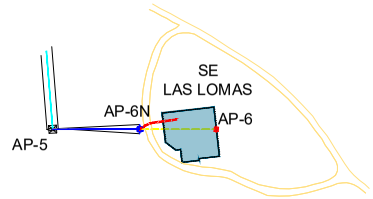
FECHA: 10/24 | ESCALA: 1:500 | PP170001.DWG | Nº HOJAS 01 | HOJA 01

A3

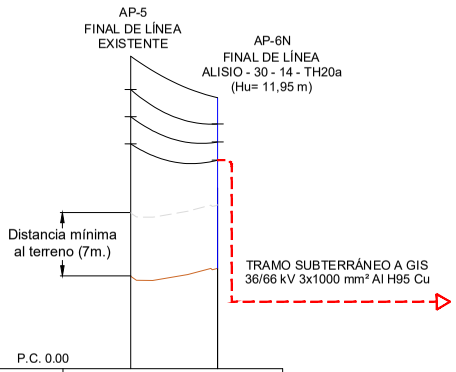
Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 67/171

TÉRMINO MUNICIPAL DE VEJER DE LA FRONTERA (CÁDIZ)



SERIE Nº 1	D-280	AC-50
ZONA	B	B
Vano de Reg. (mts.)	38,50	38,50
Tense Máx. (kg.)	450	200
Parámetro Flecha Máx.	168 (75ºC)	312 (50ºC)



COTA DEL TERRENO	10.26	11.11
DISTANCIA PARCIAL	0.00	38.50
DISTANCIA AL ORIGEN	0.00	38.50

LEYENDA

- TRAMO AÉREO LÍNEA 66 kV S/E PROYECTADA
- TRAMO SUBTERRÁNEO LÍNEA 66 kV S/C PROYECTADO
- TRAMO AÉREO LÍNEA 66 kV S/C EXISTENTE
- APOYO CONVERSIÓN LAT OBJETO DE PROYECTO
- APOYO LAT A DESMONTAR EDE
- APOYO LAT EXISTENTE EDE
- CAMINO

ESCALAS { HORIZONTAL = 2000 ; VERTICAL = 500

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: *D. MANUEL ALONSO PANTOJA* *"COGITISE Nº 9522"*

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

PERFIL PLANTA
LÍNEA AÉREA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	1800	0A

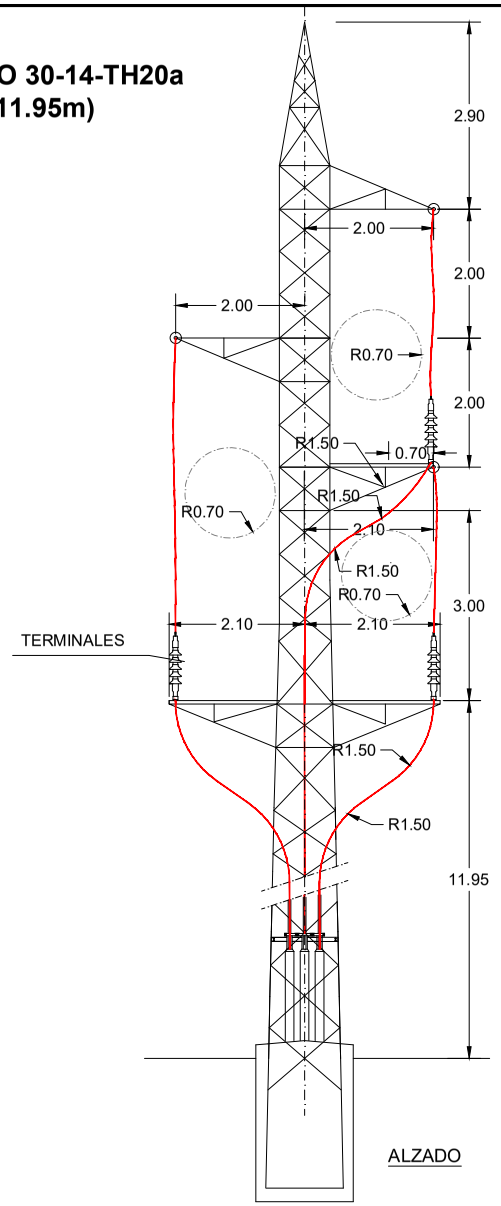
FECHA: 10/24	ESCALA:INDICADAS	PP180001 .DWG	NºHOJAS 01	HOJA 01

A3

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

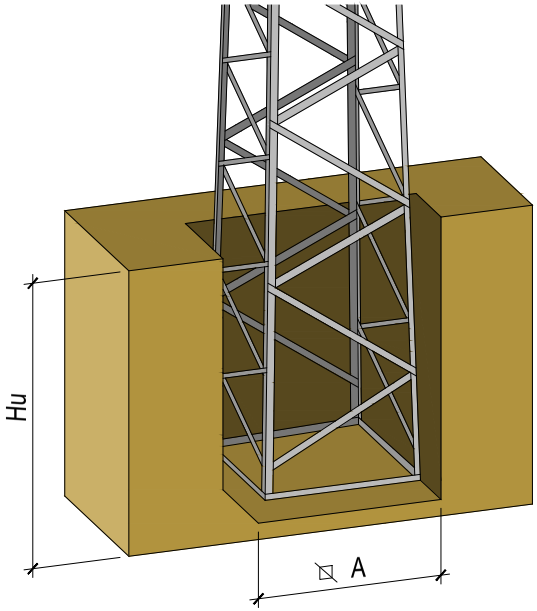
VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 68/171

ALISIO 30-14-TH20a
(Hu= 11.95m)



ALZADO

Cotas en mts.



FUNDACIÓN (k= 10 kg/cm³)		
Hu Altura útil (m)	A (m) Dimensión máxima	V (m³)
2,30	1.73	6.90

REV	FECHA	DIB	PROY
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.

COMENTARIO

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

ESQUEMA DE APOYO

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	1900	0A

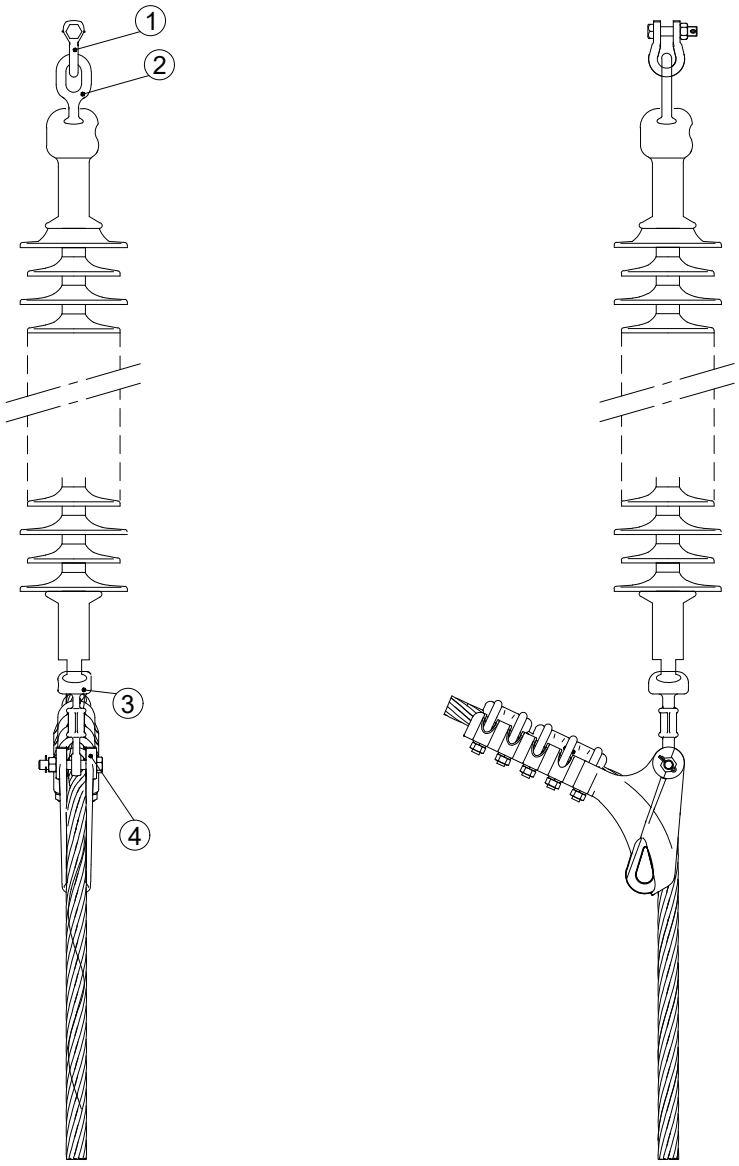
PP190001 .DWG | Nº HOJAS 01 | HOJA 01

FECHA: 10/24 | ESCALA: S/E

A3

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Cadenas	Grapa	Cable
ASTX280	GAT-4	LA280,LARL280,D280



N.	Cant.	Denominación	Referencia
1	1	Grillete Normal	GNT16
2	1	Anilla Bola	AB16
3	1	Rótula protección Secc. Cuadrada	RLPC16
4	1	Grapa amarre tornillería	Según Tabla

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

CADENAS DEL CONDUCTOR

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	2000	0A

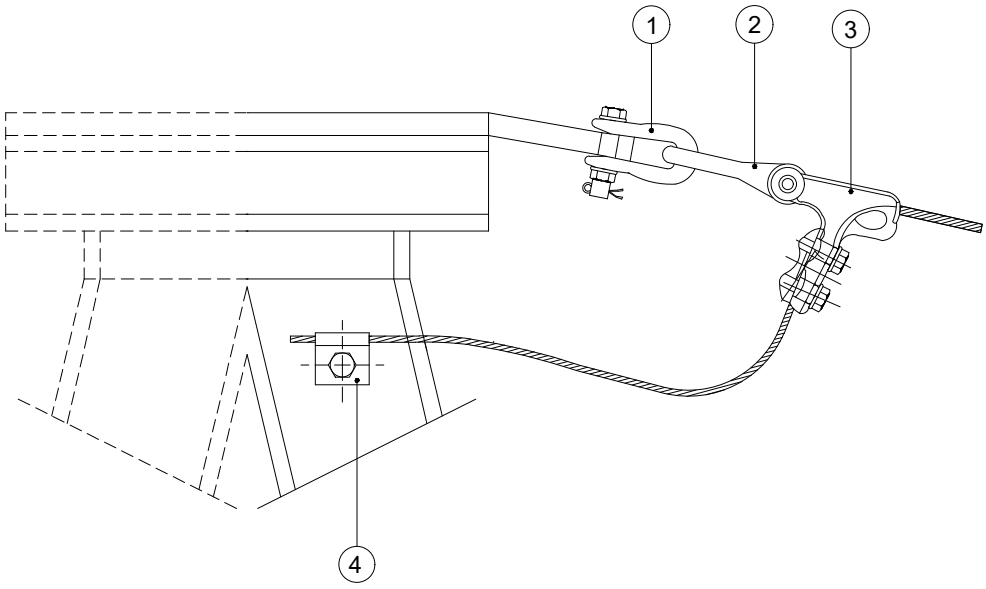
FECHA: 10/24 | ESCALA: S/E | PP200001 .DWG | NºHOJAS 01 | HOJA 01

A4

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 69/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Cadenas	Grapa	Cable
AT000	GAT2	AC50



N.	Cant.	Denominación	Referencia
1	1	Grillete Normal	GNT16
2	1	Eslabón revirado	ESR-16
3	1	grapa amarre tornillería	GAT2
4	1	conexión sencilla	GCS

REV	FECHA	DIB	PROY.	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

CONJUNTO
CABLE DE TIERRA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	2100	0A

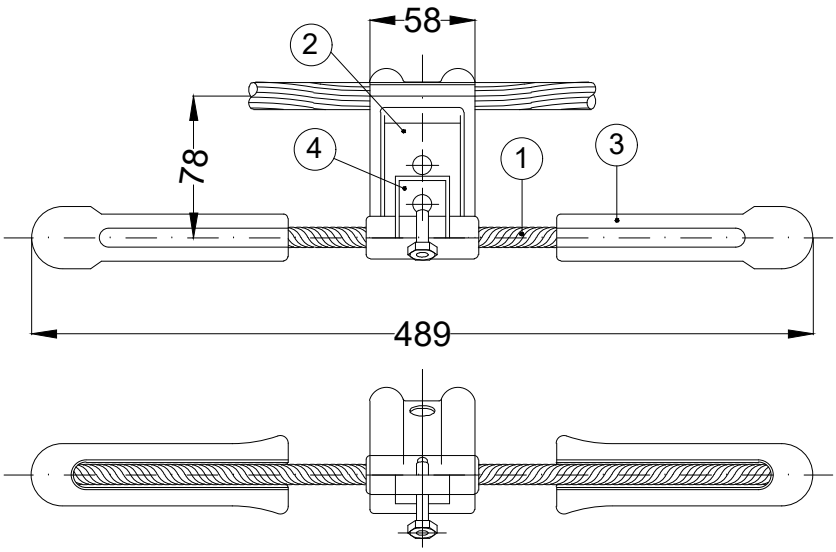
FECHA: 10/24	ESCALA: S/E	PP210001 .DWG	NºHOJAS 01	HOJA 01

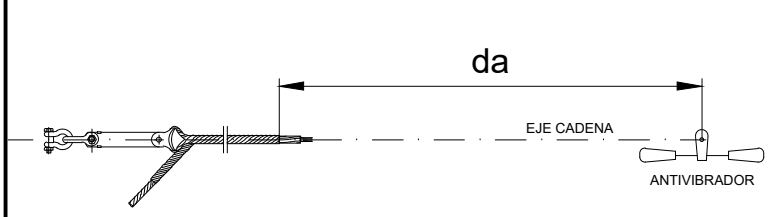
A4

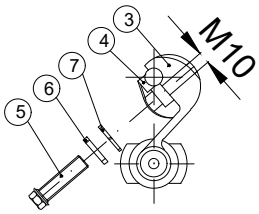
MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 70/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANTIVIBRADOR CABLE DE TIERRA
AMG-1







Las distancias "ds" de separación del antivibrador a las grapas deberán ser consultadas con el fabricante

Nº	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
1	2	CABLE PREFORMADO
2	1	CUERPO
3	2	CONTRAPESO
4	1	ZAPATA
5	1	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL
6	1	ARANDELA PLANA
7	1	ARANDELA GROWER

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: ***D. MANUEL ALONSO PANTOJA*** *"COGITISE Nº 9522"*

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

ELEMENTOS DE LA LÍNEA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	2200	0A

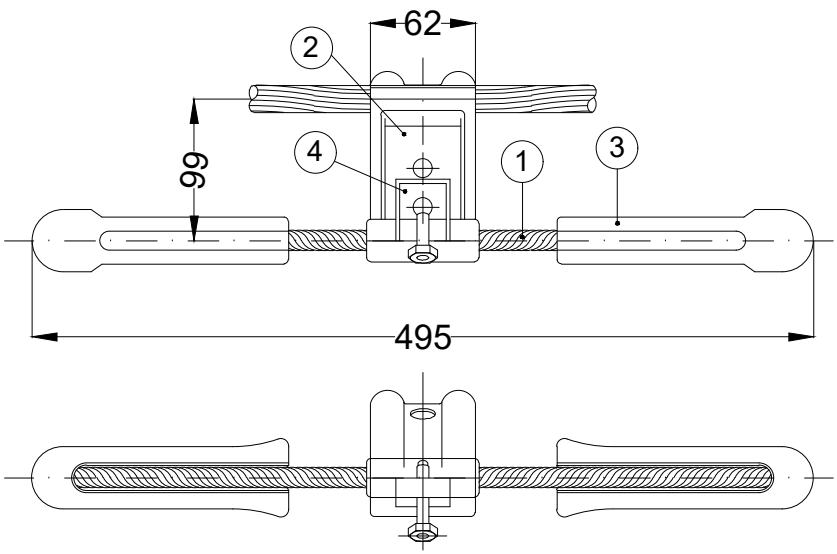
FECHA: 10/24	ESCALA: S/E	PP220001 .DWG	NºHOJAS 03	HOJA 01

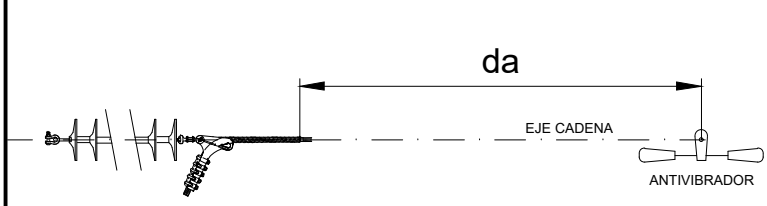
A4

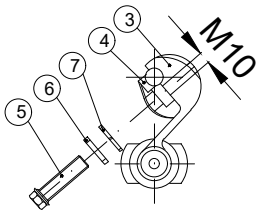
MANUEL ALONSO PANTOJA	22/10/2024 12:59	PÁGINA 71/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANTIVIBRADOR CONDUCTOR
AMG-2







Las distancias "da" de separación del antivibrador a las grapas deberán ser consultadas con el fabricante

Nº	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
1	2	CABLE PREFORMADO
2	1	CUERPO
3	2	CONTRAPESO
4	1	ZAPATA
5	1	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL
6	1	ARANDELA PLANA
7	1	ARANDELA GROWER

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: ***D. MANUEL ALONSO PANTOJA*** *"COGITISE Nº 9522"*

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

ELEMENTOS DE LA LÍNEA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	2200	0A

FECHA: 10/24	ESCALA: S/E	PP220002 .DWG	Nº HOJAS 03	HOJA 02

A4

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 72/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

PLACA DE SEÑALIZACIÓN

Se colocarán 2 placas por apoyo,
a aproximadamente 3m de altura.

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: ***D. MANUEL ALONSO PANTOJA*** *"COGITISE Nº 9522"*

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

ELEMENTOS DE LA LÍNEA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E.	LAS LOMAS	66/20 kV		
SE	300124	PP	2200	0A
PP220003 .DWG			Nº HOJAS 03	HOJA 03

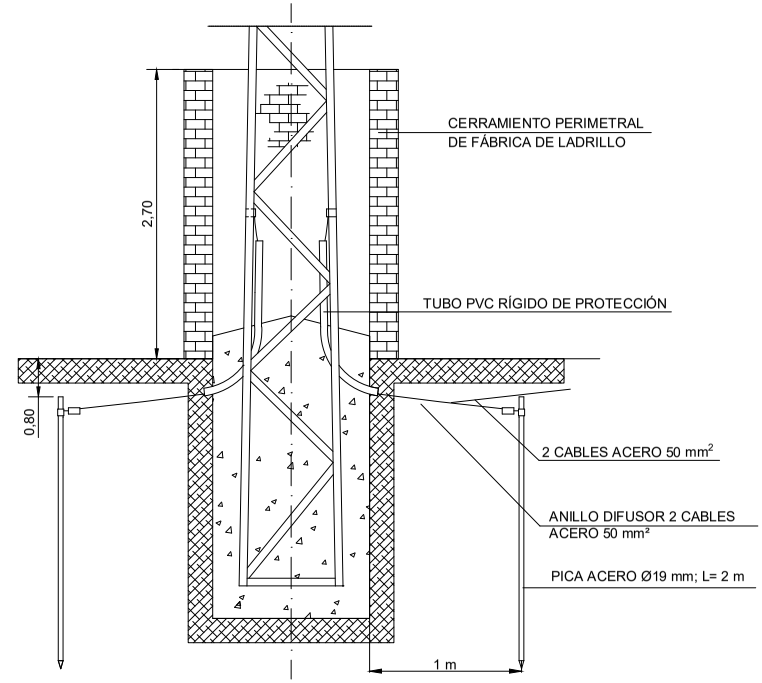
FECHA: 10/24 | ESCALA: S/E

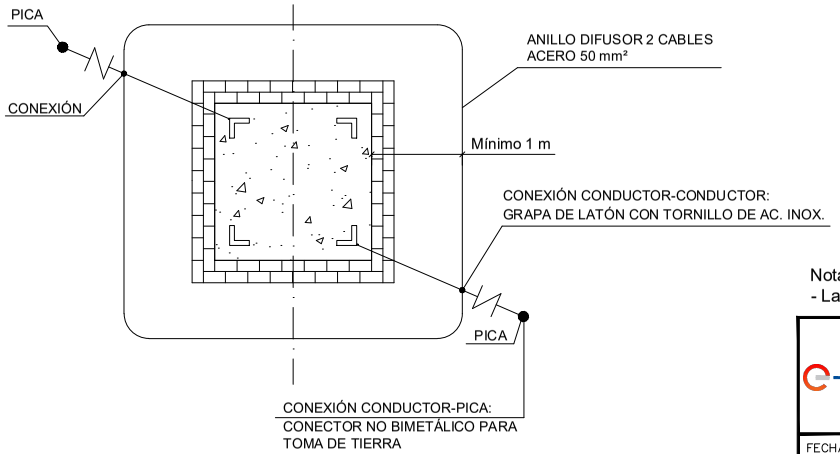
A4

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 73/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

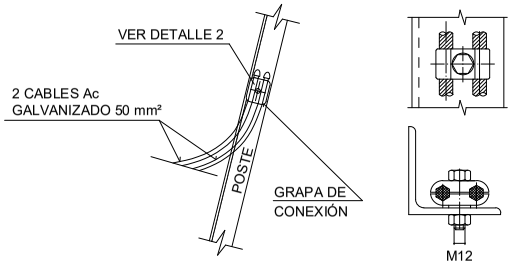
Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 74/171



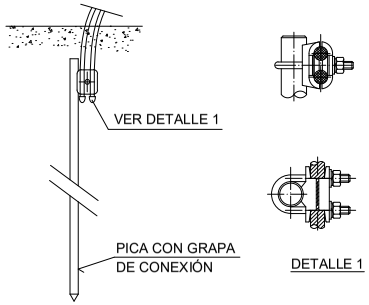


DETALLE CONEXIÓN
APOYO - LÍNEA TIERRA



DETALLE 2

DETALLE CONEXIÓN
LÍNEA TIERRA - PICA



DETALLE 1

Nota:
- Las picas de puesta a tierra se colocaran bajo la servidumbre de vuelo de la línea aérea.

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: **D. MANUEL ALONSO PANTOJA** *"COGITISE Nº 9522"*

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

PUESTA A TIERRA APOYO

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

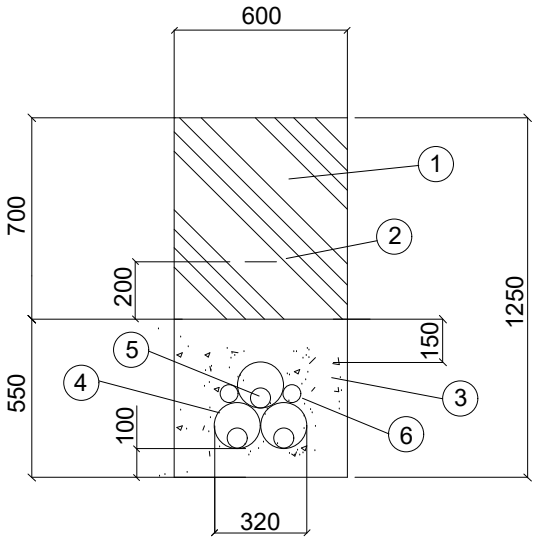
SE	300124	PP	2300	0A

FECHA: 10/24 | ESCALA: S/E | PP230001 .DWG | NºHOJAS 01 | HOJA 01

A3

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ZANJA S/C EN TERRIZO
TUBO DE 160 mm Ø



LEYENDA:

1. TIERRA COMPACTADA EN TONGADAS DE 25 cm. AL 95% PROCTOR MODIFICADO.
2. BANDAS SEÑALIZADORAS.
3. HORMIGÓN HM-20.
4. TUBO POLIETILENO CORRUGADO DOBLE PARED 160 mm Ø.
5. CABLES DE POTENCIA.
6. TUBOS POLIETILENO LISO DE ALTA DENDISAD DE SIMPLE CAPA 63 mm Ø (para la instalación de fibra óptica y para puesta a tierra single point, en caso de no instalarse single point irá un tubo de 63 mm Ø.

COTAS EN mm.

REV	FECHA	DIB	PROY
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.

COMENTARIO

Colegiado: **D. MANUEL ALONSO PANTOJA** *"COGITISE Nº 9522"*

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

CANALIZACIÓN
LÍNEA SUBTERRÁNEA

DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	2400	0A

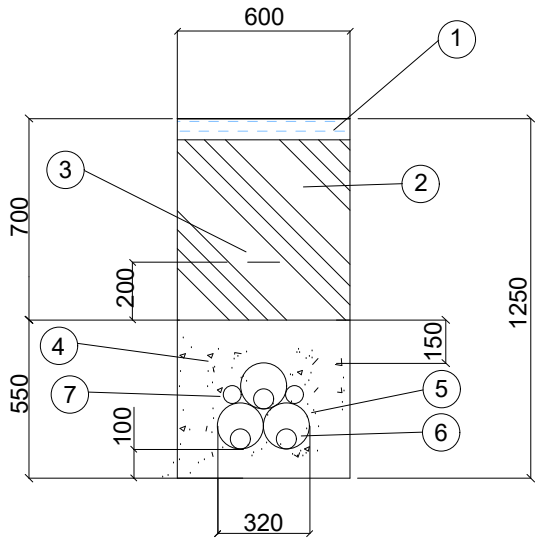
FECHA: 10/24	ESCALA: S/E	PP240001 .DWG	Nº HOJAS 02	HOJA 01

A4

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 75/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ZANJA S/C BAJO CAMINO
TUBO DE 160 mm Ø



LEYENDA:

1. ACABADO SUPERFICIAL.
2. TIERRA COMPACTADA EN TONGADAS DE 25 cm. AL 95% PROCTRO MODIFICADO.
3. BANDAS SEÑALIZADORAS.
4. HORMIGÓN HM-20.
5. TUBO POLIETILENO CORRUGADO DOBLE PARED 160 mm Ø.
6. CABLES DE POTENCIA.
7. TUBOS POLIETILENO LISO DE ALTA DENDISAD DE SIMPLE CAPA 63 mm Ø (para la instalación de fibra óptica y para puesta a tierra single point, en caso de no instalarse single point irá un tubo de 63 mm Ø.

COTAS EN mm.

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

e-distribución

PROYECTO CONSTRUCTIVO:
GENERALES
INSTALACION SUBESTACION
MOVIL LAS LOMAS

CANALIZACIÓN
LÍNEA SUBTERRÁNEA

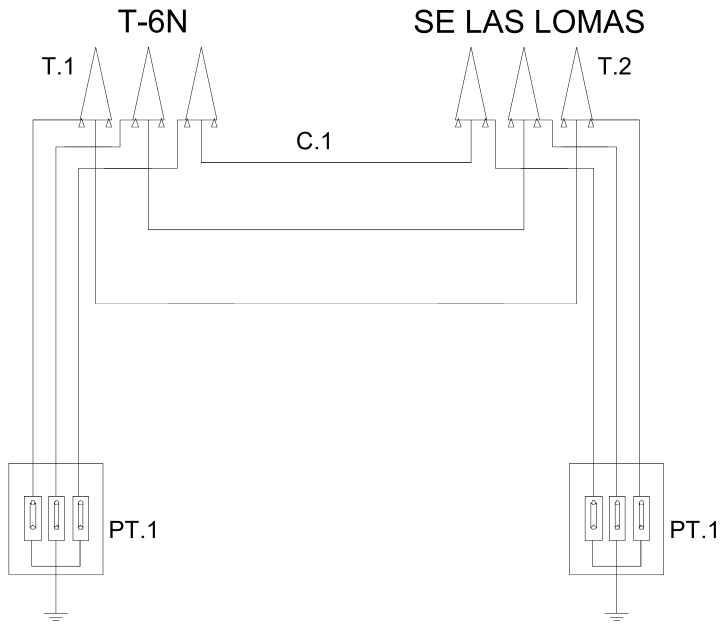
DISTRIBUCIÓN EyP

S.E. LAS LOMAS 66/20 kV

SE	300124	PP	2400	0A

FECHA: 10/24	ESCALA: S/E	PP240002 .DWG	Nº HOJAS 02	HOJA 02

A4



ACCESORIOS	
PT.1	CAJA TRIPOLAR PaT DIRECTA
T.1	TERMINAL GIS
T.2	TERMINAL DE EXTERIOR

INICIO	FIN	LONGITUD CANALIZACIÓN	CONEXIONADO DE PANTALLAS
T-6	SE LAS LOMAS	≈ 17,16 m	SOLID BONDING

REF	TIPO	LONGITUD CABLE(*)
C.1	CABLE 36/66 kV 1000 mm² Al H 95 Cu	≈ 50 m

(*) NOTAS:

Se ha considerado un incremento de un 3% sobre la medición en planta del trazado. Además, se ha tenido en cuenta la bajada de los cables en la torre de conversión aéreo-subterránea y la subida de los cables a la posición GIS en la subestación móvil.

e-distribución	PROYECTO CONSTRUCTIVO: GENERALES INSTALACION SUBESTACION MOVIL LAS LOMAS CONEXIONADO DE PANTALLAS	DISTRIBUCIÓN EyP S.E. LAS LOMAS 66/20 kV SE 300124 PP 2500 0A
FECHA: 10/24 ESCALA: S/E		PP250001 .DWG Nº HOJAS 01 HOJA 01
A3		

REV	FECHA	DIB	PROY	COMENTARIO
0A	10/24	E.M.S	B.S.V.	

Colegiado: D. MANUEL ALONSO PANTOJA "COGITISE Nº 9522"

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANEXO 1. CÁLCULO RED DE TIERRA

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 78/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Project: 26725 SE Las Lomas
Scenario: Máx 1PH-G fault
Description:

Design Inputs

Table 1 Units

Units	Metric

Table 2 Soil characteristics

Source	Soil modelling module
Traverse or group name selected	Traverse 1
Number of layers	2
Frequency dependency method	No frequency dependence
Relative permittivity	12

	Resistivity	Thickness
Layer 1	2587.65 Ohm.m	0.53 m
Layer 2	30.91 Ohm.m	Inf m

Refer to separate page for Soil Modelling results.

Table 3 Grid energisation

Grid energisation	Steady-state
Source	Fault Current module
Frequency	50 Hz
Decrement factor	1.011
X/R ratio	3.49
Fault clearing time	0.5 s

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 79/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Fault Current Distribution

Table 4 Local site data

Name	Local site
EG local resistance (Auto)	0.664 Ohms
EG local current	-97 -1588 i A
Future increase in EG local current	0 %
Number of lines	1

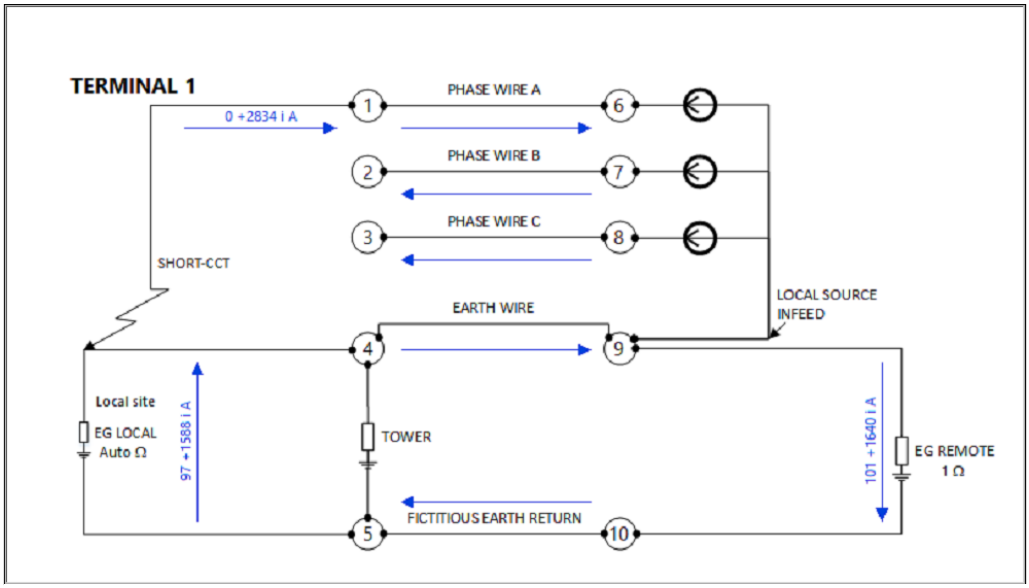


Figure 1 Circuit schematic - Line 1

Table 5 User Input - Line 1

Name of line	TERMINAL 1
No. of sections	1
EG remote resistance	1 Ohms
Fault type and phase	Single phase-to-earth (A)
Fault magnitude	2834 A
Fault phase	-90 º
Fault location	Local

Table 6 User Input - Line 1: Section 1

Case description	CASE 7 - Overhead, 1 earth wire
Length overall	12000 m
Soil electrical resistivity	150 Ohm.m

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 80/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Phase A position, Z	21.2 m
Phase A position, Y	3.2 m
Phase B position, Z	18.6 m
Phase B position, Y	-4.1 m
Phase C position, Z	15.5 m
Phase C position, Y	3.9 m
Earth 1 position, Z	25.3 m
Earth 1 position, Y	0 m
Phase cond. diameter	21.7 mm
Phase cond. a.c. resistance	0.12 Ohms/km
Earth cond. diameter	16 mm
Earth cond. a.c. resistance	0.32 Ohms/km
Tower resistance	20 Ohms
No. of subsections	1

Table 7 Results: Fault currents

Branch name [Start node, End node]	Currents (A)	Split factor (%)
EG LOCAL [4, 5]	-97 -1588 i	3
SHORT-CCT A [1, 4]	-0 -2834 i	0
SHORT-CCT B [2, 4]	0 +0 i	0
SHORT-CCT C [3, 4]	-0 +0 i	0
L1_PHASE WIRE A [1, 6]	0 +2834 i	0
L1_PHASE WIRE B [2, 7]	0 -0 i	0
L1_PHASE WIRE C [3, 8]	0 -0 i	0
L1_EARTH WIRE [4, 9]	101 -1194 i	4
L1_FICTITIOUS EARTH RETURN [5, 10]	-101 -1640 i	4
L1_TOWER [4, 5]	-3 -53 i	0
L1_EG REMOTE [9, 10]	101 +1640 i	4

The highest EG Local current for single phase faults is obtained when Fault type is Single phase-to-earth (C).

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA 22/10/2024 12:59 PÁGINA 81/171
VERIFICACIÓN CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Automatic Soil Modelling

Traverse Name - Traverse 1

Table 8 User inputs

Measurement method	Wenner
Automatic number of layers	TRUE
Number of soil layers	-
Account for probe depth? (True/False)	TRUE
Unit	Apparent Resistivity

Table 9 Field measurements

Included? (True/False)		Spacing between probes (m)	Driven depth of probes (m)	Apparent Resistivity (Ohm.m)
TRUE	R1	0.8	0.3	800
TRUE	R2	2	0.3	69.2
TRUE	R3	3	0.3	41.3
TRUE	R4	5	0.3	26.8

Table 10 Results - Traverse 1

Number of layers	2	RMS Error of model	6.98 %
Layer 1 resistivity	2587.65 Ohm.m	Thickness	0.53 m
Layer 2 resistivity	30.91 Ohm.m	Thickness	Inf m

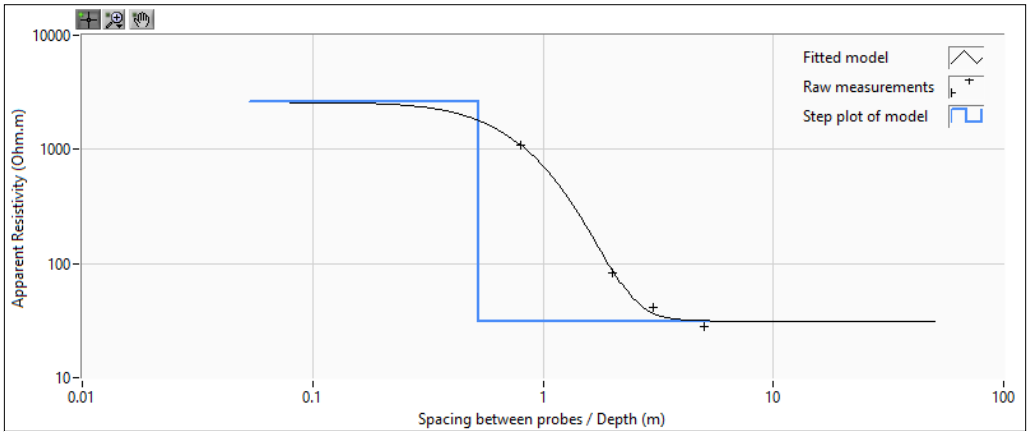


Figure 2 Non-linear model fit to field measurements

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 82/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Grid Conductor Size Calculation in accordance with IEEE Std 80:2013

Table 11 Conductor type 1 - Minimum conductor size calculation inputs

Conductor type	Copper, annealed soft-drawn (100% conductivity)
Symmetrical RMS current magnitude	20 kA
Maximum fault duration	0.5 s
Ambient temperature	40 ºC
Maximum allowable temperature	Other
Maximum temperature	250 ºC
Decrement factor	Default
Decrement factor value	1.062
X/R ratio	20
System frequency	50 Hz

Table 12 Conductor type 1 - Material constants of conductor

Reference temperature for material constants	20 ºC
Thermal coefficient of resistivity at reference temperature	0.00393 /ºC
Fusing temperature of conductor	1083 ºC
Resistivity of conductor at reference temperature	1.72 µOhm.cm
Thermal capacity per unit volume	3.42 J/cm³ ºC

Table 13 Results - Minimum conductor size

Cross-sectional area	88.5 mm²
Cross-sectional area	0.1372 in²
Cross-sectional area	174.659 kcmil
Solid diameter	10.615 mm
Solid diameter	0.418 in

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 83/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Grid Model

Table 14 Segments

Total number of segments used for calculations	23
Total number of segments used for calculations after segmentation	169
Increased segmentation applied	FALSE
Faulted segment no.	1
Total length of conductor network	314.327 m

Table 15 Segment tags

ID	Name	For calculation
1	TIERRAS	TRUE

Segments without tag are always used for calculation.

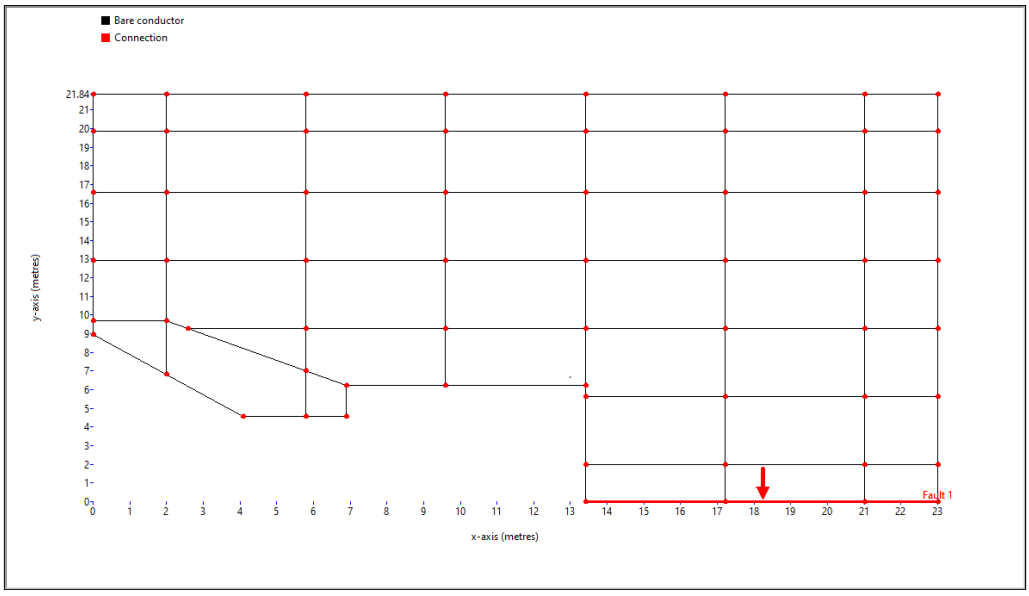


Figure 3 Grid preview

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 84/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Bill of Materials

Table 16 Bare conductors

Total length of all bare conductors (excluding rods): 314.327 m

ID	Conductor type	Size (mm²)	Conductor material	Total length (m)
1	Main grid	95	Copper, annealed soft-drawn (100% conductivity)	314.327

Table 17 Buried bonds/joints schedule

Total number of buried bonds: 62

No.	Bond type - how many conductors are interconnected	Total quantity of that bond type
1	2	7
2	3	26
3	4	29

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA 22/10/2024 12:59 PÁGINA 85/171
VERIFICACIÓN CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Conductor Types

Table 18 Conductor types

ID	Description	Conductor size (mm²)	Conductor material	Colour
1	Main grid	95	Copper, annealed soft-drawn (100% conductivity)	

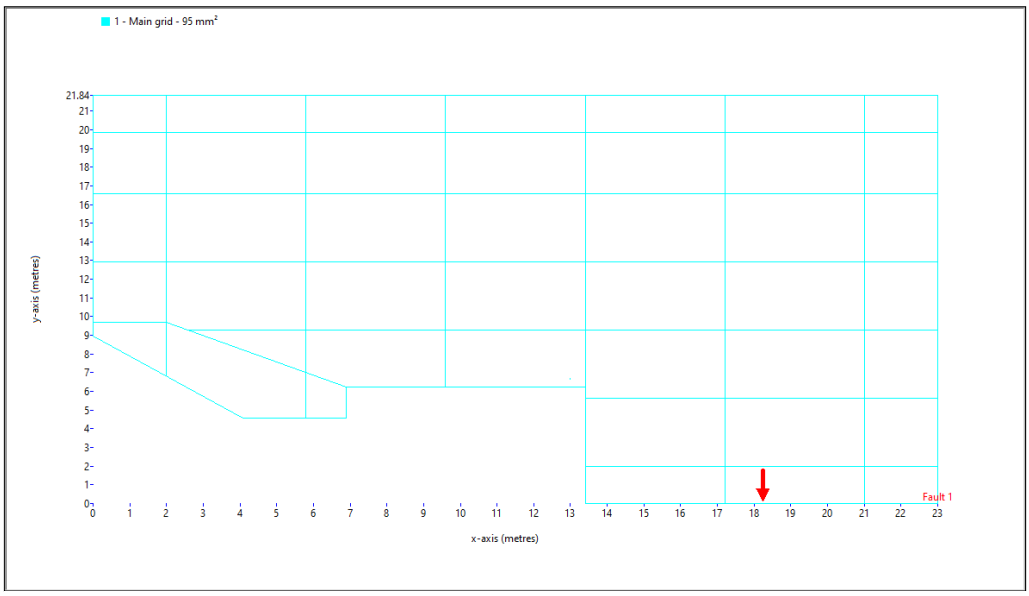


Figure 4 Conductor type preview

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 86/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Safety Criteria Calculation

Table 19 User inputs - Safety limit touch

Safety standard (body resistance)	IEEE Std. 80
Fibrillation current method	IEEE - Body Weight - 50 kg
Impedance selection	IEEE
Fault clearing time	0.5 s

Table 20 Additional resistances inputs - Safety limit touch

Surface layer exists? (True/False)	TRUE
Surface material resistivity	3000 Ohm.m
Surface layer depth	0.1 m
Foot resistance calculation method	Computed

Table 21 Results - Safety limit touch

Allowable Touch Voltage Limit	907.346 V
Permissible body current	0.164 A
Body resistance	1000 Ohms

Table 22 User inputs - Safety limit step

Safety standard (body resistance)	IEEE Std. 80
Fibrillation current method	IEEE - Body Weight - 70 kg
Impedance selection	IEEE
Fault clearing time	0.5 s

Table 23 Additional resistances inputs - Safety limit step

Surface layer exists? (True/False)	TRUE
Surface material resistivity	2500 Ohm.m
Surface layer depth	0.3 m
Foot resistance calculation method	Computed

Table 24 Results - Safety limit step

Allowable Step Voltage Limit	3701.407 V
Permissible body current	0.222 A
Body resistance	1000 Ohms

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 87/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Voltage Profiles and Touch Voltage References

Table 25 Maximum spacing between points

Maximum spacing between points	2 m

Table 26 Touch voltage references

Reference mode	Grid Potential Rise

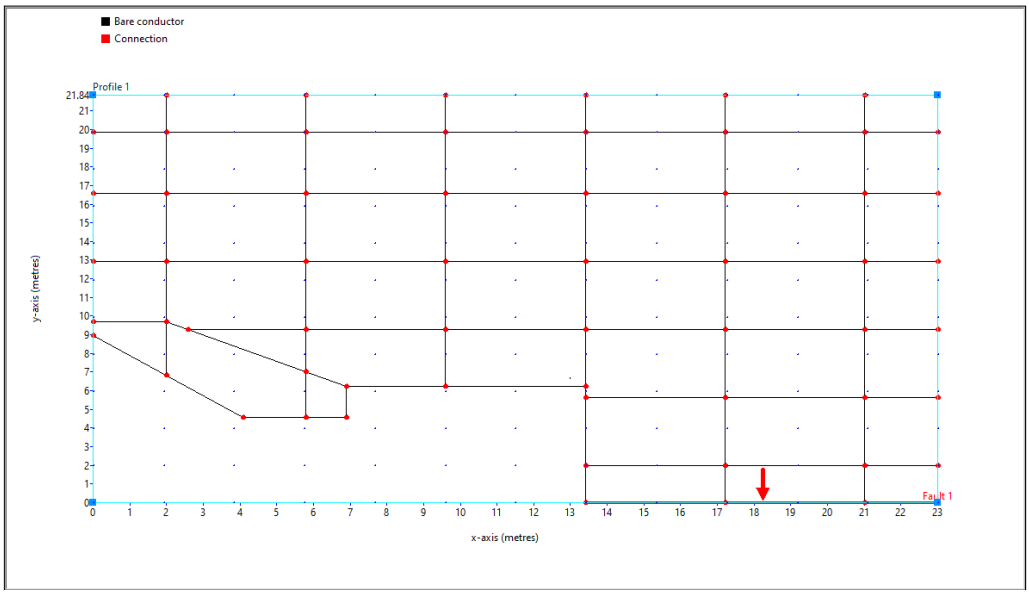


Figure 5 Voltage profile preview

Table 27 Voltage profiles

Profile name	For calculation
Profile 1	TRUE

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 88/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Earthing System Performance

Table 28 Results

Grid Impedance, Z	0.664 Ohms
Z Angle	-0.862 º
Grid Potential Rise, GPR	1067.303 V
GPR Angle	-94.372 º

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 89/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

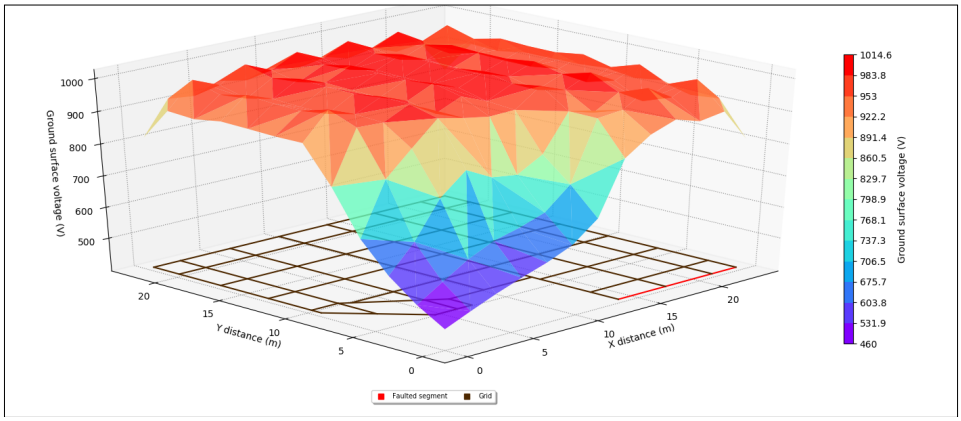


Figure 6 Surface voltages (V) - 3D view

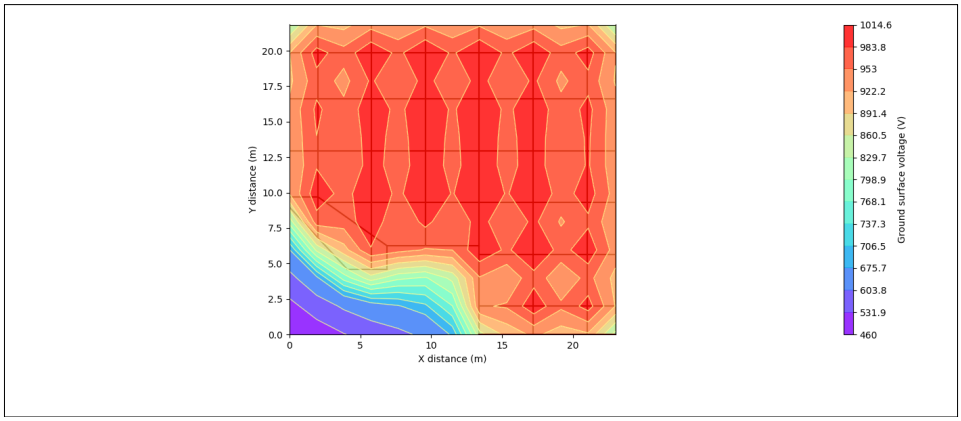


Figure 7 Surface voltages (V) - 2D view

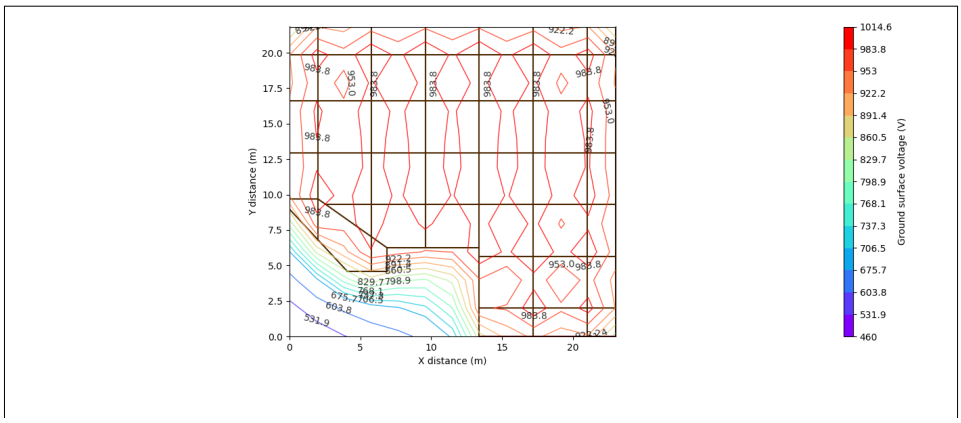


Figure 8 Surface voltages (V) - 2D view (line)

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 90/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

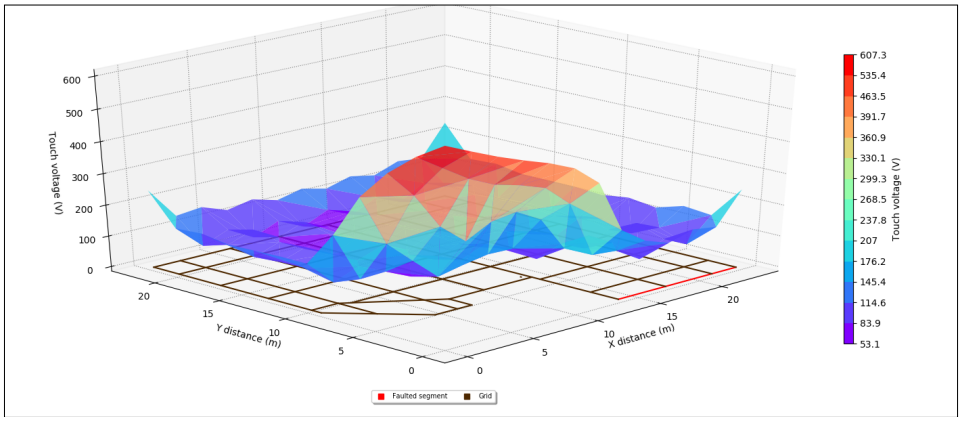


Figure 9 Touch voltages (V) - 3D view

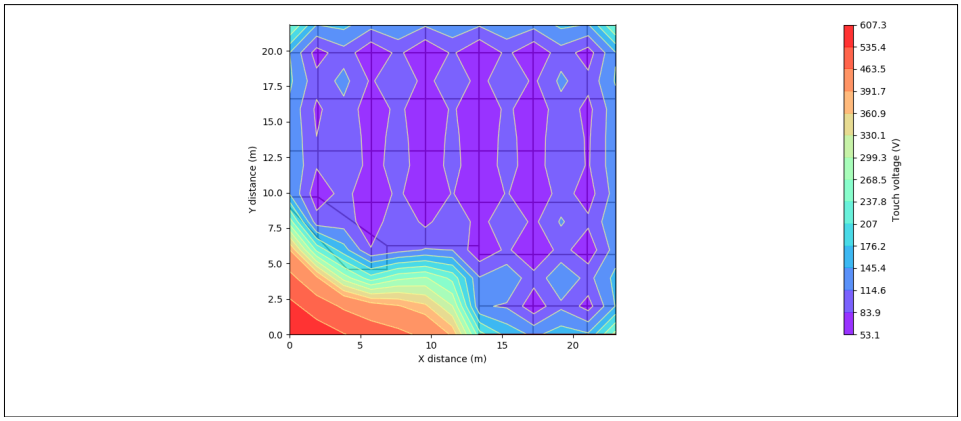


Figure 10 Touch voltages (V) - 2D view

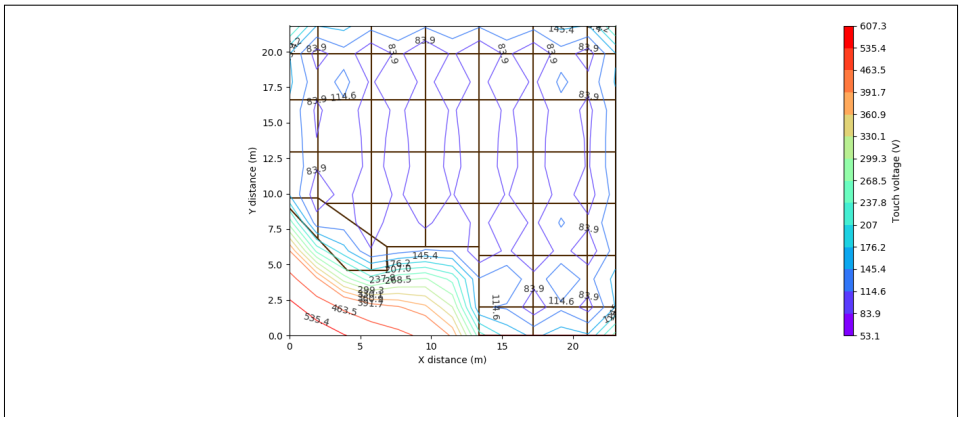


Figure 11 Touch voltages (V) - 2D view (line)

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 91/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

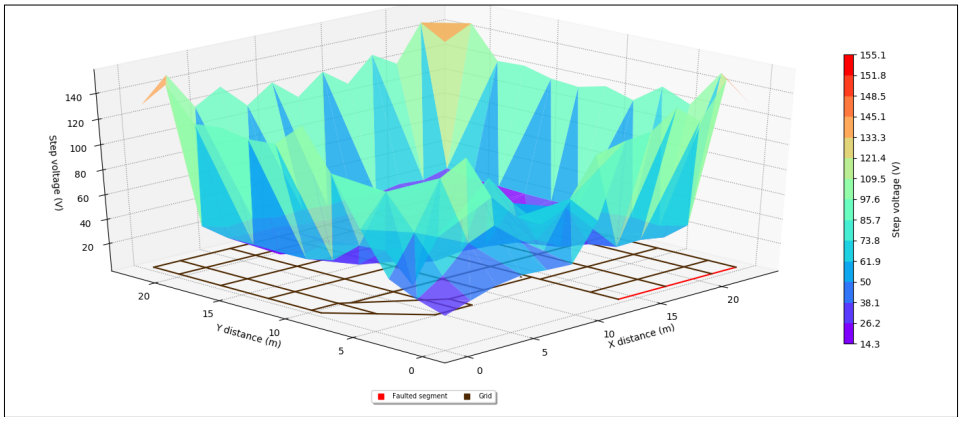


Figure 12 Step voltages (V) - 3D view

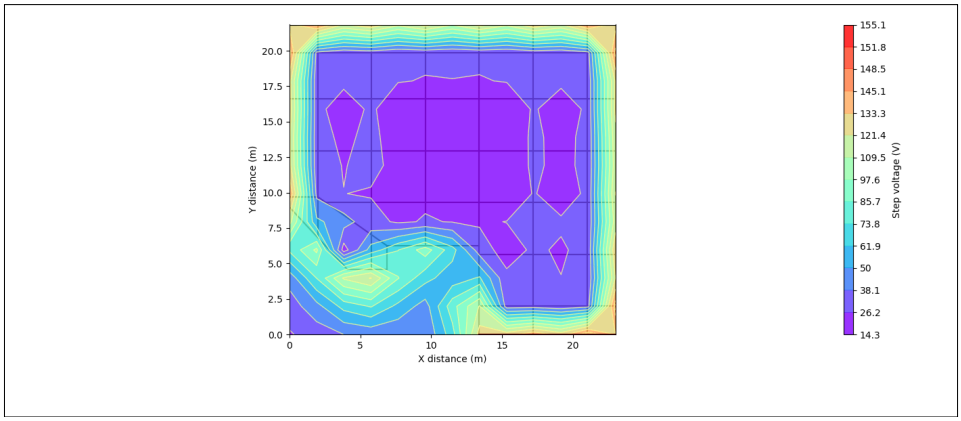


Figure 13 Step voltages (V) - 2D view

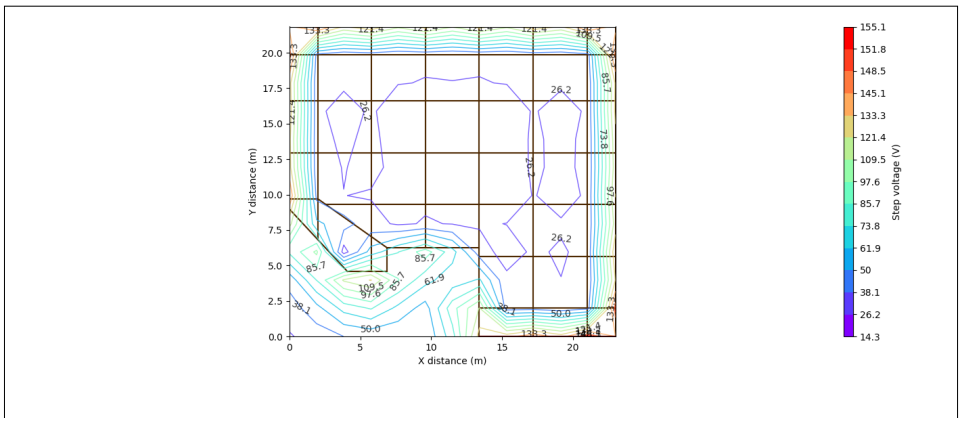


Figure 14 Step voltages (V) - 2D view (line)

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 92/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANEXO 2. CÁLCULO LÍNEA ÁEREA

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 93/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANEXO 2:

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS AÉREOS

ÍNDICE ANEXO 2: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS AÉREOS

1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DE LOS CONDUCTORES 3
1.1 CONSTANTES Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA 3
2 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LOS CONDUCTORES 4
2.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS CONDUCTORES Y DEL CABLE DE TIERRA 4
2.2 HIPÓTESIS DE CÁLCULO 4
2.2.1 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES 6
3 CÁLCULO DE LOS APOYOS 9
3.1 ACCIONES A CONSIDERAR 9
3.2 HIPOTESIS A CONSIDERAR 9
3.3 HIPÓTESIS DE CÁLCULO ..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**
3.4 CÁLCULO DE ESFUERZOS 11
3.4.1 Apoyos de Alineación ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.2 Apoyos de Anclaje - Ángulo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.4.3 Apoyos de Fin de Línea 11
3.4.3.1 1ª Hipótesis (Cargas Permanentes) 12
3.4.3.2 3ª Hipótesis (desequilibrio de tracciones): 13
3.4.3.3 4ª Hipótesis (Carga de Rotura): 14
3.5 CÁLCULO DE CIMENTACIONES 18
3.5.1 Cimentación tipo monobloque 18
3.5.2 Cimentación tipo cuatro patas ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4 COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD 21
4.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO 21
4.2 DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES 21
4.3 DISTANCIAS DE LOS CONDUCTORES A LOS APOYOS 22
4.4 DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES Y CABLE DE TIERRA 23

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 95/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DE LOS CONDUCTORES

1.1 CONSTANTES Y CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA

Datos eléctricos de la instalación aérea

- Sistema ..... Corriente alterna trifásica
- Frecuencia ..... 50 Hz
- Tensión nominal ..... 66 kV
- Categoría ..... Segunda
- Longitud del tramo objeto de proyecto ..... 38,50 metros
- Número de circuitos 1
- Tipo de conductor D-280
- Número de conductores por fase 1
- Temperatura máxima conductor ..... 75 ºC
- Potencia máxima admisible por circuito ..... 65,7 MVA
- Intensidad máxima admisible ..... 575,4 A
- Número de cables de tierra 1
- Tipo de cable de tierra AC-50
- Zona ..... A

Características del conductor

Conductores AL3

Designación Código / /Código antiguo	Sección mm²	Diámetro mm	Carga de Rotura	Resist. eléctrica c.c. a 20ºC	Masa	Módulo de elasticidad	Coef. de Dilatación lineal
	Total	Total	(daN)	(Ω/km)	(kg/km)	(daN/mm²)	(ºC⁻¹x10⁻⁶)
279-AL3 / D-280	279,3	21,7	8.200	0,1187	770	5.600	23

La adecuación de la línea no supone cambios en las constantes y características eléctricas de la línea, manteniéndose sus condiciones actuales, por lo que no es necesario la justificación eléctrica de los conductores.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 96/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

2 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LOS CONDUCTORES

2.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS CONDUCTORES Y DEL CABLE DE TIERRA

Datos de cálculo del conductor D-280

Denominación	279-AL3 D-280
Sección	279,3 mm²
Diámetro	21,7 mm
Peso propio	0,77 Kg/m
Sobrecarga de viento 120 Km/h	1,085 daN/m
Carga de rotura	8.200 daN
Módulo de elasticidad	5.600 daN/mm^2
Coef. dilatación lineal	23x10^{-6} ºC^{-1}

Datos de cálculo del cable de tierra

Denominación	49ST1A (AC50)
Sección	49,5 mm²
Diámetro	9 mm
Peso propio	0,392 Kg/m
Sobrecarga de viento 120 Km/h	0,54 daN/m
Carga de rotura	6.202 daN
Módulo de elasticidad	18.500 daN/mm²
Coef. dilatación	11,5x10^{-6} ºC^{-1}

2.2 HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Para el cálculo de las flechas y tensiones de los conductores y cables de tierra se resuelve la ecuación de cambio de condiciones:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 97/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

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

Dónde:

- E = Módulo de elasticidad en daN/mm^2.
- α = Coeficiente de dilatación lineal en ºC^{-1}.
- S = Sección del conductor en mm^2.
- a = Vano en m.
- T_1, T_2 = Tenses en daN. en los estados 1 y 2.
- P_1, P_2 = Peso del conductor en los estados 1 y 2 en daN/m.
- θ_1, θ_2 = Temperaturas del conductor en los estados 1 y 2 en ºC.

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, el coeficiente K para el cálculo del manguito de hielo, y el diámetro del conductor.

Así se calcula el valor de T_2 dados unos valores de T_1, P_1, θ_1, P_2 y θ_2. Conocido el valor de T_2, se calcula la flecha correspondiente con la ecuación siguiente:

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

Asimismo se verifica que la carga de rotura tanto del conductor como del cable de tierra es como mínimo 2,5 veces superior a su tracción máxima (no tense horizontal) en las condiciones más desfavorables según la Tabla 4 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D.223/2008).

El vano de cálculo o regulación se determinará para cada serie de vanos comprendidos entre dos apoyos de amarre, y vendrá dado por la expresión:

$$\text{Vano}_{\text{regulación}} = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

De los diferentes vanos comprendidos entre dos apoyos de amarre, se determinarán sus flechas de regulación a partir de la expresión:

$$\text{FLECHA}_{\text{VANOAREGULAR}} = \text{Flecha}_{\text{VANOCALCULO}} \left(\frac{\text{Vano}_{\text{AREGULAR}}}{\text{Vano}_{\text{CALCULO}}}\right)^2$$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 98/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

2.2.1 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

Para el cálculo de las tablas de flechas y tenses se han impuesto las siguientes condiciones de partida del conductor:

CONDUCTOR	HIPÓTESIS DE CÁLCULO	TRACCIÓN MÁXIMA (daN)	CARGA ROTURA (daN)	COEFICIENTE SEGURIDAD
D-280	$T_{-5ºC+V}$	450	8.200	18,22

Para el cálculo de las tablas de flechas y tenses se han impuesto las siguientes condiciones de partida para el cable de tierra:

CONDUCTOR	HIPÓTESIS DE CÁLCULO	TRACCIÓN MÁXIMA (daN)	CARGA ROTURA (daN)	COEFICIENTE SEGURIDAD
AC-50	$T_{-5ºC+V}$	200	6.202	31,01

Estos valores están de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2.1. de la ITC-LAT 07.

A continuación, se presentan las tablas del cálculo mecánico de conductores para los diferentes tipos de cable y que resultan de aplicar la ecuación de cambio de condiciones, para cada una de las hipótesis de cálculo anteriores. Las flechas de regulación de los vanos pertenecientes a cada una de las zonas de cálculo se determinarán a partir de la expresión indicada en el apartado anterior.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 99/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 100/171

LAT66kV SC "LAS LOMAS"
TABLA DE TENSIONES Y FLECHAS EN CANTÓN A NIVEL

Conductor D-280

T_1	**450**	Tensión máxima en Kg.	Viento	**120**	Km/h	Us	**72,5**	Tensión más elevada kV
p_1	**1,330**	Sobrecarga inicial según zona.	p_{p+v}	**1,330**	Peso+viento Kg/m.	Dpp RLAT	**0,8**	Distancia mínimo aislamiento en aire en m
t_1	**-5**	Temperatura inicial.	$p_{p+1/2v}$	**0,942**	Peso+1/2 viento Kg/m.	Tipo categoría	**normal**	
p_2	**0,77**	Peso sin sobrecarga en Kg/m.	p_v	**1,085**	Viento Kg/m.	K'	**0,75**	
d	**21,7**	Diámetro del conductor en mm.	L_m	**38,49**	Vano Regulación	Long. Aislador	**1**	Longitud de aislador, m
s	**279,3**	Sección del conductor en mm2	S_1	**38,515**	Long.caten.vano regulacion	K	**0,65**	Coeficiente oscilación
CdeR	**8406**	Carga de rotura del conductor en Kg.	Eds	**2,472**	EDS a 15 °C			
E	**5714**	Módulo elasticidad lineal Kg/mm2						
α	**######**	Coeficiente de dilatación lineal ºC-1						
U	**66**							

Tm	450	341	342	289	261	240	222	208	196	185	177	169	162	156	150	141	130	123

	+ Viento	+1/2Vien	+ Viento																		
Vanos	**-5**	**-5**	**15**	**-5**	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**60**	**75**	**85**	K_{85}	K_{75}	K_{60}
38,50	0,55	0,51	0,72	0,49	0,55	0,60	0,64	0,69	0,73	0,77	0,81	0,85	0,88	0,92	0,95	1,01	1,10	1,16	160,24	168,35	183,14

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 101/171

LAT66kV SC "LAS LOMAS"
TABLA DE TENSIONES Y FLECHAS EN CANTÓN A NIVEL

Cable de Tierra Ac50

T_1	**200**	Tensión máxima en Kg.	Viento	**120**	Km/h	Us	**#N/D**	Tensión más elevada kV
p_1	**0,691**	Sobrecarga inicial según zona.	p_{p+v}	**0,691**	Peso+viento Kg/m.	Dpp RLAT	**#N/D**	Distancia minimo aislamiento en aire en m
t_1	**-5**	Temperatura inicial.	$p_{p+1/2v}$	**0,497**	Peso+1/2 viento Kg/m.	Tipo categoría	**normal**	
p_2	**0,413**	Peso sin sobrecarga en Kg/m.	p_v	**0,554**	Viento Kg/m.	K'	**0,75**	
d	**9,24**	Diámetro del conductor en mm.	L_m	**38,49**	Vano Regulación Long.caten.vano	Long. Aislador	**1**	Longitud de aislador, m
s	**52,2**	Sección del conductor en mm2	S_1	**38,522**	regulacion	K	**0,65**	Coeficiente oscilación
CdeR	**6535,17**	Carga de rotura del conductor en Kg.	Eds	**2,312**	EDS a 15 °C			
E	**1850**	Módulo elasticidad lineal Kg/mm2						
α	**1,15E-05**	Coeficiente de dilatación lineal ºC-1						
U	**0**							

Tm	200	176	188	166	162	158	155	151	148	144	141	138	135	132	129	123	116	111			
	+ Viento	**+1/2Vien**	**+ Viento**																		
Vanos	**-5**	**-5**	**15**	**-5**	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**60**	**75**	**85**	**K_{85}**	**K_{50}**	**K_{60}**
38,50	0,64	0,52	0,68	0,46	0,47	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58	0,59	0,62	0,66	0,69	269,11	312,10	298,75

3 CÁLCULO DE LOS APOYOS

Para el dimensionamiento de cada uno de los apoyos se han considerado las acciones de cargas y sobrecargas que recoge el Reglamento de Líneas de Alta Tensión para las zonas A y combinadas en la forma y condiciones especificadas en el apartado 3 de la ITC-LAT 07 del citado reglamento.

3.1 ACCIONES A CONSIDERAR

ACCIONES	VALORES	TIPO DE APOYO
CARGAS PERMANENTES	Peso propio de apoyos, cimentaciones, conductores, cables de tierra, aisladores, herrajes y accesorios.	TODOS
SOBRECARGAS DE HIELO	Manguito = 0,18 √d daN/m en zona B Manguito = 0,36 √d daN/m en zona C	TODOS
SOBRECARGAS DE VIENTO DE 120 Km/h	60*d daN/m sobre cables con d ≤ 16 mm 50*d daN/m sobre cables con d > 16 mm 70 daN/m^2 sobre aisladores	TODOS
DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES	15% de las tracciones máximas de todos los cables	SUSPENSIÓN
	50% de las tracciones máximas de todos los cables	ANCLAJE
	100% de las tracciones máximas de todos los cables	FIN DE LÍNEA
ROTURA DE CONDUCTORES	50% de la tracción máxima de un conductor de líneas Sx y de un subconductor en líneas Dx en apoyos con cadenas verticales.	SUSPENSIÓN
	100% de la tracción máxima de un conductor en líneas Sx y de un subconductor en líneas Dx en apoyos con cadenas horizontales.	ANCLAJE
	Falta de una fase.	FIN DE LÍNEA
ROTURA DE CABLE DE TIERRA	100% de la rotura de un cable de tierra	TODOS
RESULTANTE DE ÁNGULO	Resultante transversal de ángulo por las tracciones de conductores y cables de tierra.	ÁNGULO

3.2 HIPOTESIS DE CÁLCULO

Los apoyos a instalar han sido calculados teniendo en cuenta las siguientes funciones y coeficientes:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 102/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

ID. Nº APOYO	Modelo	Función RLAT	Coef. Seg
6N	ALISIO-30-14-TH20a (Hu= 11,95 m)	FINAL DE LÍNEA CONVERSIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO	Normal

La aplicación de las siguientes fórmulas da lugar a la tabla de cálculo de apoyos, respetándose los coeficientes de seguridad reglamentados.

En los vanos que deban ser considerados de seguridad reforzada, según lo prescrito en el apartado 5.3 de la ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25% superiores a los establecidos para la línea en los apartados 3.5 y 3.6 de la citada Instrucción Técnica Complementaria.

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 103/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 104/171

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad 120 km/h.	No aplica	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad 120 km/h.
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad 140 km/h sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo 3.1.4.4)		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4)
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad de 120 km/h y a la temperatura de -5 ºC.				

V = Esfuerzo vertical L = Esfuerzo longitudinal T = Esfuerzo transversal

3.3 CÁLCULO DE ESFUERZOS

3.3.1 Apoyos de Fin de Línea

Zona A

Cargas	1ª Hipótesis (viento)	3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura de conductores)
V (Vertical)	$P_{cond} + P_{cadena} + P_{herrajes}$	$No\ aplica$	$P_{cond} + P_{cadena} + P_{herrajes}$
T (Transversal)	$n \cdot F_T$	$No\ aplica$	0

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 105/171

L (longitudinal)	$n \cdot T_V$	*No aplica*	$n \cdot T_V$

$n = número\ de\ subconductores\ del\ haz$

$T_v = tension\ horizontal\ en\ el\ conductor\ a - 5ªC\ con\ viento\ reglamentario, 120\frac{km}{h}\ (1ª, 2ª\ y\ 3ª\ categoria),$

$Nota: Se\ ha\ considerado\ T_{v1} > T_{v2}$

$$P_{cond} = n \cdot p_{cond}\left[\frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \frac{d_1}{a_1}\right]\ (daN)$$

$$F_T = q \cdot \phi \cdot 10^{-3}\frac{a_1}{2}\ (daN)$$

$$q = presión\ de\ viento\ reglamentaria\ sobre\ conductores$$

3.3.1.1 1ª HIPÓTESIS (CARGAS PERMANENTES)

Los esfuerzos útiles de los apoyos en esta hipótesis (Esf. Resist.), son coincidentes con un viento de 120 km/h sobre el apoyo, con un coeficiente de seguridad incluido de valor 1,5.

ESFUERZO VERTICAL

Las cargas verticales que deberá soportar el apoyo será la suma de las siguientes cargas:

1- Peso de los herrajes y elementos adicionales $P_{herrajes} = n \cdot P_{unitario\_herrajes}$

2- Peso de la cadena de aisladores $P_{cadena} = n \cdot P_{unitario\_cadena}$

3- Peso de la cruceta $P_{cruceta}$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 106/171

4- Peso del conductor (según teoría del gravivano) Zona A: $P_{cond} = n_{cond} \cdot p_{cond} \left[\left(\frac{a_1+a_2}{2} \right) + \frac{T_v}{p_{aparente\_viento}} \left(\frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] (daN)$

ESFUERZO TRANSVERSAL

El esfuerzo que deberá soportar el apoyo en sentido transversal a la línea, por cada punto de fijación de los conductores, será:

$$F_T = n_{cond} \cdot P_v \cdot d \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Este esfuerzo transversal debido al viento sobre los conductores está aplicado en el punto de fijación de cada conductor.

El viento sobre el apoyo será:

$$F_{T\_apoyo} = P_v \cdot A_{perp}$$

ESFUERZO LONGITUDINAL

No aplica. Con cadenas de suspensión no se transmiten esfuerzos longitudinales al apoyo

3.3.1.2 3ª HIPÓTESIS (DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES):

Los esfuerzos útiles horizontales de los apoyos en esta hipótesis (Esf. Resist.), llevan un coeficiente de seguridad incluido de valor 1,2.

ESFUERZO VERTICAL

Las cargas verticales serán igual que en la segunda hipótesis.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJ5FTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 107/171

ESFUERZO TRANSVERSAL

En esta hipótesis no se producen esfuerzos transversales para este tipo de apoyos.

ESFUERZO LONGITUDINAL

Para líneas de tensión igual o inferior a 66kV se considera un esfuerzo longitudinal equivalente al 8% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cable de tierra. Este esfuerzo se considera distribuido en el eje del apoyo a la altura de los de fijación de los conductores y cable de tierra.

$$F_L = n_{cond} \cdot T_h \cdot \frac{8}{100}\ daN\ para\ U_n \leq 66kV$$

3.3.1.3 4ª HIPÓTESIS (CARGA DE ROTURA):

Los esfuerzos útiles horizontales de los apoyos en esta hipótesis (Esf. Resist.), llevan un coeficiente de seguridad incluido de valor 1,2.

ESFUERZO VERTICAL

Las cargas verticales serán igual que en la segunda hipótesis.

ESFUERZO TRANSVERSAL

En esta hipótesis no se producen esfuerzos transversales para este tipo de apoyos.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJSFTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 108/171

ESFUERZO LONGITUDINAL

En este tipo de apoyos se considerará un esfuerzo unilateral, correspondiente a la rotura de un solo conductor o cable de tierra, ap aplicado en el punto que se produzca la solicitación más desfavorable para cualquier elemento de apoyo, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que aquel esfuerzo sea excéntrico.

$$F_L = T_h \cdot \frac{50}{100}\ daN\ para\ lineas\ simplex\ o\ duplex$$

En las siguientes tablas, una por cada una de las hipótesis reglamentarias evaluadas, se indican los esfuerzos solicitados por los conductores y el cable de tierra a las crucetas y cúpula del nuevo apoyo a instalar.

Los apoyos se han seleccionado comprobando que los coeficientes de seguridad cumplan con los mínimos establecidos en el RLAT para cada una de las hipótesis de carga.

Se presenta a continuación para cada hipótesis de carga, los esfuerzos (L, T, V, en daN) para las fases y cable de tierra:

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 109/171

1ª HIPÓTESIS (daN)

Nº APOYO	FUNCIÓN	APOYO	SEGURIDAD	ÁNGULO	FASE CONDUCTOR			FASE CT		
					L	T	V	L	T	V
6N	Fin de línea	ALISIO-30-14-TH20a	N	200	450	50	30	200	13	10

4ª HIPÓTESIS (daN)

Nº APOYO	FUNCIÓN	APOYO	SEGURIDAD	ÁNGULO	CUARTA HIPÓTESIS FASE ROTA(daN)								
					L cond. roto	T cond. Roto	V cond. Roto	L cond.	T cond.	V cond.	L CT	T CT	V CT
6N	Fin de línea	ALISIO-30-14-TH20a	N	200	0	0	0	450	0	30	200	0	10

Nº APOYO	FUNCIÓN	APOYO	SEGURIDAD	ANGULO	CUARTA HIPÓTESIS TIERRA ROTO (daN)					
					L cond.	T cond.	V cond.	L CT roto	T CT roto	V CT roto
6N	Fin de línea	ALISIO-30-14-TH20a	N	200	450	0	30	0	0	0

Nota:

- Los valores de los esfuerzos solicitantes indicados son nominales (daN)

Estas hipótesis están muy por debajo de los esfuerzos máximos admisibles que podría soportar la torre seleccionada y que se muestran a continuación:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 110/171

Hipótesis	ALISIO							
	20	25	30	35	40	45	55	60
1	1950	2880	3360	3540	4180	4610	5370	6210
2a	2480	3300	3870	4020	4780	5310	5910	6910
2b	2350	3180	3730	3900	4620	5170	5780	6750
3	3180	4230	4940	5130	6060	6670	7440	8520
4a	1600	2110	2110	2110	2110	2110	2610	2610
4b	1970	2720	2720	2720	2720	2710	4320	4320
C. vertical por fase hipótesis 1	900	900						
C. vertical por fase resto hipótesis	900	1100						

-1.- Esfuerzo horizontal máximo (daN) que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, con un viento de 120Km/h y coeficiente de seguridad 1,5.

-2a.- Esfuerzo horizontal máximo (daN) que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, sin viento y coeficiente de seguridad 1,5.

-2b.- Esfuerzo horizontal máximo (daN) que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, con un viento de 60Km/h y coeficiente de seguridad 1,5.

-3.- Esfuerzo horizontal máximo (daN) que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

-4a.- Esfuerzo máximo (daN) por rotura de conductor, con un brazo de 2.1m de longitud con respecto al eje del fuste, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

-4b.- Esfuerzo máximo (daN) por rotura de hilo de " erra, aplicado en una cúpula de 2,9m sobre una cabeza de 4m de longitud, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

.

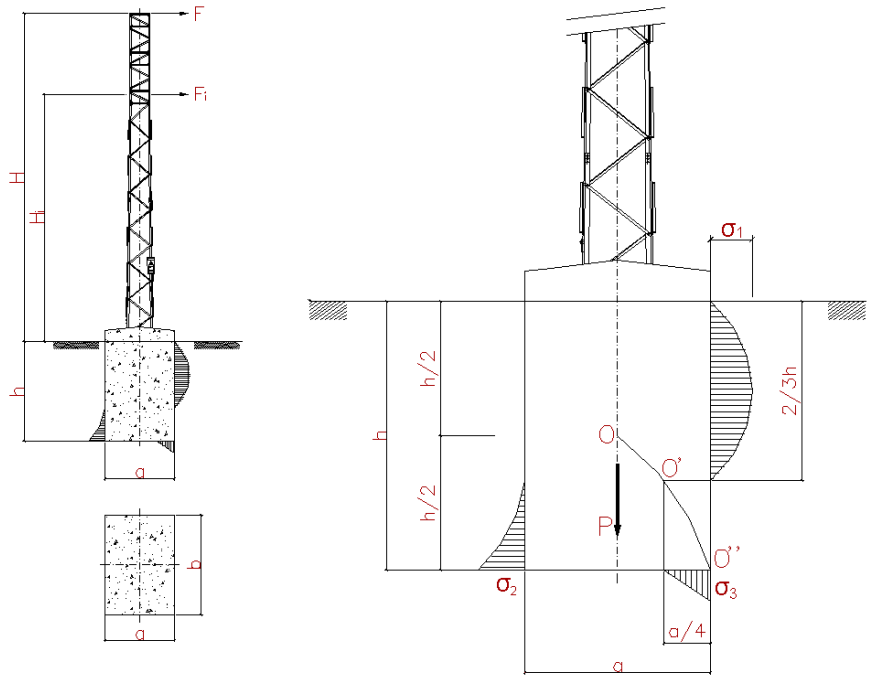
3.4 CÁLCULO DE CIMENTACIONES

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en el Código Estructural (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio de 2021).

3.4.1 Cimentación tipo monobloque

La cimentación de los apoyos tipo monobloque será prismática de sección cuadrada. Su estabilidad, que está fundamentalmente confiada a la reacciones horizontales del terreno, se ha calculado por el fabricante de los apoyos mediante la fórmula de Sulzberger internacionalmente aceptada, de manera que la tangente del ángulo de giro de la cimentación necesario para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno sea inferior a 0,01, según todo lo que al respecto se especifica en el apartado 3.6 de la ITC-07 del R.L.A.T.

El método de Sulzberger se basa en aceptar que el centro de giro de la cimentación está, para terrenos medios de tipo plástico y elástico, a un tercio de la profundidad y a un cuarto de la base, según indica la figura.



Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 111/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Para otros tipos de terreno el centro de giro O' varía entre el punto O en el eje de la cimentación, para terrenos muy blandos, y el punto O" en el borde de ésta, para terrenos muy duros, tipo roca.

El momento exterior de vuelco para un esfuerzo exterior "F" en punta y otros esfuerzos "F_i" repartidos a lo largo del apoyo es:

$$M_v = F \cdot \left(H + \frac{2}{3} \cdot h\right) + \sum F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot h\right)$$

El momento estabilizador de vuelco que equilibra el momento exterior es el resultante de las fatigas que aporta la resistencia del terreno, y que se han indicado en la figura anterior, y el peso propio del bloque.

Según los estudios de la fórmula de Sulzberger el momento estabilizador tiene la expresión:

$$M_e = M_{eh} + M_{ev} = \frac{b \cdot h^3}{36} \cdot C_h \cdot tg\alpha + P \cdot a \cdot \left(0{,}5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^2 \cdot b \cdot C_k \cdot tg\alpha}}\right) \ [daN \cdot m]$$

Siendo:

M_e: Momento estabilizador (daN·m)

M_{eh}: Momento estabilizador debido a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes del macizo de la cimentación (daN·m)

M_{ev}: Momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno sobre el fondo de macizo de la cimentación (daN·m)

C_h: Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales del macizo a "h" metros de profundidad (daN/m^3)

C_k: Coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo de la excavación (daN/m^3)

tgα: Tangente del máximo ángulo de rotación admisible (tgα=0,01º - α=34' 22'')

a: Anchura del macizo en la dirección longitudinal de los esfuerzos F (m)

b: Anchura del macizo en la dirección transversal de los esfuerzos F (m)

h: Profundidad del macizo.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 112/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

P: Peso propio del apoyo, del macizo del hormigón y esfuerzo vertical de los conductores (daN)

Sus dimensiones son aquellas que marca el fabricante para un coeficiente de compresibilidad del terreno K=10 daN/cm^3. Los valores de los coeficientes de compresibilidad (K) se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión. En caso de tener un terreno con coeficiente de compresibilidad inferior al indicado por el fabricante se deberá proceder a su validación.

La cimentación está representada en el documento PLANOS.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 113/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

4 COMPROBACIÓN DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD

4.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO

La altura mínima de los conductores al terreno, estando aquellos en su posición de máxima flecha vertical, ha de ser la que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$H = D_{add} + D_{el} = 5{,}3 + D_{el} \text{ metros, con un mínimo de 6 metros}$$

El valor de D_{el} viene definido en el apartado 5.2. de la ITC-LAT 07, en función de la tensión más elevada de la línea, resultando:

$$H = D_{add} + D_{el} = 5{,}3 + 0{,}7 = 6{,}00 \text{ m}$$

Se adoptará un mínimo de 7 metros según lo indicado en la norma LRZ001 de E-Distribución (Criterios de Diseño de Líneas Aéreas de Alta Tensión").

La flecha máxima se obtendrá en las hipótesis de 75ºC sin sobrecargas ó de 0ºC con sobrecarga de hielo, según se refleja en la tabla de cálculo mecánico de conductores.

4.2 DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES

La distancia mínima reglamentaria entre conductores se determina según la fórmula del apartado 5.4.1. de la ITC-LAT 07:

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

Dónde:

D = Separación entre conductores (m).

F = Flecha máxima en metros, según apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.

L = Longitud en metros de la cadena de suspensión.

D_{pp} =Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de D_{pp} se indican en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07, en función de la tensión más elevada de la línea.

K´ = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea (K´=0,75).

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 114/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, se tomará de la siguiente tabla:

Ángulo de oscilación $\alpha = arctg \frac{sobrecarga\ viento}{peso}$	**Valores de K (Líneas de tensión nominal superior a 30 kV)**
Superior a 65º	0,7
Comprendido entre 40º y 65º	0,65
Inferior a 40º	0,6

Según lo anteriormente expuesto, a continuación, se indican los valores de K para cada una de las hipótesis de flecha máxima indicadas en el apartado 3.2.3 de la ITC 07 aplicables a la línea en proyecto:

Hipótesis 15ºC+Viento 120km/h: $\alpha = arctg \frac{S_v}{p} = 37{,}2° \quad K = 0{,}6$

Hipótesis 75ºC sin sobrecargas: $\alpha = arctg \frac{S_v}{p} = 49{,}5° \quad K = 0{,}65$

En la siguiente tabla se muestran las separaciones entre conductores necesarias para cada apoyo de la línea en proyecto, comprobándose que no superan la separación dada por el armado elegido.

Vano	**Distancia entre conductores ITC-LAT 07 ap. 5.4.1 (m)**	**Distancia Real (m)**
5-6N	1,23	2,00

4.3 DISTANCIAS DE LOS CONDUCTORES A LOS APOYOS

En el apartado 5.4.2. de la ITC-LAT 07 se establece que la separación mínima entre conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_{el} con un mínimo de 0,2 metros.

D_{el} se obtiene de la tabla 15 del apartado 5.3 de la ITC-LAT 07, resultando para una tensión de línea de 66 kV, un valor D_{el} = 0,70 m.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 115/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

4.4 DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES Y CABLE DE TIERRA

Respecto a la protección contra descargas atmosféricas (rayos) mediante el empleo de cable de tierra dispuesto en cúpula de apoyos por encima de los conductores, el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión recomienda en su apartado 2.1.7. de la ITC-LAT 07 que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y cualquier conductor de fase, no exceda de 35 grados.

En la línea en proyecto se plantea la siguiente disposición de armado:

- Armados con cadenas de amarre.

  Longitud cúpula: 2,90 m.

  Longitud cruceta: 2,00 m.

$$\alpha = arctg\frac{long\ cruceta}{Long\ cúpula} = arctg\frac{2{,}00}{2{,}90} = 34{,}59º < 35°$$

Por tanto, el apoyo cumple con el ángulo máximo exigido.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 116/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 202499011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANEXO 3. CÁLCULO LÍNEA SUBTERRÁNEA

MANUEL ALONSO PANTOJA		22/10/2024 12:59	PÁGINA 117/171
VERIFICACIÓN	CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP	https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

ANEXO 3

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS SUBTERRÁNEOS

ÍNDICE DOCUMENTO Nº1 - MEMORIA

1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DEL CABLE SUBTERRÁNEO 2
1.1 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN SERVICIO 2
1.1.1 Intensidad Admisible 2
1.1.2 Resistencia del conductor en corriente alterna 4
1.1.3 Pérdidas dieléctricas 6
1.1.4 Factor de pérdidas en la pantalla 6
1.1.4.1 Pantallas conectadas en un solo punto (single point) 7
1.1.5 Resistencia térmica entre conductor y la envolvente, T_1 8
1.1.6 Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T_2 8
1.1.7 Resistencia térmica de la cubierta exterior, T_3 8
1.1.8 Resistencia térmica externa, T_4 9
1.1.8.1 Cables instalados en tubular hormigonada 9
1.2 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN CÍCLICO 13
1.2.1 Respuesta transitoria de la temperatura 13
1.2.2 Capacidades de transporte en régimen cíclico 20
1.3 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR 24
1.3.1 Cálculo de la intensidad de cortocircuito adiabático 24
1.3.2 Cálculo del factor no adiabático 25
1.4 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA 26
1.5 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN 27
1.6 PÉRDIDA DE POTENCIA 27
1.7 RESULTADOS 29
1.7.1 CANALIZACIÓN SC ENTUBADA HORMIGONADA CABLE 1000 mm² 30
1.8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD 50
2 CÁLCULOS MECÁNICOS 52
2.1 CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DE TENDIDO DEL CABLE SUBTERRÁNEO 52

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 119/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DEL CABLE SUBTERRÁNEO

Los datos y cálculos eléctricos que se exponen en los siguientes apartados han sido determinados para las zanjas descritas en la memoria (punto 7.3.1), y suponiendo los siguientes parámetros de utilización:

- Tensión de servicio (kV): 66
- Frecuencia de la red (Hz): 50
- Resistividad del hormigón (K·m/W): 0,85
- Temperatura de servicio del conductor (ºC): 90
- Temperatura de servicio de la pantalla (ºC): 80
- Temperatura final del conductor en el c.c. (ºC): 250
- Temperatura final de la pantalla en el c.c. (ºC): 210
- Duración del cortocircuito en la pantalla (s): 0,5
- Temperatura del terreno (ºC): 25
- Resistividad del terreno ºK·m/W: 1

1.1 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN SERVICIO

El cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio se realiza según la norma UNE 21-144, “Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente”.

A continuación de detalla la formulación, que se ha de particularizar para los datos concretos de la línea indicados en el punto 5.2. En estos apartados, se da unos detalles de aplicación en la mayoría de los casos, pero si es necesario más detalle, hay que recurrir a la norma anteriormente citada.

1.1.1 Intensidad Admisible

La intensidad admisible en un cable para corriente alterna puede deducirse de la expresión que da el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente. En este

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 120/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

caso hemos considerado que la desecación del suelo no existe, ya que se prevé rellenar los cables con un relleno de resistividad térmica controlada.

$$\Delta\theta = \left(I^2 R + \frac{1}{2} W_d \right) T_1 + \left[I^2 R (1 + \lambda_1) + W_d \right] n T_2 + \left[I^2 R (1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d \right] n (T_3 + T_4)$$

donde:

I: es la intensidad de la corriente que circula en un conductor (A);

$\Delta\theta$: es el calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente (K);

R: es la resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m);

W_d: son las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor (W/m)

T_1: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente (K·m/W);

T_2: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del relleno de asiento entre la envolvente y la armadura (K·m/W). En nuestro caso, al ser un cable no armado el valor de esta unidad es 0;

T_3: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K·m/W);

T_4: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K·m/W);

n: es el número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga);

λ_1: es la relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;

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

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 121/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

La intensidad de corriente admisible se obtiene de la fórmula anterior como se indica seguidamente:

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - W_d \left[0{,}5T_1 + n\left(T_2 + T_3 + T_4\right) \right]}{RT_1 + nR\left(1 + \lambda_1\right)T_2 + nR\left(1 + \lambda_1 + \lambda_2\right)\left(T_3 + T_4\right)} \right)^{0{,}5}$$

1.1.2 Resistencia del conductor en corriente alterna

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima de servicio, viene dada por la fórmula siguiente:

$$R = R' \cdot \left(1 + \gamma_s + \gamma_p\right)$$

donde

R: es la resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m).

R': es la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m).

γs: es el factor pelicular;

γp: es el factor de efecto proximidad;

a) La resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, θ, viene dada por:

$$R' = R_0 \cdot \left[1 + \alpha_{20} \cdot \left(\theta - 20\right)\right]$$

donde

R_0: es la resistencia del conductor con corriente continua a 20ºC

α_{20}: es el coeficiente de variación a 20ºC de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin.

Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 4,03 x 10-3.

Para conductores de cobre se utilizará el valor de 3,93 x 10-3.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 122/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

θ: es la temperatura máxima de servicio en grados Celsius para el cable. Se tomarán como temperaturas máximas de servicio los valores de 90ºC para el conductor y 80ºC para la pantalla.

b) El factor de efecto pelicular γ_s viene dado por:

$$\gamma_s = \frac{\chi_s^4}{192 + 0{,}8\chi_s^4}$$

donde

$$\chi_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-7} \kappa_s$$

f: es la frecuencia de la corriente de alimentación, en hercios (50 Hz);

κs: es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

c) El factor de efecto proximidad γ_p, viene dado por:

$$\gamma_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0{,}8\chi_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 \cdot \left[0{,}312 \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1{,}18}{\frac{\chi_p^4}{192 + 0{,}8\chi_p^4} + 0{,}27}\right]$$

donde

$$\chi_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R} \cdot 10^{-7} \kappa_p$$

dc: es el diámetro del conductor;

s: es la distancia entre ejes de los conductores.

κp: es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

La resistencia de la pantalla en corriente alterna, se calculará igual que para el conductor, pero con la salvedad de que d_c será el diámetro medio de la pantalla. La distancia entre ejes de los conductores será la misma que en el apartado anterior.

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 123/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1.1.3 Pérdidas dieléctricas

Al ser un cable de corriente alterna, se han de calcular las pérdidas dieléctricas. Las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud y en cada fase, vienen dadas por:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot U_o^2 \cdot tg\delta \text{ (W/m)}$$

donde

ω: es 2 π f

C: es la capacidad por unidad de longitud (F/m);

U0: es la tensión con relación a tierra

tgδ: es el factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio. Se tomará el valor de 0,001

La capacidad para los conductores de sección circular viene dada por:

$$C = \frac{\varepsilon}{18 \cdot \ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)} 10^{-9} \text{ (F/m)}$$

donde

ε: es la permitividad relativa del material aislante. Se tomará el valor de 2,5

Di: es el diámetro exterior del aislamiento (con exclusión de la pantalla semiconductora) ;

dc: es el diámetro del conductor, incluida la pantalla semiconductora.

1.1.4 Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas originadas en las pantallas (λ_1) son debidas a las corrientes de circulación (λ_1') y a las corrientes de Foucault (λ_1'').

Así:

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

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 124/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

1.1.4.1 PANTALLAS CONECTADAS EN UN SOLO PUNTO (SINGLE POINT)

Para cables con pantallas en cortocircuito en un solo punto o permutadas; las pérdidas por corrientes de circulación son nulas, con lo que:

$$\lambda_1 = \lambda_1''$$

El factor de pérdidas por corrientes de Foucault viene dado por:

$$\lambda_1'' = \frac{R_S}{R}\left(g_S \cdot \lambda_0 \cdot (1 + \Delta_1 + \Delta_2) + \frac{(\beta_1 \cdot t_S)^4}{12 \cdot 10^{12}} \right)$$

donde

$$g_S = 1 + \left(\frac{t_S}{D_S} \right)^{1,74} \cdot (\beta_1 \cdot D_S \cdot 10^{-3} - 1,6)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot \omega}{10^7 \rho_S}}$$

ρs: es la resistividad eléctrica del material de la pantalla metálica a la temperatura de servicio (Ω m). En nuestro caso 1,7241 x 10-8

Ds: es el diámetro exterior de la pantalla metálica del cable;

ts: es el espesor de la pantalla metálica (mm);

ω: es 2 π f

Rs: es la resistencia de la pantalla, por unidad de longitud, a la temperatura máxima de servicio (Ω/m);

Las fórmulas para λ_0, Δ_1 y Δ_2 son:

En las cuales $m = \frac{\omega}{R_S} \cdot 10^{-7}$, para $m \leq 0,1$ Δ_1 y Δ_2 pueden despreciarse

Tres cables unipolares en tresbolillo:

$$\lambda_0 = 3\left(\frac{m^2}{1 + m^2} \right) \cdot \left(\frac{d}{2s} \right)^2$$

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 125/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

$$\Delta_1 = \left(1{,}14 \cdot m^{2{,}45} + 0{,}33\right) \cdot \left(\frac{d}{2s}\right)^{(0{,}92m+1{,}66)}$$

$$\Delta_2 = 0$$

1.1.5 Resistencia térmica entre conductor y la envolvente, T_1

La resistencia térmica entre el conductor y la envolvente está dada por:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_1}{d_c}\right)$$

donde

ρ_T: es la resistividad térmica correspondiente al aislamiento. En nuestro caso su valor es 3,5 K·m/W)

d_c: es el diámetro del conductor sin considerar las pantallas semiconductoras (mm);

t_1: es el espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras (mm);

1.1.6 Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T_2

En nuestro caso, al ser un cable no armado, el valor de T_2 =0.

1.1.7 Resistencia térmica de la cubierta exterior, T_3

La resistencia térmica de las cubiertas exteriores T_3 está dada por:

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{D'_a}\right)$$

donde

t_3: es el espesor de la cubierta (mm);

D'_a: es el diámetro exterior de la pantalla ubicada inmediatamente debajo (mm);

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 126/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1.1.8 Resistencia térmica externa, T_4

1.1.8.1 CABLES INSTALADOS EN TUBULAR HORMIGONADA

En estos casos, La resistencia térmica externa de un cable colocado en un tubo, comprende tres partes:

i. La resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto T'_4.
ii. La resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto T''_4.
iii. La resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente T'''_4.

El valor de T_4 que debe figurar en la ecuación que da la intensidad admisible, será la suma de estos tres términos:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

Resistencia térmica entre el cable y el conducto o tubo (T'_4)

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0{,}1 \cdot (V + Y\theta_m) \cdot D_e}$$

donde

U, V e Y: son las constantes, dependiendo de los tipos de instalación y cuyos valores se tomarán como U = 5,2; V = 1,1; y Y = 0,011.

De: es el diámetro exterior del cable (mm);

θm: es la temperatura media del medio que rellena el espacio entre el cable y el tubo. Se elige un valor estimado inicial y se repite el cálculo con un valor corregido, si ello fuera necesario (ºC). Como una aproximación se puede tomar el valor de 65ºC.

Resistencia térmica propia del conducto o tubo (T''_4). La resistencia térmica a través de la pared de un conducto deberá calcularse por la fórmula:

$$T''_4 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \rho_T \ln \frac{D_o}{D_d}$$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 127/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

donde

Do: es el diámetro exterior del conducto (mm);

Dd: es el diámetro interior del conducto (mm);

ρT: es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto (K·m/W). Se tomará el valor de 3,5.

Resistencia térmica externa al conducto o tubo (T''_4). En el caso de cables idénticos igualmente cargados, la intensidad de corriente admisible se determinará por la del cable más caliente.

Es posible generalmente, de acuerdo con la configuración de la instalación, determinar este cable y así no tener que realizar el cálculo más que para éste.

En los casos en que ello sea más difícil, puede ser necesario un cálculo posterior para otro cable del grupo. El método consiste en utilizar un valor corregido de T_4 que tenga en cuenta el calentamiento mutuo de los cables del grupo. El valor corregido de la resistencia térmica, para el cable de la posición *p* viene dado por (el número total de cables es *q*):

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

Hay que tener en cuenta que hay (q-1) términos, excluido el término (d'_{pp}/d_{pp}). Siendo las distancias d_{pk} las indicadas en la Figura 1.

Donde:

ρT: es la resistividad térmica del suelo. Se tomará un valor de 1 K·m/W;

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

L: es la distancia de la superficie del suelo al eje del cable (mm);

De: es el diámetro exterior de la tubular (mm).

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 128/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

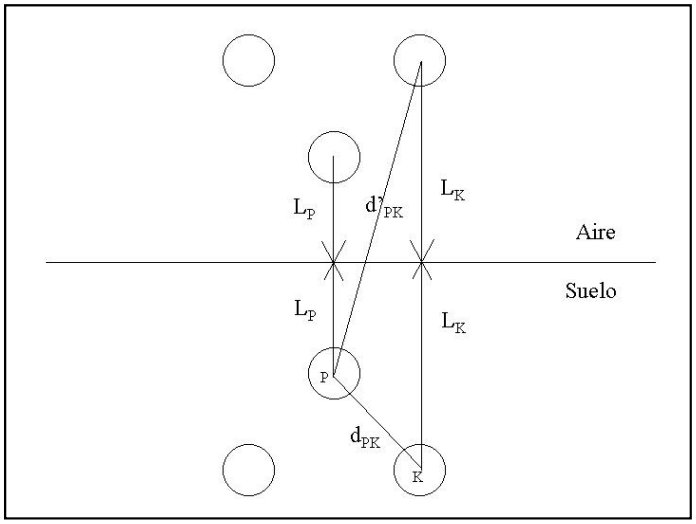


Figura 1: Diagrama que muestra un grupo de cables y sus imágenes con relación a la superficie aire-suelo.

Si los cables están desigualmente cargados, se deberá calcular la elevación de temperatura en el cable considerado y debida a los demás cables del grupo, y restar esta elevación del valor $\Delta\theta$ utilizado en la ecuación para la intensidad de corriente admisible nominal de apartado. Es preciso, por tanto estimar de antemano la potencia disipada por unidad de longitud en cada cable, a expensas de corregir estos valores posteriormente si ello se hace necesario.

Así, para el cable situado en la posición *p*, para el que quiere determinarse la carga admisible, el calentamiento $\Delta\theta_p$ (por encima de la temperatura ambiente), debido a la potencia disipada por los *(q-1)* cables restantes del grupo, está dada por:

$$\Delta\theta_p = \Delta\theta_{1p} + \Delta\theta_{2p} + ..\Delta\theta_{kp} + ..\Delta\theta_{qp}$$

(estando excluido de la suma el término $\Delta\theta_{pp}$)

donde

$\Delta\theta kp$: es el calentamiento producido en la superficie del cable por la potencia Wk vatios, por unidad de longitud, disipada por el cable k, es decir:

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 129/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

$$\Delta\theta_{kp} = \frac{1}{2\cdot\pi}\rho_T \cdot W_k \cdot \ln\left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}}\right)$$

Las distancias d_{pk} y d'_{pk} están medidas, respectivamente, desde el centro del cable en la posición *p* hasta el centro del cable en la posición *k* y hasta el centro de un imaginario cable *k* con relación a la superficie del suelo

El valor de $\Delta\theta$, que figura en la ecuación de la intensidad de la corriente admisible del apartado anterior, se reduce entonces en la magnitud $\Delta\theta_p$ y la carga del cable en la posición *p* se determina utilizando para T_4 un valor que corresponda a un cable que estuviese sólo en la posición *p*. Este cálculo se ha de efectuar para todos los cables del grupo y se debe repetir cuando sea necesario para evitar la posibilidad de un calentamiento excesivo en cualquiera de los otros cables.

Al estar los tubos embebidos en hormigón, se admitirá para el cálculo de la resistencia térmica, que el medio que rodea al conducto es homogéneo y que su resistividad térmica es igual a la del hormigón. Se añade entonces algebraicamente una corrección en la fórmula anterior (o bien para cables idénticos igualmente cargados, o bien para cables desigualmente cargados), para tener en cuenta la eventual diferencia entre la resistividad térmica del hormigón y la del suelo, para aquella parte del circuito térmico exterior al bloque de conductos.

La corrección de la resistencia térmica viene dada por:

$$\frac{N}{2\cdot\pi}(\rho_e - \rho_c)\ln\left(u + \sqrt{u^2 - 1}\right)$$

N: es el número de cables con carga en el bloque de conductos;

ρ_e: es la resistividad térmica del suelo que rodea al bloque de conductos. Se tomará el valor de 1 K·m/W

ρ_c es la resistividad térmica del hormigón. Se tomará el valor de 0,8 K·m/W

$$u = \frac{L_G}{r_b}$$

L_G es la profundidad de colocación, respecto al centro del bloque de conductos (mm)

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 130/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

r_b es el radio equivalente del bloque de hormigón (mm), dado por:

$$\ln r_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{x}{y} \cdot \left(\frac{4}{\pi} - \frac{x}{y} \right) \cdot \ln\left(1 + \frac{y^2}{x^2} \right) + \ln \frac{x}{2}$$

Las magnitudes de *x* e *y* son respectivamente la menor y la mayor de las dimensiones del bloque de conductos, independientemente de su posición, en milímetros.

Esta fórmula sólo es aplicable cuando y/x es inferior a 3.

Esta corrección se añadirá al valor de T_4 previamente calculado.

1.2 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN RÉGIMEN CÍCLICO

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen cíclico se realizará según la norma UNE 21-191, “Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de carga cíclicos y sobrecarga de emergencia”. En este anexo se detallan las fórmulas y el método a utilizar

En el apartado 1.1 se exponen las fórmulas de base utilizadas en los cálculos del presente apartado.

1.2.1 Respuesta transitoria de la temperatura

La respuesta transitoria de la temperatura de un cable a un nivel de intensidad que circula dentro de su conductor depende de la combinación de las capacidades térmicas y de las resistencias térmicas de las partes constitutivas del mismo cable y de su entorno.

El método de cálculo de la respuesta de la temperatura de un cable a la aplicación brusca de un valor constante de la intensidad en el conductor consiste en considerar que el conjunto del circuito térmico es divisible en dos partes independientes. La primera parte comprende los constituyentes del cable situados en el interior de su superficie externa, la segunda parte es el entorno del cable. Las respuestas individuales de estas dos partes constituyen los regímenes transitorios parciales, a partir de los cuales se puede reconstruir el régimen transitorio del sistema completo.

Se considerarán los cálculos de respuestas transitorias parciales para largos períodos, entendiendo por largos períodos los períodos $> \frac{1}{3} T \cdot Q$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 131/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Donde:

T : es la resistencia térmica total de un cable entre el conductor y la superficie exterior.

Q : es la capacidad térmica total de un cable.

Las fórmulas descritas aquí son adecuadas para períodos superiores a 1h.

Representación del aislamiento

El aislamiento se representa por constantes térmicas localizadas. La capacidad térmica total del aislamiento Q_i se reparte entre el conductor y la cubierta, de modo que el calor total almacenado en el aislamiento no se altere.

El aislamiento se representa por medio de los elementos indicados con trazo recto en la Figura 2, donde:

$$p = \frac{1}{2 \cdot \ln\left(\frac{D_i}{d_C}\right)} - \frac{1}{\left(\frac{D_i}{d_C}\right)^2 - 1}$$

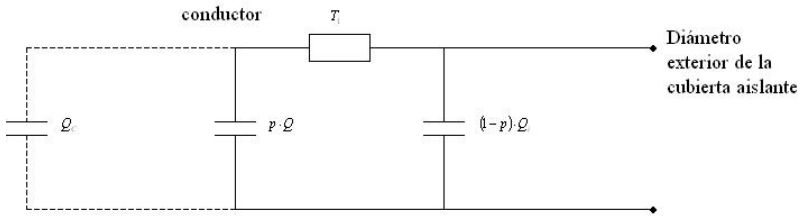
T_1 : es la resistencia térmica total del aislamiento por conductor;

Q_i: es la capacidad térmica total del aislamiento por conductor;

Q_C: es la capacidad térmica total del aislamiento por conductor;

D_i: es el diámetro exterior del aislamiento, incluyendo las capas semiconductoras;

d_C: es el diámetro exterior del conductor.



Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 132/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Figura 2: Representación del aislante para los períodos superiores a $\frac{1}{3}T \cdot Q$

Representación del cable

La primera parte del circuito térmico que simula al cable se representa por una red de dos células (ver Figura 3). La primera célula comprende la capacidad térmica del conductor y la parte interior del aislamiento con la resistencia térmica del mismo, mientras que la segunda célula comprende la capacidad térmica y la resistencia térmica del resto del cable.

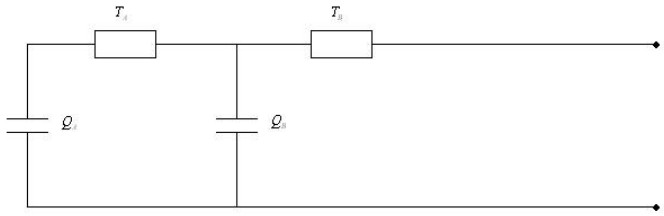


Figura 3: Red equivalente al cable para los cálculos de la respuesta transitoria

Las fórmulas aplicables en el caso de cables dentro de tubular son las siguientes:

$$T_A = T_1$$

$$T_B = q_S \cdot \left(T_3 + T_4^{'} + T_4^{''}\right)$$

$$Q_A = Q_C + p \cdot Q_i$$

$$Q_B = (1-p) \cdot Q_i + \frac{Q_S + Q_j + 0{,}5 \cdot Q_d}{q_S}$$

$$q_S = \left(\frac{Pérdidas \cdot en(conductor + cubierta)}{Pérdidas \cdot en \cdot el \cdot conductor}\right)$$

T_3: es la resistencia térmica de la cubierta en el tubo;

$T_4^{'}$: es la resistencia térmica del espacio de aire en l tubo;

$T_4^{''}$: es la resistencia térmica del tubo;

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 133/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Q_s: es la capacidad térmica de la cubierta;

Q_j: es la capacidad térmica de la cubierta exterior;

Q_d: es la capacidad térmica del tubo;

Respuesta transitoria parcial del cable

La respuesta transitoria de un circuito de cable a nivel de intensidad de carga, considerada aisladamente, es decir con la pareja de terminales de la derecha de la figura 3 puesta en cortocircuito se obtiene del modo siguiente:

$$M_O = \frac{1}{2} \cdot (Q_A \{T_A + T_B\} + Q_B \cdot T_B)$$

$$N_O = Q_A \cdot T_A \cdot Q_B \cdot T_B$$

$$a = \frac{M_O + \sqrt{M_O^2 - N_O}}{N_O}$$

$$b = \frac{M_O - \sqrt{M_O^2 - N_O}}{N_O}$$

$$T_A = \frac{1}{a-b} \cdot \left[\frac{1}{Q_A} - b(T_A + T_B) \right]$$

$$T_b = T_A + T_B - T_a$$

y el calentamiento transitorio $\theta_C(t)$ del conductor encima de la temperatura de la superficie exterior del cable es:

$$\theta_C(t) = W_C \cdot \left[T_a \cdot \left(1 - e^{-at}\right) + T_b \cdot \left(1 - e^{-bt}\right) \right]$$

donde:

W_C: representa las pérdidas lineales en un conductor calculadas a la temperatura máxima alcanzada por el conductor. Se suponen estas pérdidas constantes durante el régimen transitorio.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 134/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

El factor de aproximación $a(t)$ relativo al calentamiento del conductor con relación a la superficie exterior del cable viene dado entonces por:

$$a(t) = \frac{\theta_C(t)}{[W_C \cdot (T_A + T_B)]}$$

Respuesta transitoria parcial del entorno del cable

El entorno del cable constituye la segunda parte del circuito térmico. En el caso de un cable enterrado en tubular hormigonada, el calentamiento transitorio $\theta_e(t)$ por encima de la temperatura ambiente, de la superficie exterior del cable más caliente de un grupo de cables igualmente cargados es de:

$$\theta_e(t) = \frac{\rho_T \cdot W_1}{4\pi}\left\{\left[-E_i\left(\frac{-D_e^2}{16 \cdot t \cdot \delta}\right)-\left[-E_i\left(\frac{-L^2}{t \cdot \delta}\right)\right]\right]+\sum_{k=1}^{k=N-1}\left[-E_i\left(\frac{-(d_{pk})^2}{4 \cdot t \cdot \delta}\right)-\left[-E_i\left(\frac{(d'_{pk})^2}{4 \cdot t \cdot \delta}\right)\right]\right]\right\}$$

donde:

W_1 : es la potencia total disipada por efecto Joule, por unidad de longitud de cada cable del grupo;

$-E_i(-x)$: es la función exponencial integral;

$$-E_i(-x) = \frac{1}{xe_x}\left[\frac{x^2 + a_1 x + a_2}{x^2 + b_1 x + b_2}\right]$$

$a_1 = 2{,}3347$ $\quad a_2 = 0{,}2506$

$b_1 = 3{,}3307$ $\quad b_2 = 1{,}6815$

ρ_T: es la resistividad térmica del terreno;

D_e: es el diámetro de la superficie exterior del cable;

δ: es la difusividad térmica del suelo;

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 135/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

t: es el tiempo transcurrido después del momento de la aplicación del calentamiento;

L: es la profundidad de tendido medida en el centro del cable más caliente;

dpk: es la distancia del centro del cable al centro del cable más caliente p;

d'pk: es la distancia de la imagen del centro del cable al centro del cable más caliente p;

N: es el número de cables.

La adición se extiende a todos los cables del grupo, con excepción del cable más caliente.

Respuesta transitoria completa de la temperatura

Después de haber calculado los dos regímenes transitorios parciales y el factor de aproximación relativo al conductor con relación a la superficie del cable, se obtiene el calentamiento total transitorio $\theta(t)$ por encima de la temperatura ambiente:

Cables instalados en tubular hormigonada

$$\theta(t) = \theta_C + a(t) \cdot \theta_e(t)$$

donde:

$\theta(t)$: es el calentamiento transitorio del conductor por encima de la temperatura ambiente;

$\theta_C(t)$: es el calentamiento transitorio del conductor por encima de la temperatura de la superficie del cable;

$\theta_e(t)$: es el calentamiento transitorio de la superficie del cable por encima de la temperatura ambiente a partir de $t = 0$ suponiendo que las pérdidas totales (W_1) procedan de la superficie del cable;

$a(t)$: es el factor de aproximación relativo al calentamiento transitorio del conductor con relación a la superficie exterior del cable.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 136/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Cables instalados en galería

En el caso de cables tendidos en galería, no es necesario calcular una respuesta separada para el entorno de los cables. El régimen transitorio completo $\theta(t)$ se obtiene sustituyendo T_B por $(T_B + T_C)$ en los términos de la fórmula de $\theta_C(t)$.

Régimen de emergencia

Se ha de establecer una corrección a la respuesta transitoria de la temperatura para tener en cuenta la variación de las pérdidas en el conductor con la temperatura en régimen de emergencia.

La variación de la resistencia del conductor con la temperatura durante el régimen transitorio tiene por consecuencia una variación de las pérdidas en el conductor en función del tiempo. Teniendo en cuenta la variación de las pérdidas en el conductor con la temperatura, se obtiene el calentamiento corregido:

$$\theta_a(t) = \frac{\theta(t)}{1 + a(\theta(\infty) - \theta(t))}$$

donde:

$\theta(t)$: es el calentamiento transitorio del conductor por encima de la temperatura ambiente sin corrección para la variación de las pérdidas en el conductor, basado en la resistencia del conductor al final del régimen transitorio;

$\theta(\infty)$: es el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente en régimen permanente;

a: es el coeficiente de temperatura de la resistividad eléctrica del material del conductor al comienzo del régimen transitorio;

$$a = \frac{1}{\beta + \theta_i}$$

donde:

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 137/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

β : es la inversa del coeficiente de temperatura a 0ºC;

θ_i : es la temperatura del conductor al comienzo del régimen transitorio;

Régimen transitorio debido a las pérdidas dieléctricas

Hasta ahora se ha supuesto que el calentamiento del conductor debido a pérdidas dieléctricas había alcanzado su condición estacionaria y que podía obtenerse la temperatura total en un momento cualquiera del régimen transitorio mediante simple adición del calentamiento constante debido a las pérdidas dieléctricas y al calentamiento transitorio debido a la intensidad de carga.

Si tienen lugar simultáneamente la aplicación de la intensidad de carga y la tensión de la red, será necesario calcular el calentamiento transitorio adicional debido a las pérdidas dieléctricas.

En los cables normalizados, y para los períodos aquí definidos (> *1/3 T.Q*), basta con admitir que la mitad de las pérdidas dieléctricas se producen en el conductor y la otra mitad en la pantalla sobre aislamiento.

1.2.2 Capacidades de transporte en régimen cíclico

El factor de capacidad de transporte cíclico (*M*) es el factor por el cual se puede multiplicar la intensidad nominal admisible en régimen permanente (factor de carga 100%) para obtener el valor de punta de la intensidad en el curso de un ciclo diario (24h) de manera que en el transcurso de este ciclo, el conductor alcance sin sobrepasarla la temperatura máxima admisible prescrita.

Este factor depende solamente del ciclo de carga diario y es independiente de las amplitudes reales de la intensidad. Este factor para un ciclo de carga de forma conocida es el siguiente:

$$M = \frac{1}{\left[\sum_{i=0}^{5} Y_i \left(\frac{\theta_R(i+1)}{\theta_R(\infty)} - \frac{\theta_R(i)}{\theta_R(\infty)} \right) + \mu \left(1 - \frac{\theta_R(6)}{\theta_R(\infty)} \right) \right]^{1/2}}$$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 138/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

$$\frac{\theta_R(i)}{\theta_R(\infty)} = [1 - k + k \cdot \beta(i)] \cdot a(i)$$

Esta expresión se valora para i= 1, 2, 3, ... 6h

$$\theta_R(0) = 0$$

donde:

$$k = \frac{W_1 \cdot T_4}{W_C(T_A + T_B) + W_1 \cdot T_4}$$

T_4: es la resistencia térmica exterior calculada para los cables en tubos en contacto, según el Anexo C;

W_C: son las pérdidas Joule totales en el cable por unidad de longitud a la temperatura nominal;

W_1: son las pérdidas Joule en un solo tubo por unidad de longitud a la temperatura nominal;

$\beta(i)$: representa el factor de aproximación relativo a la superficie exterior del cable o de la tubular, a saber la relación con el tiempo i y al calentamiento en régimen permanente

$$\beta(t) = \frac{-E_i\left(\frac{D_e^2}{16 \cdot t \cdot \delta}\right) - \left[-E_i\left(-\frac{L^2}{t \cdot \delta}\right)\right]}{2 \cdot \ln\left(\frac{4L}{D_e}\right)}$$

D_e: es el diámetro exterior de la tubular;

t: es 3600 i;

$a(i)$: es el factor de aproximación relativo al calentamiento del conductor en relación con la superficie exterior del cable

$$a(t) = \frac{T_a(1 - e^{-at}) + T_b(1 - e^{-bt})}{T_A + T_B}$$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 139/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

El factor de carga de las pérdidas (μ) del ciclo diario de la intensidad será el siguiente:

$$\mu = \frac{1}{24}\sum_{i=o}^{23} Y_i$$

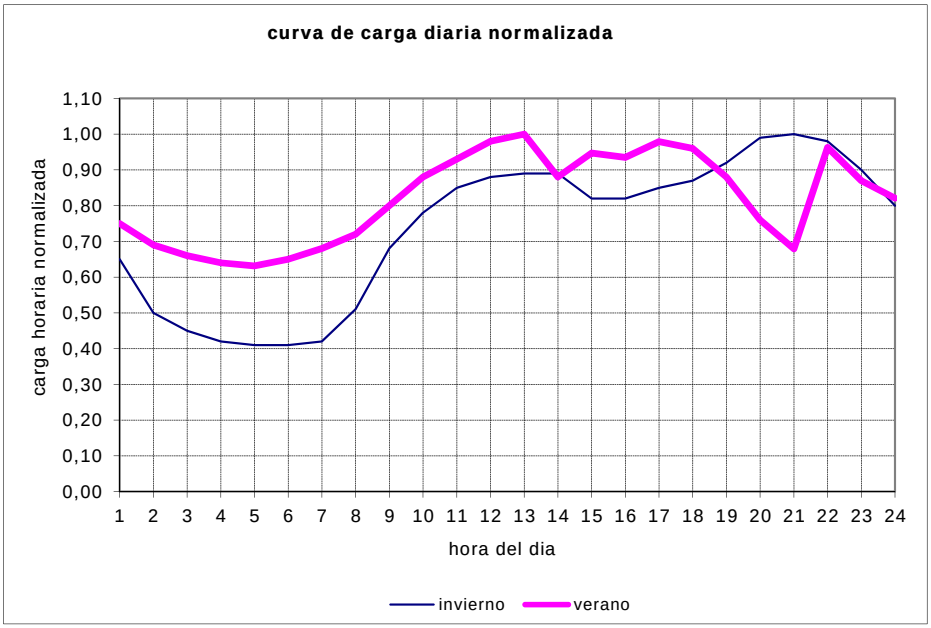
Tabla 1: Ciclo de carga diario

Carga diaria normalizada	invierno			verano		
(Hora del día)	carga (p.u)	Yi^2	Yi	carga (p.u)	Yi^2	Yi
1	0,65	0,423		0,75	0,563	
2	0,50	0,250		0,69	0,476	
3	0,45	0,203		0,66	0,436	
4	0,42	0,176		0,64	0,410	
5	0,41	0,168		0,63	0,399	
6	0,41	0,168		0,65	0,423	
7	0,42	0,176		0,68	0,462	
8	0,51	0,260		0,72	0,518	
9	0,68	0,462		0,80	0,640	Y_5
10	0,78	0,608		0,88	0,774	Y_4
11	0,85	0,723		0,93	0,865	Y_3
12	0,88	0,774		0,98	0,960	Y_2
13	0,89	0,792		1,00	1,000	Y_1
14	0,89	0,792		0,88	0,774	Y_0
15	0,82	0,672		0,95	0,897	
16	0,82	0,672		0,94	0,874	
17	0,85	0,723	Y_5	0,98	0,958	
18	0,87	0,757	Y_4	0,96	0,922	
19	0,92	0,846	Y_3	0,88	0,774	
20	0,99	0,980	Y_2	0,76	0,578	
21	1,00	1,000	Y_1	0,68	0,461	
22	0,98	0,960	Y_0	0,96	0,927	
23	0,90	0,810		0,87	0,757	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 140/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Carga diaria normalizada	invierno			verano		
(Hora del día)	carga (p.u)	Yi^2	Yi	carga (p.u)	Yi^2	Yi
24	0,80	0,640		0,82	0,674	
	0,737	0,585	promedio	0,820	0,688	promedio



Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 141/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1.3 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en el conductor se realiza según la norma UNE 21-192, “Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático”.

La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión:

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

donde

I: es la intensidad de cortocircuito admisible;

I_{AD}: es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática;

ε: es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes.

1.3.1 Cálculo de la intensidad de cortocircuito adiabático

La fórmula del calentamiento adiabático, se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{AD}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

donde

I_{AD}: es la intensidad de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito) calculada en una hipótesis adiabática (A);

t: es la duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s.

K: es la constante que depende del material del componente conductor de corriente.

- Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 148 $A \cdot s^{1/2}/mm^2$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 142/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- Para conductores de cobre se utilizará el valor de 226 $A \cdot s^{1/2}/mm^2$

S: es la sección geométrica del componente conductor de corriente; para los conductores se tomará la sección nominal, y para las pantallas la sección de 1 alambre (ver apartado 1.1.1).

θ_f: es la temperatura final (ºC). En el conductor se utilizarán 90ºC y en la pantalla se utilizarán 80ºC.

θ_i: es la temperatura inicial (ºC). En el conductor se utilizarán 250ºC y en la pantalla se utilizarán 210ºC.

β: es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a ºC (K);

- Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 228 K
- Para conductores de cobre se utilizará el valor de 234,5 K

1.3.2 Cálculo del factor no adiabático

La fórmula general de una ecuación empírica para el factor no adiabático es la siguiente:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + F \cdot A \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} \cdot F^2 \cdot B \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Donde:

F: es el factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales metálicos no adyacentes. Se tomará F=0,7 para los conductores y F=0,5 para las pantallas.

A, B: son las constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales no metálicos adyacentes.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 143/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

$$A = \frac{C_1}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}}$$ (mm²/s)^1/2 donde C_1 = 2,464 mm/

$$B = \frac{C_2}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}}$$ (mm²/s) donde C_2 = 1,22 K·m·mm²/J

donde:

σc: es el calor específico volumétrico del componente conductor de corriente

- Para el cobre se tomará el valor de 3,45 x 106 J/K·m3
- Para el aluminio se tomará el valor de 2,5 x 106 J/K·m3

σi: es el calor específico volumétrico de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de 2,4 x 106 J/K·m3 (correspondiente al XLPE)

ρi: es la resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de 3,5 K·m/w (correspondiente al XLPE)

1.4 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CORTOCIRCUITO EN LA PANTALLA

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla se realiza según la norma UNE 21-192, “Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático”.

A continuación de detalla la formulación, particularizando para los datos concretos de la línea indicados en la memoria.

Se aplicará el mismo método para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en las pantallas. No se considerará la influencia de la lámina metálica adherida a la cubierta del cable ni la influencia de los flejes equipotenciales dispuestos helicoidalmente.

Se calculará para un alambre tomado individualmente y se multiplicará después por el número de alambres para obtener el valor total de la intensidad de cortocircuito. Por lo tanto, se utilizará en todas las fórmulas la sección de un alambre tomado individualmente.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 144/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1.5 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se determinará mediante la expresión:

$$e = \sqrt{3}.I_n.L.(R\cos\varphi + X\,\mathrm{sen}\varphi)$$

Donde:

In = Intensidad permanente (en A) = $\frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi}$

L = Longitud de la línea (en Km)

R = Resistencia óhmica (en ohm/Km)

X = Reactancia inductiva (en ohm/Km)

Cos φ = 0,9

1.6 PÉRDIDA DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia activa son debidas a los efectos siguientes:

- **Pérdidas por efecto Joule, son las principales, Wc**

$$W_c = I^2 R \qquad R = R'(1 + y_s + y_p)$$

Donde,

R = Resistencia del conductor en alterna a la temperatura de servicio.

R' = Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de servicio.

Ys = factor de efecto pelicular

Yp = factor de efecto proximidad

I = intensidad de servicio (A)

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 145/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

- **Pérdidas dieléctricas en el seno del aislamiento, Wd**

$W_d = \omega \cdot C \cdot U_o^2 \cdot tg\delta$

Donde:

$\omega = 2\ \pi\ f$

C = es la capacidad por unidad de longitud (F/m).

U_0 = es la tensión con relación a tierra.

$tg\delta$ = es el factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio.

- **Pérdidas en las pantallas conductoras del cable, Ws**

$$W_s = \lambda_1 W_c$$

λ1 = Factor de pérdidas en la pantalla.

Wc = Pérdidas por efecto Joule

- **Pérdidas en la armadura, Wa**

$$W_a = \lambda_2 W_c$$

Λ2 = Factor de pérdidas en la pantalla.

Wc = Pérdidas por efecto Joule

En nuestro caso como el cable no tiene armadura estas pérdidas no existen.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 146/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1.7 RESULTADOS

En las siguientes tablas se muestran los resultados del cálculo de la línea objeto de este proyecto en régimen permanente mediante simulación con el software CYMCAP para el caso de la canalización proyectada:

1.- Canalización SC Entubada Hormigonada cable de 1000 mm² con tubos PE Ø160 mm en Tresbolillo, profundidad 1.250 mm y anchura de 600 mm, y sistema de puesta a tierra tipo solid bonding.

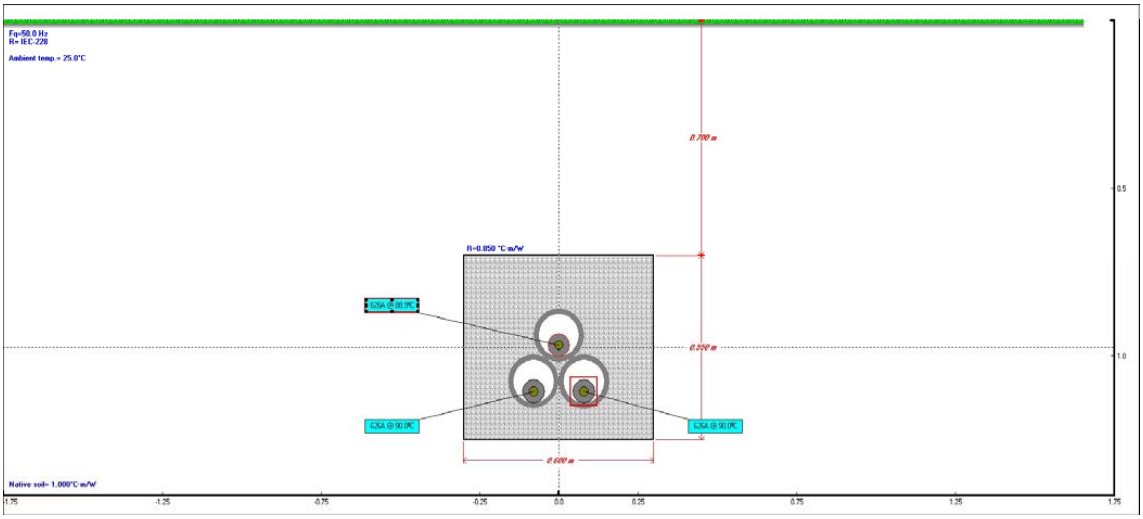
Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 147/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

1.7.1 CANALIZACIÓN SC ENTUBADA HORMIGONADA CABLE 1000 mm²

General Simulation Data	
Steady State Option	Equally Loaded
Consider Electrical interaction between circuits	No
Induced currents in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits) :	0,0
Conductor Resistances Computation Option:	IEC-228

Installation Type:Ductbank		
Ambient Soil Temperature at Installation Depth	[°C]	25,0
Native Soil Thermal Resistivity	[K.m/W]	1,0
Thermal Resistivity of Duct Bank	[K.m/W]	0,9
Depth of Center of Duct Bank	[m]	0,98
Duct Bank Width	[m]	0,6
Duct Bank Height	[m]	0,55



Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 148/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

Results Summary

Cable No.	Cable ID	Circuit No.	Feeder ID	Cable Phase	Cable Frequency	Daily Load Factor	X coordinate [m]	Y coordinate [m]	Conductor temperature [°C]	Ampacity [A]
1	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	1		A	50,0	1,0	-0,08	1,11	90,0	626,5
2	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	1		B	50,0	1,0	0,08	1,11	90,0	626,5
3	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	1		C	50,0	1,0	0,0	0,97	88,9	626,5

Simulation Data

Installation type:	Ductbank
Steady State Option	Equally Loaded
Ambient temperature [°C]	25
Native Soil Thermal Resistivity [K.m/W]	1,0
Consider Non-Isothermal Earth Surface	No
Consider effect of soil dry out	No
Consider Electrical interaction between circuits	No
Induced current in metallic layers as a fraction of conductor current (applied to all single phase circuits)	0

Variable	Description	Unit	Cables		
Cable No.	Cable Index Number		1	2	3
General Input Data					
Cable ID	Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
Circuit No.	Circuit No.		1	1	1
Phase	Cable Phase		A	B	C
Fq	Operating Frequency	[Hz]	50,0	50,0	50,0
x	X coordinate	[m]	-0,08	0,08	0,0
y	Y coordinate	[m]	1,11	1,11	0,97
DLF	Daily Load Factor	[p.u.]	1,0	1,0	1,0

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 149/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

	Bonding Type		1 Conductor Bothends Triangular	1 Conductor Bothends Triangular	1 Conductor Bothends Triangular
Ampacity					
I	Steady State Ampacity	[A]	626,5	626,5	626,5
Temperatures					
θc	Conductor temperature	[°C]	90,0	90,0	88,9
θs	Sheath/Shield temperature	[°C]	86,1	86,1	85,0
θa	Armour temperature	[°C]	n/a	n/a	n/a
θsurf	Cable surface temperature	[°C]	84,2	84,2	83,2
θduct	Duct surface temperature	[°C]	68,4	68,4	67,3
Resistances					
R_o	DC Resistance of the conductor at 20° C	[Ω/km]	0,0291	0,0291	0,0291
R	AC Resistance of the Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0,03972	0,03972	0,0396
ys	Skin Effect Factor		0,05643	0,05643	0,0568
yp	Proximity Effect Factor		0,00822	0,00822	0,00826
Losses					
Wc	Conductor Losses	[W/m]	15,58748	15,58783	15,5399
Wd	Dielectric Losses	[W/m]	0,17585	0,17585	0,17585
Ws	Metallic Screen Losses	[W/m]	17,99504	17,99485	18,02194
Wa	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0,0	0,0	0,0
Wt	Total Losses	[W/m]	33,75837	33,75852	33,73769
λ_1	Screen Loss Factor		1,15446	1,15442	1,15972
λ_2	Armour Loss Factor + Pipe Loss Factor		0,0	0,0	0,0
Thermal resistances					
T1	Thermal resistance of insulation	[K.m/W]	0,24896	0,24896	0,24896
T2	Thermal resistance of bedding/medium inside pipe-type	[K.m/W]	0,00186	0,00186	0,00186
T3	Thermal resistance of outer covering	[K.m/W]	0,05231	0,05231	0,05231
T4	External thermal resistance	[K.m/W]	1,7553	1,75528	1,72377
Others					
Δθint	Temperature rise due to surrounding heat sources	[°C]	26,7	26,7	26,4

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 150/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

	Induced Voltage (standing) on Sheath	[V/km]	0,0	0,0	0,0
	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	0,0	0,0	0,0
	Induced current on Metallic Screen	[A]	332,5	332,5	333,3

No.	Description	Unit	1
General Cable Information			
1	Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU
2	Number of Cores		Single Core
3	Voltage	[kV]	66
4	Conductor Area	[mm²]	1000,0
5	Cable Overall Diameter	[mm]	71,4
6	Maximum Steady-State Conductor Temperature	[°C]	90
7	Maximum Emergency Conductor Temperature	[°C]	110
Conductor			
8	Material		Aluminum
9	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ.cm]	2,84
10	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0,00403
11	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	228,1389578
12	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm³)]	2,5
13	Construction		Round Compact
14	Conductor Insulation System		Extruded
15	Milliken Wires Construction		n/a
16	Ks (Skin Effect Coefficient)		1
17	Kp (Proximity Effect Coefficient)		0,8
18	Diameter	[mm]	38,5
Conductor Shield			
19	Thickness	[mm]	1,5
20	Diameter	[mm]	41,5
Insulation			
21	Material		XLPE Unfilled
22	Thermal Resistivity	[K.m/W]	3,5
23	Dielectric Loss Factor - (tan delta)		0,001
24	Relative Permittivity - (epsilon)		2,5
25	Specific Insulation Resistance Constant at 60°F - (K)	[MΩ.km]	65617
26	Thickness	[mm]	9,0
27	Diameter	[mm]	59,5

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 151/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Insulation Screen			
28	Material		Semi Conducting Screen
29	Thickness	[mm]	1,0
30	Diameter	[mm]	61,5
Sheath			
31	Is Sheath Around Each Core?		n/a
32	Material		Aluminum
33	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ.cm]	2,84
34	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0,00403
35	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	228
36	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm³)]	2,5
37	Corrugation Type		Non Corrugated
38	Thickness	[mm]	0,35
39	Diameter	[mm]	65,0
Concentric neutral/Skid wires			
40	Are Concentric Neutral Wires Around Each Core?		n/a
41	Material		Copper
42	Electrical Resistivity at 20°C	[μΩ.cm]	1,7241
43	Temperature Coefficient at 20°C	[1/K]	0,00393
44	Reciprocal of Temperature Coefficient of Resistance (BETA)	[K]	234,5
45	Volumetric Specific Heat (SH)	[J/(K*cm³)]	3,45
46	Wire Type		Round Wires
47	Length of Lay	[mm]	617,0
48	Number of Wires		78
49	Wire Gauge		Undefined
50	Thickness	[mm]	1,25
51	Diameter	[mm]	64,0
Jacket			
52	Material		Polyethylene
53	Thermal Resistivity	[K.m/W]	3,5
54	Thickness	[mm]	3,2
55	Diameter	[mm]	71,4

No.	Description	Unit	1
Specific Installation Data			
56	Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU
57	Cable Frequency	[Hz]	50
58	Sheath / Shield Bonding		1 Conductor Bothends Triangular

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 152/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

59	Loss Factor Constant (ALOS)		0,3
60	Duct construction		Polyethylene in Concrete
61	Duct material thermal resistivity	[K.m/W]	3,5
62	Inner diameter of the conduit	[mm]	130,0
63	Outer diameter of the conduit	[mm]	160,0

No.	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1	**Cable Equipment ID**		**36/66KV 1X1000 AL H95 CU**	**36/66KV 1X1000 AL H95 CU**	**36/66KV 1X1000 AL H95 CU**
Resistances					
2	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω/km]	0,0291	0,0291	0,0291
3	DC Resistance of Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0,03731	0,03731	0,03718
4	AC Resistance of Conductor at 20°C	[Ω/km]	0,03208	0,03208	0,03208
5	AC Resistance of Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0,03972	0,03972	0,0396
6	DC Resistance of Sheath at 20°C	[Ω/km]	0,39951	0,39951	0,39951
7	DC Resistance of Sheath at Operating Temperature	[Ω/km]	0,50589	0,5059	0,50414
8	DC Resistance of Concentric Wires at 20°C	[Ω/km]	0,18909	0,18909	0,18909
9	DC Resistance of Concentric Wires at Operating Temperature	[Ω/km]	0,23819	0,23819	0,23738
Losses					
10	Conductor Losses	[W/m]	15,58748	15,58783	15,5399
11	Dielectric Losses	[W/m]	0,17585	0,17585	0,17585
12	Metallic Screen Losses	[W/m]	17,99504	17,99485	18,02194
13	Armor/Pipe Losses	[W/m]	0,0	0,0	0,0
14	Total Losses	[W/m]	33,75837	33,75852	33,73769
Capacitance, Inductance, Impedance					
15	Capacitance	[µF/km]	0,385	0,385	0,385
16	Inductance of Conductor	[mH/km]	0,47353	0,47353	0,47353
17	Reactance of Conductor	[Ω/km]	0,14876	0,14876	0,14876
18	Inductance of Metallic Sheath	[mH/km]	0,32281	0,32281	0,32281
19	Reactance of Metallic Sheath	[Ω/km]	0,10141	0,10141	0,10141

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 153/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

No.	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1	**Cable Equipment ID**		**36/66KV 1X1000 AL H95 CU**	**36/66KV 1X1000 AL H95 CU**	**36/66KV 1X1000 AL H95 CU**
20	Positive Sequence Impedance	[Ω/km]	0,039717 + j0,148765	0,039718 + j0,148765	0,039596 + j0,148765
21	Negative Sequence Impedance	[Ω/km]	0,039717 + j0,148765	0,039718 + j0,148765	0,039596 + j0,148765
22	Zero Sequence Impedance	[Ω/km]	0,159086 + j0,101412	0,159086 + j0,101412	0,159097 + j0,101412
23	Surge Impedance	[Ω]	35,04798	35,04798	35,04798
Others					
24	Dielectric Stress at Insulation Inner Surface	[kV/mm]	5,09708	5,09708	5,09708
25	Dielectric Stress at Insulation Outer Surface	[kV/mm]	3,55511	3,55511	3,55511
26	Insulation Resistance at 60° F (15.8°C)	[MΩ.km]	10266,98616	10266,98616	10266,98616
27	Reduction Factor (2pt bonded & single metallic screen)		n/a	n/a	n/a
28	Charging Current for One Phase	[A/km]	4,61484	4,61484	4,61484
29	Charging Capacity of three phase system at Uo	[kvar/km]	527,54756	527,54756	527,54756
30	Voltage drop for Three Phase System	[V/A/km]	0,06879	0,06879	0,06858
31	Induced Voltage (standing) on Sheath	[V/km]	0,0	0,0	0,0
32	Induced Voltage (standing) on Concentric Wires	[V/km]	0,0	0,0	0,0
33	Induced current on Metallic Screen	[A]	332,5	332,5	333,3

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 154/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 155/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
Normal Operation IEC 60287-1-1						
Conductor AC Resistance						
2	R_o	DC Resistance of the conductor at 20°C	[Ω/km]	0,0291	0,0291	0,0291
3	R'	DC Resistance of Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0,03731	0,03731	0,03718
4	dc	Conductor Diameter	[mm]	38,5	38,5	38,5
5	s	Distance Between Conductor Axes	[mm]	160,00002	160,00002	160,00002
6	ks	Factor Used for xs Calculation (Skin Effect)		1,0	1,0	1,0
7	kp	Factor Used for xp Calculation (Proximity Effect)		0,8	0,8	0,8
8	Xs^2	Component of Ys Calculation (Skin Effect)		3,36849	3,3684	3,38014
9	Xp^2	Component of Yp Calculation (Proximity Effect)		2,69479	2,69472	2,70411
10	ys	Skin Effect Factor		0,05643	0,05643	0,0568
11	yp	Proximity Effect Factor		0,00822	0,00822	0,00826
12	R	AC Resistance of Conductor at Operating Temperature	[Ω/km]	0,03972	0,03972	0,0396
Dielectric Losses						
13	tanδ	Dielectric Loss Factor		0,001	0,001	0,001
14	ε	Insulation Relative Permitivity		2,5	2,5	2,5

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 156/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
15	C	Cable Capacitance	[µF/km]	0,385	0,385	0,385
16	U_o	Voltage	[kV]	38,10512	38,10512	38,10512
17	Wd	Cable Dielectric Losses Per Phase	[W/m]	0,17585	0,17585	0,17585
Circulating Loss Factor						
18	Rs	AC Resistance used for Circulating Loss Factor computation	[Ω/km]	0,16194	0,16194	0,16139
19	d	Mean diameter used for Circulating Loss Factor computation	[mm]	63,70708	63,70708	63,70708
20	X	Reactance used for Circulating Loss Factor computation	[Ω/km]	0,10141	0,10141	0,10141
21	Fspacing	Spacing Factor (applied when spacing between cable uneven or non-equal minor section length)		1,0	1,0	1,0
22	Fpipe	Magnetic effect factor due to pipe		1,0	1,0	1,0
23	Farmour	Magnetic effect factor due to armour		1,0	1,0	1,0
24	λ'_1	Screen Loss Factor Caused by Circulating Current		1,14856	1,14852	1,15379
Eddy Loss Factor						
25	Rs	AC Resistance used for Eddy Loss Factor computation	[Ω/km]	0,50589	0,5059	0,50414

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 157/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
26	d	Mean diameter used for Eddy Loss Factor computation	[mm]	64,65	64,65	64,65
27	ρs	Electrical Resistivity used for Eddy Loss Factor computation	[Ω.m]	0,0	0,0	0,0
28	Ds	External diameter used for Eddy Loss Factor computation	[mm]	65,0	65,0	65,0
29	ts	Thickness used for Eddy Loss Factor computation	[mm]	0,35	0,35	0,35
30	β_1	Coefficient used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.6.1		104,77558	104,77425	104,95691
31	gs	Coefficient used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.6.1		1,00059	1,00059	1,00059
33	m	Coefficient used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.6.1		0,0621	0,0621	0,06232
34	λ_0	Coefficient used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.6.1		0,00047	0,00047	0,00047
35	Δ_1	Coefficient used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.6.1		0,02126	0,02126	0,02125
36	Δ_2	Coefficient used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.6.1		0,0	0,0	0,0

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 158/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
37	X	Reactance used for Milliken conductor Effect computation	[Ω/km]	0,10049	0,10049	0,10049
38	Xm	Mutual Reactance Used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.5	[Ω/km]	0,04355	0,04355	0,04355
39	M	Coefficient Used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.5		5,03425	5,03437	5,01687
40	N	Coefficient Used in IEC 60287-1-1 Clause 2.3.5		5,03425	5,03437	5,01687
41	F	Milliken conductor Effect		0,96204	0,96204	0,96179
42	Fpipe	Magnetic effect factor due to pipe		1,0	1,0	1,0
43	Farmour	Magnetic effect factor due to armour		1,0	1,0	1,0
44	λ''_1	Screen Loss Factor Caused by Eddy Current		0,00589	0,00589	0,00593
Metallic Screen Loss factor						
45	λ_1	Screen Loss Factor		1,15446	1,15442	1,15972
Armour and Pipe Loss Factor						
46	λ_2a	Armour Loss Factor		0,0	0,0	0,0
47	$\lambda_2$pipe	Pipe Loss Factor		0,0	0,0	0,0
49	λ_2	Armour Loss Factor + Pipe Loss Factor		0,0	0,0	0,0
Normal Operation IEC 60287-2-1						

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 159/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
50	T_1	Thermal Resistance Between Conductor and Screen	[K.m/W]	0,24896	0,24896	0,24896
51	t_1	Insulation Thickness Between Conductor and Screen	[mm]	11,5	11,5	11,5
52	ρTi	Thermal Resistivity of Insulation	[K.m/W]	3,5	3,5	3,5
53	T_2	Thermal Resistance Between Sheath and Armour	[K.m/W]	0,00186	0,00186	0,00186
54	t_2	Thickness Between Sheath and Armour	[mm]	n/a	n/a	n/a
55	ρTB	Thermal Resistivity Between Screen and Armour	[K.m/W]	n/a	n/a	n/a
56	T_3	Thermal Resistance of Jacket/Pipe Coating	[K.m/W]	0,05231	0,05231	0,05231
57	t_3	Thickness of Jacket/Pipe Coating	[mm]	3,2	3,2	3,2
58	ρTJ	Thermal Resistivity of Jacket/Pipe Coating	[K.m/W]	3,5	3,5	3,5
59	T Conductor Shield	Thermal resistance	[K.m/W]	0,02986	0,02986	0,02986
60		Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
61		Thermal resistivity	[K.m/W]	2,5	2,5	2,5
62		Layer thickness	[mm]	1,5	1,5	1,5
63		Internal diameter	[mm]	38,5	38,5	38,5

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 160/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
64	T Insulation	Thermal resistance	[K.m/W]	0,20069	0,20069	0,20069
65		Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
66		Thermal resistivity	[K.m/W]	3,5	3,5	3,5
67		Layer thickness	[mm]	9,0	9,0	9,0
68		Internal diameter	[mm]	41,5	41,5	41,5
69	T Insulation Screen	Thermal resistance	[K.m/W]	0,01842	0,01842	0,01842
70		Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
71		Thermal resistivity	[K.m/W]	3,5	3,5	3,5
72		Layer thickness	[mm]	1,0	1,0	1,0
73		Internal diameter	[mm]	59,5	59,5	59,5
74	T Concentric wires	Thermal resistance	[K.m/W]	0,0	0,0	0,0
75		Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
76		Thermal resistivity	[K.m/W]	0,0	0,0	0,0

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 161/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
77		Layer thickness	[mm]	1,25	1,25	1,25
78		Internal diameter	[mm]	61,5	61,5	61,5
79	T Separador	Thermal resistance	[K.m/W]	0,00186	0,00186	0,00186
80		Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
81		Thermal resistivity	[K.m/W]	2,5	2,5	2,5
82		Layer thickness	[mm]	0,15	0,15	0,15
83		Internal diameter	[mm]	64,0	64,0	64,0
84	T Sheath	Thermal resistance	[K.m/W]	0,0	0,0	0,0
85		Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
86		Thermal resistivity	[K.m/W]	0,0	0,0	0,0
87		Layer thickness	[mm]	0,35	0,35	0,35
88		Internal diameter	[mm]	64,3	64,3	64,3
89		Thermal resistance	[K.m/W]	0,05231	0,05231	0,05231

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
MANUEL ALONSO PANTOJA
22/10/2024 12:59
PÁGINA 162/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
90	T Jacket	Thermal resistance equation			$T = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln\left[1 + \frac{2t}{D_{int}}\right]$	
91		Thermal resistivity	[K.m/W]	3,5	3,5	3,5
92		Layer thickness	[mm]	3,2	3,2	3,2
93		Internal diameter	[mm]	65,0	65,0	65,0
Thermal resistance inside the duct						
94	U	Constant from IEC6028721 clause4272		1,87	1,87	1,87
95	V	Constant from IEC6028721 clause4272		0,312	0,312	0,312
96	Y	Constant from IEC6028721 clause4272		0,0037	0,0037	0,0037
97	θm	Mean temperature of the medium in conduit	[°C]	78,27916	78,28732	77,16591
98	Deq	Equivalent diameter of the cables inside the conduit	[mm]	71,4	71,4	71,4
99	T_4'	Thermal resistance of the medium in conduit	[K.m/W]	0,35312	0,35311	0,35509
Thermal resistance of the duct						
100	Do	Outer diameter of the conduit	[mm]	160,0	160,0	160,0
101	Di	Inner diameter of the conduit	[mm]	130,0	130,0	130,0
102	ρT	Thermal resistivity of the conduit material	[K.m/W]	3,5	3,5	3,5

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 163/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
103	T_4''	Thermal resistance of the conduit	[K.m/W]	0,11566	0,11566	0,11566
Thermal resistance of the external medium						
104	L	Depth of cable/conduit axis	[m]	1,10619	1,10619	0,96762
105	De	External diameter of the cable conduit	[m]	0,16	0,16	0,16
106	u	Geometric factor as per IEC60287-2-1 clause 4.2.2		13,82735	13,82735	12,0953
107	ρTs	Thermal resistivity of the soil	[K.m/W]	1,0	1,0	1,0
108	T_4'''self	Thermal resistance of the cable isolated	[K.m/W]	0,49482	0,49482	0,47195
109	T_4'''mutual	Thermal resistance associated to the temperature rise due to surrounding heat sources	[K.m/W]	0,7917	0,79169	0,78106
110	Δθint	Temperature rise due to surrounding heat sources	[°C]	26,72634	26,72628	26,35117
111	T_4'''	Thermal resistance of the external medium	[K.m/W]	1,28652	1,28651	1,25301
Thermal Capacitance IEC 853-2						
112	Q Conductor	Thermal capacitance	[K.m/W]	2500,0	2500,0	2500,0
113		Thermal capacitance equation			$Q = S * c$	
114		Material surface	[mm²]	1000,0	1000,0	1000,0

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 164/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
115		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2500000,0	2500000,0	2500000,0
116	Q Conductor Shield	Thermal capacitance	[K.m/W]	452,38934	452,38934	452,38934
117		Thermal capacitance equation			$Q = \frac{\pi}{4}(D_{ext}^2 - D_{in}^2)c$	
118		External diameter	[mm]	41,5	41,5	41,5
119		Internal diameter	[mm]	38,5	38,5	38,5
120		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2400000,0	2400000,0	2400000,0
121	Q Insulation	Thermal capacitance	[K.m/W]	1408,06183	1408,06183	1408,06183
122		Thermal capacitance equation			$Q_{i1} = \frac{\pi}{4} d_c(D_i - d_c)c$	
123		External diameter	[mm]	59,5	59,5	59,5
124		Internal diameter	[mm]	41,5	41,5	41,5
125		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2400000,0	2400000,0	2400000,0
126		Thermal capacitance	[K.m/W]	456,15925	456,15925	456,15925

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 165/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
127	Q Insulation Screen	Thermal capacitance equation			$Q = \frac{\pi}{4}(D_{ext}^2 - D_{in}^2)c$	
128		External diameter	[mm]	61,5	61,5	61,5
129		Internal diameter	[mm]	59,5	59,5	59,5
130		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2400000,0	2400000,0	2400000,0
131	Q Concentric wires	Thermal capacitance	[K.m/W]	64,979	64,979	64,979
132		Thermal capacitance equation			$Q_w = n_1 \frac{\pi d_f^2}{4} \sqrt{l_a * d_a} c + S_{fill} * c_{fill}$	
133		Number of armour wires		78,0	78,0	78,0
134		Mean diameter of armour wire	[mm]	1,25	1,25	1,25
135		Length of lay	[mm]	617,0	617,0	617,0
136		Mean diameter of armour	[mm]	62,75	62,75	62,75
137		Wire Shape is half-circle		0,0	0,0	0,0
138		Thermal capacitance	[K.m/W]	72,55194	72,55194	72,55194

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RH045NJ5FTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 166/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
139	Q Separador	Thermal capacitance equation		$Q = \frac{\pi}{4}(D_{ext}^2 - D_{in}^2)c$		
140		External diameter	[mm]	64,3	64,3	64,3
141		Internal diameter	[mm]	64,0	64,0	64,0
142		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2400000,0	2400000,0	2400000,0
143	Q Sheath	Thermal capacitance	[K.m/W]	177,71536	177,71536	177,71536
144		Thermal capacitance equation			$Q = \frac{\pi}{4}(D_{ext}^2 - D_{in}^2)c$	
145		External diameter	[mm]	65,0	65,0	65,0
146		Internal diameter	[mm]	64,3	64,3	64,3
147		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2500000,0	2500000,0	2500000,0
148	Q Jacket	Thermal capacitance	[K.m/W]	1645,49142	1645,49142	1645,49142
149		Thermal capacitance equation			$Q = \frac{\pi}{4}(D_{ext}^2 - D_{in}^2)c$	

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

VERIFICACIÓN
CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP
MANUEL ALONSO PANTOJA
https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/
22/10/2024 12:59
PÁGINA 167/171

No.	Symbol	Description	Unit	Cable No.1	Cable No.2	Cable No.3
1		Cable Equipment ID		36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU	36/66KV 1X1000 AL H95 CU
150		External diameter	[mm]	71,4	71,4	71,4
151		Internal diameter	[mm]	65,0	65,0	65,0
152		Volumetric specific heat of the material	[J/(K*m³)]	2400000,0	2400000,0	2400000,0
Ampacity						
153	T_4	Total external thermal resistance	[K.m/W]	1,8	1,8	1,7
154	I	Cable core ampacity	[A]	626,46635	626,46635	626,46635

De los resultados se desprende que la intensidad máxima de transporte de **626,46 A** es superior a la que podría transportar el conductor aéreo existente en la línea (D-280, Intensidad máxima admisible de **575,4 A**)

1.8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Los cables subterráneos cumplen los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 y las condiciones que pudieran imponer otros organismos competentes de la Administración, solicitando condicionado si procede al Organismo o Entidad afectada.

En la siguiente tabla se indican las condiciones que deben cumplir los cruzamientos y paralelismos de los cables subterráneos con otros servicios, en los distintos casos particulares:

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Otros cables de energía eléctrica: Líneas de BT y líneas de AT	Cruce	≥ 40 cm entre cables de energía eléctrica. Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurran por debajo de los de baja tensión
	Paralelismo	≥ 50 cm entre cables de energía eléctrica
Cables de telecomunicación	Cruce	≥ 40 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones. Distancia del punto de cruce al empalme ≥ 1 m
	Paralelismo	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones
Agua	Cruce	≥ 40 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce
	Paralelismo	40 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce. Distancia mínima ≥ 40 cm en proyección horizontal. Entre aristas importantes de agua y cables eléctricos ≥ 1 m, La

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 168/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
		canalización de agua por debajo del nivel de los cables eléctricos
Gas	Cruce	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 50 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
	Paralelismo	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
Saneamiento de pluviales y fecales	Cruce	Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas.
	Paralelismo	-
Calles y carreteras	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥ 0,8 m desde la parte superior del tubo a la rasante del terreno. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del vial
	Paralelismo	-

1. En paralelismo se procurará evitar que los cables eléctricos queden en el mismo plano vertical que el servicio afectado.

2. Deberán tenerse en cuenta los condicionantes de cada Ayuntamiento, así como las condiciones establecidas por cada organismo afectado.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 169/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

2 CÁLCULOS MECÁNICOS

2.1 CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS DE TENDIDO DEL CABLE SUBTERRÁNEO

Para situar las cámaras de empalme se debe comprobar que el tendido del cable entre dos cámaras es posible, para lo cual se deberá calcular el esfuerzo necesario para el tendido de los cables y comprobar que éste es inferior al permitido.

El proceso para calcular el esfuerzo de tendido entre dos cámaras consiste en:

1. Dividir la sección de tendido en cuantos tramos distintos sean precisos. Se considerará que un tramo es distinto a otro cuando tengan diferente una o más de las siguientes características:
   - valor de la pendiente;
   - signo de la pendiente (rampa o pendiente propiamente dicha);
   - plano de la curva (horizontal o vertical);
   - valor de la curvatura (radio);
   - si la curva es vertical, sentido de tiro (ascendente o descendente).
2. Comenzando por el extremo de entrada del cable en el conducto, en el punto opuesto al de tiro, se van calculando, según las fórmulas indicadas a continuación, los incrementos de tensión que produce cada tramo, partiendo del valor de la tensión del tramo anterior, hasta llegar al extremo de la sección de tendido en que se efectúa el tiro.
3. Se comprobará que la tensión a la salida es menor que la tensión admisible para el cable.

Para calcular el esfuerzo de tracción necesario para la instalación de los cables por el tubo se utilizará un coeficiente de rozamiento de 0,35, coeficiente que estará próximo al real si los tubos están bien alineados y limpios, y el cable bien lubricado.

Las fórmulas que se emplearán para los cálculos descritos serán las siguientes:

1. El incremento de tensión (kp) producido en el cable por un tramo recto horizontal es

$$T_r = p \cdot l \cdot \mu$$

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 170/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/

siendo l su longitud, en m, p el peso en kp/m, y μ el coeficiente de rozamiento.

2. La tensión (kp) a la salida de una curva o codo horizontal es:

$$T_s = (T_e + p \cdot r) \cdot e^{\mu \cdot \varphi} - p \cdot r$$

donde

Te= tensión a la entrada, en kp;

r= radio de curvatura, en m;

φ= ángulo central de la curva o codo, en radianes (1 radian ≈ 57,3 grados)

p= peso por unidad de longitud del cable (kg)

μ= coeficiente de rozamiento

3. Un tramo recto en rampa o en pendiente, produce un incremento de tensión, de valor:

$$T = p \cdot l \cdot (\mu \pm tg\,\alpha)$$

donde: + para rampas y – para pendientes

l= longitud de la proyección horizontal del tramo, en m;

α= ángulo de la rampa o la pendiente con la horizontal.

4. La tensión Ts(kp) a la salida de una curva o codo vertical es:

$$T_s = T_e \cdot e^{\mu \cdot \varphi} + \varphi \cdot p \cdot r \cdot (\mu \cdot \cos(\varphi/2) \pm sen(\varphi/2))$$

donde: + para sentido ascendente y – para descendente

5. Las curvas o codos situados en planos inclinados se asimilarán a planos horizontales o verticales según su mayor similitud a uno u otro caso.

Nº Reg. Entrada: 2024999011218262. Fecha/Hora: 22/10/2024 12:59:26

MANUEL ALONSO PANTOJA | 22/10/2024 12:59 | PÁGINA 171/171
VERIFICACIÓN | CDJHCG7VV3WTK4RHQ45NJSFTQJSPBP | https://ws050.juntadeandalucia.es:443/verificarFirma/