Anejo nº 22: Línea eléctrica y Centro de Transformación.

ÍNDICE.

1 MEMORIA RESUMIDA 9

1.1 RESUMEN DE CARACTERISTICAS 9

1.1.1 TITULAR 9

1.1.2 MUNICIPIOS QUE RECORRE 9

1.1.3 SITUACION (PARTIDAS, PARAJES, CALLES…) 9

1.1.4 TENSION NOMINAL EN KV 9

1.1.5 LONGITUD EN METROS 9

1.1.6 Nº DE CONDUCTORES Y SECCION 9

1.1.7 PUNTO DE ENTRONQUE (INICIO) 9

1.1.8 FINAL LINEA 9

1.1.9 PRESUPUESTO TOTAL 10

1.1.10 CRUZAMIENTOS 10

1.1.11 PARALELISMOS 10

1.1.12 PASO POR ZONAS QUE EXIJA CONDICIONADO 10

1.1.13 IMPACTO AMBIENTAL 10

1.1.14 PREVENCION DE RIESGOS LABORALES 10

1.2 ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION 10

1.3 OBJETO 11

1.4 CATEGORIA DE LA LINEA Y ZONA 11

1.5 POTENCIA A TRANSPORTAR, DESTINO Y USO DE LA ENERGIA TRANSPORTADA. 11

1.5.1 JUSTIFICACION DE LA INSTALACION QUE NO GENERA INCIDENCIAS NEGATIVAS EN EL SISTEMA 11

2 MEMORIA LINEA AEREA ALTA TENSIÓN 12

2.1 DESCRIPCION DE LA INSTALACION DE LA LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN 12

2.1.1 TRAZADO 12

2.2 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS 13

2.2.1 PRESCRIPCIONES ESPECIALES 13

2.2.2 DISTANCIAS A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS O DE TELECOMUNICACION 13
2.2.3 DISTANCIAS A CARRETERAS 14
2.2.4 DISTANCIAS A FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR 15
2.2.5 PASO POR ZONAS 16
2.2.6 RESUMEN DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS 16
2.3 IMPACTO AMBIENTAL 16
2.4 CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION 16
2.4.1 CONDUCTOR A EMPLEAR 16
2.4.2 HERRAJES Y ACCESORIOS 17
2.4.3 AISLADORES. NIVEL DE AISLAMIENTO 18
2.4.4 CRUCETAS 22
2.4.5 APOYOS 22
2.4.6 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TIERRAS Y CONDICIONES DE MONTAJE 24
2.4.7 DISEÑO Y VERIFICACION DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 26
2.4.8 PROTECCIONES ELECTRICAS (SOBRECARGAS, SOBRETENSIONES, CORTOCIRCUITOS, PUESTA TIERRA, ETC…) 45
3 CALCULOS Y DATOS ELECTRICOS LINEA AEREA DE ALTA TENSION **. 46**
3.1 ELECTRICOS 46
3.1.1 DENSIDAD MAXIMA DE CORRIENTE 46
3.1.2 REACTANCIA 46
3.1.3 CAIDA DE TENSION 47
3.1.4 PERDIDAS DE POTENCIA 48
3.1.5 OTRAS CARATERISTICAS ELECTRICAS 48
3.2 MECANISMOS 49
3.2.1 CONDUCTORES 49
3.2.2 HIPOTESIS DE CALCULO DE APOYOS (APDO 3.5.3) 55
3.2.3 CIMENTACIONES (APDO 3.6) 66
3.2.4 CADENA DE AISLADORES 70
3.2.5 DISTANCIA DE SEGURIDAD 72
3.2.6 ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION 73
3.2.7 DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATEARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO . 73

3.3 DATOS GENERALES DE LA INSTALACION 74

3.4 TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL 74

3.5 VANO DE REGULACION 74

3.6 TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES 74

3.7 LIMITE DINAMICO EDS 74

3.8 APOYOS 75

3.9 CIMENTACIONES 75

3.10 CADENA DE AISLADORES 75

3.11 DISTANCIA DE SEGURIDAD 75

3.11.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO 75

3.12 TABLA RESUMEN 75

3.12.1 TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS 75

3.12.2 TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO 76

3.12.3 CALCULO DE APOYOS 76

3.12.4 APOYOS ADOPTADOS 77

3.12.5 CRUCETAS ADOPTADAS 77

3.12.6 CALCULO DE CIMENTACIONES 77

3.12.7 CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES 78

3.12.8 CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA 78

4 MEMORIA LINEA SUBTERRANEA ALTA TENSIÓN **79**

4.1 POTENCIA A TRANSPORTAR, DESTINO Y USO DE LA ENERGÍA APORTADA 79

4.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN QUE NO GENERA INCIDENDIAS NEGATIVAS EN EL SISTEMA 79

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN 79

4.2.1 TRAZADO 79

4.2.2 MATERIALES 80

4.2.3 MEDIDAS DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD 82

4.2.4 PROTECCIONES 82

5 CALCULOS LINEA SUBTERRANEA ALTA TENSION **84**

5.1 ELECTRICOS 84

5.1.1 DENSIDAD MAXIMA DE CORRIENTE 84

5.1.2 REACTANCIA Y RESISTENCIA 86

5.1.3 CAIDA DE TENSION 87
5.1.4 PERDIDAS DE POTENCIA 87
5.1.5 OTRAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS 88
5.1.6 SELECCIÓN DE LA SECCION POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO 88
5.2 JUSTIFICACION DEL CONDUCTOR SELECCIONADO. CALCULOS 90
5.2.1 DETERMINACION DE LA SECCION POR CALENTAMIENTO 90
5.2.2 DETERMINACION DE LA SECCION POR CAIDA DE TENSION 91
5.2.3 DETERMINACION DE LA PERDIDA DE POTENCIA 91
5.2.4 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE DEL CONDUCTOR 91
5.2.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE DE LA PANTALLA 91
5.3 MECANISMOS 92
5.3.1 RESISTENCIA MECANICA Y DISTANCIA DE SEGURIDAD EN CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y PASO POR ZONAS 92
6 MEMORIA CENTRO TRANSFORMACION **95**
6.1 RESUMEN DE CARACTERISTICAS 95
6.1.1 TITULAR 95
6.1.2 NUMERO DE REGISTRO 95
6.1.3 EMPLAZAMIENTO 95
6.1.4 LOCALIDAD 95
6.1.5 ACTIVIDAD 95
6.1.6 POTENCIA UNITARIA DE CADA TRANSFORMADOR 95
6.1.7 TIPO DE CENTRO 95
6.1.8 TIPO DE TRANSFORMADOR Y VOLUMENT TOTAL EN LITROS DE DIELECTRICO 95
6.1.9 PRESUPUESTO TOTAL 96
6.2 OBJETO DEL PROYECTO 96
6.3 TITULAR 96
6.4 SITUACION Y EMPLAZAMIENTO 96
6.5 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION 96
6.6 programa de necesidades y potencia instalada en kva 97
6.6.1 CARACTERISTICAS DEL LOCAL 97
6.6.2 INSTALACION ELECTRICA 99

6.6.3 MEDIDA DE LA ENERGIA ELECTRICA 103

6.6.4 PUERTA A TIERRA 103

6.6.5 INSTALACIONES SECUNDARIAS 104

7 CALCULOS JUSTIFICATIVOS CENTRO DE TRANSFORMACION 105

7.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSION 105

7.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSION 106

7.3 CORTOCIRCUITOS 106

7.3.1 OBSERVACIONES 106

7.3.2 CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO 106

7.3.3 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSION 107

7.3.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSION 107

7.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO 108

7.4.1 COMPROBACION POR DENSIDAD DE CORRIENTE 108

7.4.2 COMPROBACION POR DENSIDAD ELECTRODINAMICA 108

7.4.3 COMPROBACION POR SOLICITACION TERMICA. SOBREINTENSIDAD TERMICA ADMISIBLE 109

7.5 PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS 110

7.5.1 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSION 110

7.5.2 AJUSTE DEL DISPOSITIVO TERMICO O DE LOS RELES 111

7.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACION DEL C.T. 112

7.7 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS 112

7.8 CALCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA 113

7.8.1 INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO 113

7.8.2 DETERMINACION DE LAS CORRIENTES MAXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MAXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACION DE DEFECTO 113

7.8.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACION DE TIERRA 113

7.8.4 CALCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS 115

7.8.5 CALCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACION 116

7.8.6 CALCULO DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACION 116

7.8.7 CALCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS 117

7.8.8 INVESTIGACION DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR 118

7.8.9 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL ESTABLECIENDO EL DEFINITIVO 118

1 MEMORIA RESUMIDA

1.1 RESUMEN DE CARACTERISTICAS

1.1.1 TITULAR

Nombre:	Comunidad de Regantes la Fuente
C.I.F.:	G05339742
Dirección:	Calle Almendro, 8
Población:	46315Caudete de las Fuentes, (Valencia)

1.1.2 MUNICIPIOS QUE RECORRE

La instalación que se proyecta queda emplazada en Zona B (500-1000m), en la provincia de Valencia, y concretamente, según indica plano Nº 1, en Término/s de Utiel

1.1.3 SITUACION (PARTIDAS, PARAJES, CALLES…)

La línea en proyecto se ha estudiado de forma que su longitud sea la mínima posible, realizando trazado en el Polígono 11, Parcela 907, de Utiel en el término municipal de Utiel provincia de Valencia, según trazado reflejado en planos adjuntos.

1.1.4 TENSION NOMINAL EN KV

La tensión nominal de la red en de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

1.1.5 LONGITUD EN METROS

La línea objeto del proyecto, tiene una longitud total de 530metros, de los cuales 30 son aéreos y 500 subterráneos.

1.1.6 Nº DE CONDUCTORES Y SECCION

La línea aérea está formada por un conductor 47-AL1/8-ST1 (antiguo LA-56) por fase, con una sección de 54,6 mm^2.

La línea subterránea está formada por un conductor 1x150/16mm212/20 KV por fase.

1.1.7 PUNTO DE ENTRONQUE (INICIO)

La línea entroncará en el Apoyo existente nº 630622 de la L-3 Alrededores de la ST 3604 Utiel.

1.1.8 FINAL LINEA

La línea finalizará en Centro de transformación prefabricado de 630 kVA.

1.1.9 PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto de la instalación se contempla en el capítulo 8 del presupuesto del proyecto.

1.1.10 CRUZAMIENTOS

No existen cruzamientos.

1.1.11 PARALELISMOS

No existen Paralelismos.

1.1.12 PASO POR ZONAS QUE EXIJA CONDICIONADO

No se realiza el paso por zonas singulares por las que se pueda requerir condicionado de algún organismo.

1.1.13 IMPACTO AMBIENTAL

La instalación proyectada no precisa Estimación/Declaración de Impacto Ambiental, según Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

La línea no atraviesa en todo o en parte Parques o Parajes Naturales u otros Espacios Naturales Protegidos mediante Decreto de la Generalitat Valenciana.

La línea proyectada cumple asimismo las especificaciones de la Ley 3/1993 de 9 de diciembre, de las Cortes Valencianas (Ley Forestal).

1.1.14 PREVENCION DE RIESGOS LABORALES

No es necesaria en la presente instalación la necesidad de un Pliego General de Normas de Seguridad en Prevención de Riesgos Forestales, según lo indicado en el Decreto 7/2004 de 23 de enero, del Consell de la Generalitat, puesto que la instalación no se encuentra en terrenos forestales, ni en terrenos colindantes o con una proximidad menor a 500 metros.

1.2 ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION

Se redacta el presente proyecto de" LINEA ELECTRICA AÉREA - SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSION" por encargo de Comunidad de Regantes la Fuente, con C.I.F.: G05339742 y domicilio social en Calle Almendro, 8, de Caudete de las Fuentes, y a instancia de la Consellería de Infraestructuras y Transporte, Dirección General de Energía, Delegación Provincial de Valencia y del Excmo. Ayuntamiento de Utiel.

La finalidad de la línea en proyecto es el suministro de energía eléctrica a Centro de transformación prefabricado de 630 kVA.

1.3 OBJETO

El presente proyecto tiene por objeto, adoptar todas las soluciones técnicamente viables que conduzcan a la realización y tramite de legalización de una línea mixta aérea-subterránea de media tensión para dotar de suministro eléctrico a Centro de transformación prefabricado de 630 kVA, el cual dotará de energía eléctrica de forma regular a una Centro de transformación prefebricado de 630 kVA, así como poner en conocimiento de las Autoridades y Organismos competentes, lo que se pretende realizar, con el fin de solicitar las oportunas licencias, de acuerdo con los Decretos, Ordenes y Normas Vigentes.

1.4 CATEGORIA DE LA LINEA Y ZONA

La red que se proyecta será de categoría A, queda emplazada en Zona B.

1.5 POTENCIA A TRANSPORTAR, DESTINO Y USO DE LA ENERGIA TRANSPORTADA

La potencia máxima que puede transportar la línea aérea está limitada por la intensidad máxima del conductor 199,29A (Justificado en el apartado de Cálculos) y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La potencia máxima a transportar limitada por la intensidad máxima es de: 6.213 kW.

La potencia máxima que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima del conductor seleccionado 1x150/16mmmm^2 12/20 KV, siendo la misma de 275 A (Justificado en el apartado de Cálculos) y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La potencia máxima a transportar limitada por la intensidad máxima es de: 9.526 kW.

Si bien el destino de la instalación y el uso de la energía transportada será el dotar de suministro eléctrico a un centro de transformación de 630 kVA, el cual dotará de energía eléctrica de forma regular a una Centro de transformación prefebricado de 630 kVA.

1.5.1 JUSTIFICACION DE LA INSTALACION QUE NO GENERA INCIDENCIAS NEGATIVAS EN EL SISTEMA

La instalación no generará incidencias negativas en el sistema de distribución de energía eléctrica.

2 MEMORIA LINEA AEREA ALTA TENSIÓN

2.1 DESCRIPCION DE LA INSTALACION DE LA LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN

2.1.1 TRAZADO

La línea en proyecto, que se ha estudiado de forma que su longitud sea la mínima posible considerando el terreno, la propiedad de los mismos, así como las posibles afecciones.

Punto de entronque.

El punto de conexión de la instalación eléctrica para dotar de suministro eléctrico a la nueva L.M.T. de 20 KV será el Apoyo existente nº 630622 de la L-3 Alrededores de la ST 3604 Utiel, según trazado reflejado en plano nº 2.

Longitud total y parcial.

La línea objeto del proyecto, tiene una longitud total de 530metros, de los cuales 30 son aéreos y 500 subterráneos.

Tramo	Entre Apoyos	Longitud (m)	Vano regulador (m)
1	630622 y 2	15	15,00
2	2 y 3	15	15,00
3 - SUBTERRÁNEO	3 y CTP 630 KVA	500	

Apoyos más significativos.

Los apoyos más significativos de la línea son los siguientes:

Apoyo núm.	DENOMINACIÓN	SITUACIÓN SINGULAR
630622	AC 12/C-2000 C. Anclaje U 70 YB 20	Apoyo existente maniobra (Secc. Unip.)
2	AC 12/C-2000 C. Anclaje U 70 YB 20	Apoyo maniobra (OCR)
3	FL 12/C-2000 C. Anclaje U 70 YB 20	Apoyo maniobra (XS) / PASO A/S

Tense utilizado.

Dada la Zona en la que se emplaza la línea objeto de este proyecto, indicada en el apartado 1.8, el tense adoptado es el siguiente:

Tramo	Entre Apoyos	Zona	Tense	Tabla
1	630622 y 2	B (500-1.000m)	Tense Reducido	Pag.54-56 Anexo C MT 2.21.60
2	2 y 3	B (500-1.000m)	Tense Reducido	Pag.54-56 Anexo C MT 2.21.60

2.2 CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesiten efectuar Cruzamientos o Paralelismos, éstos se ajustarán a lo preceptuado en el apdo. 5 de la ITC-LAT 07del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

No se realiza ningún cruzamiento por la línea aérea.

2.2.1 PRESCRIPCIONES ESPECIALES

En ciertas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en este capítulo.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores.

En aquellos tramos de línea en que, debido a sus características especiales, haya que reforzar sus condiciones de seguridad, será preceptiva la aplicación de las siguientes prescripciones.

a) Ningún conductor tendrá una carga de rotura inferior a 1.200 daN en líneas de tensión nominal superior a 30 kV, ni inferior a 1.000 daN en líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV. Los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce.
b) Se prohíbe la utilización de apoyos de madera.
c) Los coeficientes de seguridad en cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25 % superiores a los establecidos para la línea.
d) La fijación de los conductores al apoyo podrá ser efectuada con dos cadenas horizontales de amarre por conductor, con una cadena sencilla de suspensión, en la que los coeficientes de seguridad mecánica de herrajes y aisladores sean un 25 % superiores a los establecidos, o con una cadena de suspensión doble.

A efectos de aplicación en las distancias siguientes, Del es la distancia de aislamiento para prevenir una descarga entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra, y Dpp es la distancia de aislamiento para prevenir una descarga entre conductores de fase. Sus valores están indicados en la tabla 15 de la ITC-LAT 07.

2.2.2 DISTANCIAS A OTRAS LINEAS ELECTRICAS AEREAS O DE TELECOMUNICACION

2.2.2.1 CRUZAMIENTOS

Son de aplicación las prescripciones especiales señaladas en el apartado 1.11.1 Prescripciones especiales. En cualquier caso, en líneas de tensión nominal superior a 30 kV podrá admitirse la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce. También podrán emplearse apoyos de

madera siempre que su fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón. La condición c) no es de aplicación.

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de tensión más elevada, y en el caso de igual tensión la que se instale con posterioridad.

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la superior no será menor de:

1,5 + Del (m) (hipótesis viento)

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

Dadd + Dpp (m)

Siendo:

Tensión nominal de la línea de mayor tensión (kV)	Dadd (m)
De 3 a 30	1,8 (Dcruce ≤ 25 m) 2,5 (Dcruce > 25 m)
45 o 66	2,5
110, 132, 150	3
220	3,5
400	4

2.2.2.2 PARALELISMOS ENTRE LINEAS AEREAS

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 1.11.1 Prescripciones especiales.

Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o distribución a distancias inferiores a 1,5 veces la altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos.

Se evitará siempre que sea factible el paralelismo de las líneas eléctricas de alta tensión con líneas de telecomunicación y, cuando no sea posible, se mantendrá entre las trazas de los conductores más próximos de una y otra línea una distancia de 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

2.2.3 DISTANCIAS A CARRETERAS

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 m en autopistas, autovías y

vías rápidas, y a 25 m en el resto de las carreteras estatales.

- Para carreteras no estatales, la instalación deberá cumplir la normativa de cada CCAA.

2.2.3.1 CRUZAMIENTOS

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 1.11.1 Prescripciones especiales. No obstante, en lo que se refiere al cruce con carreteras locales y vecinales, se admite la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce para las líneas de tensión nominal superior a 30 kV.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

6,3 + Del (m) (mínimo 7 m)

2.2.3.2 PARALELISMOS

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 1.11.1 Prescripciones especiales.

2.2.4 DISTANCIAS A FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación, desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.
- La línea límite de edificación es la situada a 50 m de la arista exterior de la explanación. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por dicha línea limite.
- En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a 1,5 veces la altura del apoyo.

2.2.4.1 CRUZAMIENTOS

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 1.11.1 Prescripciones especiales.

La distancia mínima de los conductores sobre las cabezas de los carriles será de:

6,3 + Del (m) (mínimo 7 m)

2.2.4.2 PARALELISMOS

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 1.11.1 Prescripciones especiales.

2.2.5 PASO POR ZONAS

2.2.5.1 BOSQUES, ARBOLES Y MASAS DE ARBOLADO

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas.

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia a ambos lados de dicha proyección:

1,5 + Del (m) (mínimo 2 m)

Además, deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea.

2.2.6 RESUMEN DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Seguidamente se exponen aquellos cruzamientos, paralelismos y pasos por zonas especiales, exigidos por la traza de la línea, con expresión de los datos que los identifican y que en todo caso se ajustarán a lo preceptuado en la ITC-LAT 07, art. 5 Distancias mínimas de seguridad. Cruzamientos y paralelismos.

- No existen cruzamientos
- No existen paralelismos

2.3 IMPACTO AMBIENTAL

La instalación proyectada no precisa Estimación/Declaración de Impacto Ambiental, según Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

La línea no atraviesa en todo o en parte Parques o Parajes Naturales u otros Espacios Naturales Protegidos mediante Decreto de la Generalitat Valenciana.

La línea proyectada cumple asimismo las especificaciones de la Ley 3/1993 de 9 de diciembre, de las Cortes Valencianas (Ley Forestal).

2.4 CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

2.4.1 CONDUCTOR A EMPLEAR

El conductor a utilizar será de Aluminio-Acero, tipo 47-AL1/8-ST1 según UNE-EN 50182, antiguamente LA-56 según recomendación UNESA 3403 (Sep.1996) y UNE 21018, cuyas principales características son:

Sección de Aluminio: 46,75 mm^2.

Sección de Acero: 7,79 mm^2.

Sección total del conductor:	54,6 mm^2.
Composición:	6+1 Alambres.
Diametro de aparente del cable:	9,5 mm.
Carga mínima de rotura:	1.670 kp/mm^2.
Módulo de elasticidad:	8.100 kg/mm^2.
Coeficiente de dilatación lineal:	$19,1 \times 10^{-6}$ $ºC^{-1}$.
Peso:	189,1 kg/km.
Resistencia eléctrica c.c. a 20 ºC:	0,6136 Ω/km.
Densidad máxima de corriente:	3,65 A/mm^2.

La densidad de corriente se ha determinado según lo señalado en el art. 4.2 de la ITC-LAT 07.

2.4.2 HERRAJES Y ACCESORIOS

Deberán cumplir los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN IEC 61854 o UNE-EN IEC 61897. Su diseño deberá ser tal que sean compatibles con los requisitos eléctricos especificados para la línea aérea.

Todos los materiales utilizados en la construcción de herrajes y accesorios de líneas aéreas deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica. La elección de materiales o el diseño de herrajes y accesorios deberá ser tal que la corrosión galvánica de herrajes o conductores sea mínima.

Todos los materiales férreos, que no sean de acero inoxidable, utilizados en la construcción de herrajes, deberán ser protegidos contra la corrosión atmosférica mediante galvanizado en caliente.

Los herrajes y accesorios sujetos a articulaciones o desgaste deberán ser diseñados y fabricados, incluyendo la selección del material, para asegurar las máximas propiedades de resistencia al rozamiento y al desgaste.

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores deberán cumplir con los requisitos de resistencia mecánica dados en las normas UNE-EN IEC 60305 y UNE-EN IEC 60433 o UNE-EN 61466-1.

Las dimensiones de acoplamiento de los herrajes a los aisladores deberán cumplir con la Norma UNE 21009 o la Norma UNE 21128.

Los dispositivos de cierre y bloqueo utilizados en el montaje de herrajes con uniones tipo rótula, deberán cumplir con los requisitos de la norma UNE-EN 60372.

Cuando se elijan metales o aleaciones para herrajes de líneas, deberá considerarse el posible efecto de bajas temperaturas, cuando proceda. Cuando se elijan materiales no metálicos, deberá considerarse su posible reacción a temperaturas extremas, radiación UV, ozono y polución atmosférica.

Las características principales del elemento aislador figuran en el anexo de cálculo del proyecto.

2.4.3 AISLADORES. NIVEL DE AISLAMIENTO

Comprenderán cadenas de unidades de aisladores del tipo caperuza y vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana. Podrán estar fabricados usando materiales cerámicos (porcelana), vidrio, aislamiento compuesto de goma de silicona, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función.

Deberán resistir la influencia de todas las condiciones climáticas, incluyendo las radiaciones solares. Deberán resistir la polución atmosférica y ser capaces de funcionar satisfactoriamente cuando estén sujetos a las condiciones de polución.

Todos los materiales usados en la construcción de aisladores deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica.

Podrá obtenerse un indicador de la durabilidad de las cadenas de aisladores de material cerámico o vidrio a partir de los ensayos termomecánicos especificados en la norma UNE-EN 60383-1.

Todos los materiales férreos, que no sean de acero inoxidable, usados en aisladores, deberán ser protegidos contra la corrosión atmosférica mediante galvanizado en caliente, debiendo cumplir los requisitos de ensayo indicados en la norma UNE-EN 60383-1.

Las características y dimensiones de los aisladores utilizados para la construcción de líneas aéreas deberán cumplir con los requisitos dimensionales de las siguientes normas:

- UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433, para elementos de cadenas de aisladores de vidrio o cerámicos.
- UNE-EN 61466-1 y UNE-EN 61466-2, para aisladores de aislamiento compuesto de goma de silicona.
- CEI 60720, para aisladores rígidos de columna o peana.
- UNE-EN 62217 para aisladores poliméricos.

A continuación, se dan los niveles de aislamiento mínimo correspondientes a la tensión más elevada de la línea, 24 kV, así como los elementos que integran las cadenas de aisladores en el presente Proyecto.

Se establecen dos niveles de aislamiento, los cuales superan las prescripciones reglamentarias dadas en el art.4.4 de la ITC-LAT 07 de 125 kV y 50 kV, a tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo y tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial, respectivamente.

El nivel de aislamiento será el señalado en la tabla 12 del art.4.4 de la ITC-LAT 07, se determinan en función de los niveles de contaminación de la zona en la que vaya a instalarse la línea, estos niveles de contaminación son:

NIVEL II – Medio

- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.
- Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias, pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.

Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros).

2.4.3.1 NIVELES DE AISLAMIENTO, PARA ZONAS DE NIVEL DE POLUCION MEDIO (II)

Si se emplean aisladores de vidrio de tipo caperuza y vástago según norma UNE-EN60305, también cumplirán la norma NI 48.10.01, se utilizarán, por cadena, dos aisladores del tipo U 70 BS y cuyas características son:

Aislador tipo U 70 BS

- Material..... Vidrio
- Esfuerzo de rotura electromecánico o mecánico..... 7.000 daN
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante..... 255 mm
- Paso nominal..... 127 mm
- Linea de fuga..... 280 mm
- Diámetro del vástago..... 16 mm

Colocando 2 elementos en cada cadena, las características de estas son:

- Tensión de contorneo bajo lluvia a 50 Hz durante 1 min..... 72 kV eficaces
- Tensión 50% bajo onda de choque 1,2/50 μs..... 190 kV Cresta

Si se emplea aislamiento de composite según norma NI 48.08.01, las cadenas estarán formadas por un aislador cuyas características son:

Aislador tipo U 70 YB 20

- Material..... Composite
- Esfuerzo de rotura electromecánico o mecánico..... 7.000 daN
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante..... 480 mm

- Tensión de contorneo bajo lluvia a 50 Hz durante 1 min..... 70 kV eficaces

- Tensión 50% bajo onda de choque 1,2/50 μs..... 165 kV Cresta

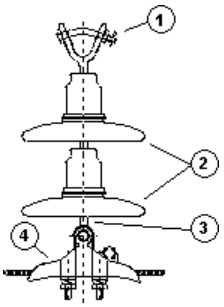
2.4.3.2 ARMADO DE LAS CADENAS A UTILIZAR

Se establecen tres tipos de cadenas, suspensión normal, suspensión reforzada (cruce) y amarre, las cuales están formadas por dos aisladores de vidrio o un aislador de composite, más cada uno de los herrajes de enlace necesarios al tipo de aislamiento, finalizando con el elemento de amarre apropiado a cada conductor, de forma que cada tipo de cadena alcance una longitud aproximada de 500 mm.

Las cadenas formadas con aisladores de composite están recomendadas en aquellas zonas que se produzcan roturas masivas de aisladores de vidrio.

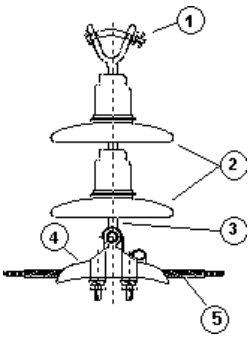
En el apartado planos se indica el armado que se realiza para cada uno de los apoyos.

Nivel de contaminación II - aisladores de vidrio



Suspensión normal

Ref.	Denominación
1	Horquilla bola HBV 16/16
2	Aislador U70BS
3	Alojamiento de rótula R 16/17
4	Grapa de suspensión GS-1 (LA-56 y LA-78))
	Grapa de suspensión GS-2 (LA-110)



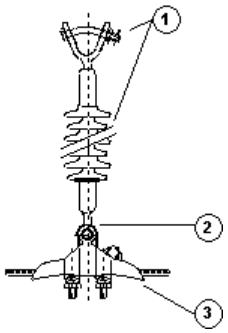
Suspensión reforzada (cruce)

Ref.	Denominación
1	Horquilla bola HBV 16/16
2	Aislador U70BS
3	Alojamiento de rótula R16/17
4	Grapa de suspensión GS-2 (LA-56)
	Grapa de suspensión GS-3 (LA-78 y LA-110)
5	Varillas preformadas de protección VPP-56
	Varillas preformadas de protección VPP-78
	Varillas preformadas de protección VPP-110

Amarre

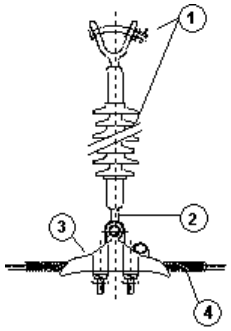
Ref.	Denominación
1	Horquilla bola HBV 16/16
2	Aislador U70BS
3	Alojamiento de rótula R16/17 P
4	Grapa de amarre GA-1 (LA-56)
	Grapa de amarre GA-2 (LA-78 y LA-110)

Nivel de contaminación II - aisladores de composite



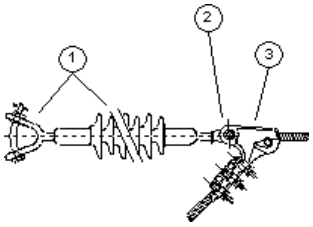
Suspensión normal

Ref.	Denominación
1	Aislador composite U70 YB 20
2	Alojamiento de rótula R16/17
3	Grapa de suspensión GS-1 (LA-56 y LA-78))
	Grapa de suspensión GS-2 (LA-110)



Suspensión reforzada (cruce)

Ref.	Denominación
1	Aislador composite U70 YB 20
2	Alojamiento de rótula R16/17
3	Grapa de suspensión GS-2 (LA-56)
	Grapa de suspensión GS-3 (LA-78 y LA-110)
4	Varillas preformadas de protección VPP-56
	Varillas preformadas de protección VPP-78
	Varillas preformadas de protección VPP-110



Amarre

Ref.	Denominación
1	Aislador composite U70 YB 20
2	Alojamiento de rótula R16/17 P
3	Grapa de amarre GA-1 (LA-56)

Grapa de amarre GA-2 (LA-78 y LA-110)

2.4.4 CRUCETAS

Las crucetas a utilizar serán metálicas galvanizadas por inmersión en caliente, capaces de soportar los esfuerzos a que estén sometidas, y con las distancias adecuadas a los vanos contiguos.

En apoyos de ángulo y anclaje podrán emplearse crucetas bóveda de ángulo y anclaje según NI 52.31.03, o bien crucetas rectas según NI 52.31.02. En los apoyos de alineación, preferentemente se emplearán crucetas bóveda de alineación según NI 52.30.22 y en apoyos de fin de línea preferentemente se emplearán crucetas rectas.

Se emplearán crucetas NI, con el fin de que la instalación se quede arreglo normativa de la compañía suministradora en previsión de realizar una futura cesión de la misma en caso de ser necesario.

Las crucetas además de cumplir la misión de dar la separación adecuada a los conductores, deben soportar las cargas verticales que los mismos transmiten.

2.4.5 APOYOS

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores a los apoyos.

Los materiales empleados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos, y en caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados para tal fin.

No se permitirá el uso de tirantes para la sujeción de los apoyos, salvo en caso de avería, sustitución o desvío provisional.

Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea, los apoyos se clasificarán en:

- Apoyo de suspensión: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- Apoyo de amarre: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
- Apoyo de anclaje: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.
- Apoyo de principio o fin de línea: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.
- Apoyos especiales: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasificarán en:

- Apoyo de alineación: Apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- Apoyo de ángulo: Apoyos de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

2.4.5.1 TIPO

Los apoyos a colocar serán metálicos cumplirán la norma UNE 207017, además se recomienda que cumplan la norma de la compañía suministradora NI 52.10.01, (con el fin de que la instalación se quede arreglo normativa de la compañía suministradora en previsión de realizar una futura cesión de la misma en caso de ser necesario)su altura será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, una altura mínima de 6 m, de acuerdo con el artículo 5 de la ITC-LAT 07. Para su comprobación puede ser consultado el plano correspondiente al perfil en el que se ha representado la catenaria del conductor más bajo en las condiciones más desfavorables.

Las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería, galvanizado, etc) responderán a lo indicado en la norma UNE 207017(celosía) y UNE 207018 (chapa) o, en su defecto, en otras normas o especificaciones técnicas reconocidas.

En los apoyos de acero, así como en los elementos metálicos de los apoyos de otra naturaleza, no se emplearán perfiles abiertos de espesor inferior a 4 mm. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior podrá reducirse a 3 mm. Análogamente, en construcción atornillada no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles de una anchura inferior a 35 mm.

No se emplearán tornillos de diámetro inferior a 12 mm. La utilización de perfiles cerrados se hará siempre de forma que se evite la acumulación de agua en su interior. En estas condiciones, el espesor mínimo de la pared no será inferior a 3 mm, límite que podrá reducirse a 2,5 mm cuando estuvieran galvanizados por inmersión en caliente.

Se recomienda la adopción de protecciones anticorrosivas de la máxima duración, en atención a las dificultades de los tratamientos posteriores de conservación necesarios.

Los apoyos situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica sea frecuente, dispondrán de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m.

2.4.5.2 APOYO A UTILIZAR EN LA RED

Las características de los apoyos de la línea vienen indicadas en los cálculos.

2.4.6 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TIERRAS Y CONDICIONES DE MONTAJE

El sistema de puesta a tierra estará constituido por uno o varios electrodos de puesta a tierra enterrados en el suelo y por la línea de tierra que conecta dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestos a tierra.

Los electrodos de puesta a tierra deberán ser de material, diseño, dimensiones, colocación en el terreno y número apropiados para la naturaleza y condiciones del terreno, de modo que puedan garantizar una tensión de contacto dentro de los niveles aceptables.

El uso de productos químicos para reducir la resistividad del terreno, aunque puede estar justificado en circunstancias especiales, plantea inconvenientes, ya que incrementa la corrosión de los electrodos de puesta a tierra, necesita un mantenimiento periódico y no es muy duradero.

2.4.6.1 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

Podrán disponerse de las siguientes formas:

- Electrodos horizontales de puesta a tierra (varillas, barras o cables enterrados) dispuestos en forma radial, formando una red mallada o en forma de anillo. También podrán ser placas o chapas enterradas.
- Picas de tierra verticales o inclinadas hincadas en el terreno, constituidas por tubos, barras u otros perfiles, que podrán estar formados por elementos empalmables.

Es recomendable que el electrodo de puesta a tierra esté situado a una profundidad suficiente para evitar la congelación del agua ocluida en el terreno. Los electrodos horizontales de puesta a tierra serán enterrados como mínimo a una profundidad de 0,5 m (habitualmente entre 0,5 m y 1 m). Esta medida garantiza una cierta protección mecánica.

Los electrodos horizontales de puesta a tierra se colocarán en el fondo de una zanja o en la excavación de la cimentación de forma que:

- Se rodeen con tierra ligeramente apisonada,
- Las piedras o grava no estén directamente en contacto con los electrodos de puesta a tierra enterrados,
- Cuando el suelo natural sea corrosivo para el tipo de metal que constituye el electrodo, el suelo se reemplace por un relleno adecuado.

Las picas verticales o inclinadas son particularmente ventajosas cuando la resistividad del suelo decrece mucho con la profundidad. Se clavarán en el suelo, empleando herramientas apropiadas para evitar que los electrodos se dañen durante su hincado.

Cuando se instalen varias picas en paralelo se separarán como mínimo 1,5 veces la longitud de la pica.

La parte superior de cada pica siempre quedará situada debajo del nivel de tierra.

Las uniones utilizadas para conectar las partes conductoras de una red de tierras, con los electrodos de puesta a tierra dentro de la propia red, deberán tener las dimensiones adecuadas para asegurar una conducción eléctrica y un esfuerzo térmico y mecánico equivalente a los de los propios electrodos.

Los electrodos de puesta a tierra deberán ser resistentes a la corrosión y no deberán ser susceptibles de crear pares galvánicos.

Cuando se tengan que conectar metales diferentes, que creen pares galvánicos, pudiendo causar una corrosión galvánica, las uniones se realizarán mediante piezas de conexión bimetálica apropiadas para limitar estos efectos.

2.4.6.2 LINEAS DE TIERRA

Los conductores de las líneas de tierra deberán instalarse procurando que su recorrido sea lo más corto posible, evitando trazados tortuosos y curvas de poco radio.

Conviene prestar especial atención para evitar la corrosión donde los conductores de las líneas de tierra desnudos entren el suelo o en el hormigón. En este sentido, cuando en el apoyo exista macizo de hormigón el conductor no deberá tenderse por encima de él, sino atravesarlo.

Se cuidará la protección de los conductores de las líneas de tierra en las zonas inmediatamente superior e inferior al terreno, de modo que queden defendidos contra golpes, etc.

En las líneas de tierra no podrán insertarse fusibles ni interruptores.

Las uniones no deberán poder soltarse y serán protegidas contra la corrosión. Cuando se tengan que conectar metales diferentes, que creen pares galvánicos, pudiendo causar una corrosión galvánica, las uniones se realizarán mediante piezas de conexión bimetálica apropiadas para limitar estos efectos.

Conviene que sea imposible desmontar las uniones sin herramientas.

2.4.6.3 CONEXIONES DE LOS APOYOS A TIERRA

Todos los apoyos de material conductor o de hormigón armado deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica. Los apoyos de material no conductor no necesitarán puesta a tierra. Además, todos los apoyos frecuentados, salvo los de material aislante, deberán ponerse a tierra.

La conexión específica a tierra de los apoyos de hormigón armado podrá efectuarse de las dos formas siguientes:

- Conectando a tierra directamente los herrajes o armaduras metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.
- Conectando a tierra la armadura del hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que se exigen para los conductores que constituyen la línea de tierra. Sin embargo, esta forma de conexión no se admitirá en los apoyos de hormigón pretensado.

En los apoyos de hormigón pretensado se deberán conectar a tierra, mediante un conductor de conexión, las armaduras metálicas que formen el puente conductor entre los puntos de fijación de los herrajes de los diversos aisladores.

La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará ni a través de la estructura del apoyo metálico ni de las armaduras, en el caso de apoyos de hormigón armado. Los chasis de los aparatos de maniobra y las envolventes de los transformadores podrán ponerse a tierra a través de la estructura del apoyo metálico.

2.4.7 DISEÑO Y VERIFICACION DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los apoyos, tanto metálicos como de hormigón, se conectarán a tierra teniendo presente lo especificado en el apartado 7.2.4. dela ITC-LAT 07.

Los sistemas y elementos de conexión de las puestas a tierra estarán conformes con lo expuesto en el apartado 7.2. de la ITC-LAT 07.

La disposición de las puestas a tierra será mediante electrodo de difusión o mediante anillo cerrado, según se muestra en el documento planos.

El dimensionamiento de la red de Puesta a Tierra deberá estar de acuerdo con lo mostrado en el apartado 7.3. de la ITC-LAT 07.

Los requisitos que fundamentalmente influyen en el sistema de puesta a tierra son, el método de puesta a tierra del neutro (neutro unido a tierra mediante impedancia), el tipo de apoyo en función de su ubicación (apoyos frecuentados o no frecuentados), y el material del apoyo (conductor o no).

Los apoyos que estén destinados a albergar aparatos de maniobra, deberán cumplir los mismos requisitos que los apoyos frecuentados.

Los apoyos que soporten transformadores deberán cumplir el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

2.4.7.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA PUESTA A TIERRA

Los parámetros necesarios para el dimensionamiento de los sistemas de puesta a tierra son el valor de la corriente de falta, la duración de la misma y las características del suelo.

2.4.7.2 CARACTERISTICAS DEL SUELO

El establecimiento de las características del suelo significa obtener la resistividad del terreno. Este valor puede ser obtenido de dos formas:

- Según se especifica en la MIE-RAT 13 del RCE, en función de la naturaleza del terreno, para el caso deinstalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA.

- Utilizando alguno de los métodos sancionados por la práctica para su medida, como es el método de Wenner.

La característica del suelo considerado en el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra, será mediante el parámetro ρs, que es la resistividad del suelo cerca de la superficie, tal como se indica en la MIE-RAT 13 del RCE.

Los valores medios de la resistividad según la naturaleza del terreno se muestran en la siguiente tabla:

Naturaleza del terreno	Valor medio resistividad (Ω*m)
Limo	20 - 100
Humus	10 - 150
Margas y arcillas compactas	100 - 200
Calizas blandas	100 – 300
Arena arcillosa	50 – 500
Arena silícea	200 – 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 – 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 – 3000
Calizas compactas	1000 – 5000
Pizarras	50 – 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 – 10000
Granitos y gres muy alterados	100 - 600

2.4.7.3 DIMENSIONADO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA TERMICA

Para el dimensionamiento de la resistencia térmica de los electrodos y de las líneas de tierra se seguirán los criterios indicados en el ITC-RAT-13.

2.4.7.4 DIMENSIONADO CON RESPECTO A LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS

Cuando se produce una falta a tierra, partes de la instalación se pueden poner en tensión, y en el caso de que una persona o animal estuviese tocándolas, podría circular a través de él una corriente peligrosa.

Esta tensión aplicada se define como tensión de contacto aplicada, Uca, los valores admisibles están en función de la duración de la corriente de falta a la que se somete el cuerpo humano entre la mano y los pies.

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

Salvo casos excepcionales justificados, no se considerarán tiempos de duración de la corriente de falta inferiores a 0,1 segundos.

De acuerdo a lo expuesto en el apartado 7.3.4. del ITC-LAT-07, una vez definido el valor de la tensión de contacto aplicada admisible, se procede a determinar la máxima tensión de contacto admisible, Uc, mediante la expresión siguiente:

$$\mathrm{Uc} = U_{ca}\left[1+\frac{R_{a1}+R_{a2}}{Z_B}\right] = Uca\left[1+\frac{R_{a1}+1{,}5\rho_S}{1000}\right]$$

donde:

U_{ca}: Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies, valor mostrado en la Tabla 34 en función de la duración de la falta (kV).

Z_B: Impedancia del cuerpo humano, se puede tomar como valor 1000Ω.

R_{a1}: Resistencia del calzado, suponiendo un calzado aislante, se puede tomar un valor de 1000 Ω.

R_{a2}: Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno. $R_{a2}=1{,}5\cdot\rho s$, donde ρs es la resistividad del suelo cerca de la superficie.

2.4.7.5 CLASIFICACION DE LOS APOYOS SEGÚN SU UBICACION

Conforme a lo expuesto en el apartado 7.3.4.2. de la ITC-LAT-07, a la hora de garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

1. Apoyos frecuentados: son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente. Los lugares que solamente se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.El diseño del sistema de puesta a tierra de este tipo de apoyos debe ser verificado según se indica en el apartado 7.3.4.3. de la ITC- LAT 07

Dentro de este tipo de apoyos se pueden distinguir dos subtipos:

a) Apoyos frecuentados con calzado: Se considerarán como resistencias adicionales la resistencia adicional del calzado,R_{a1}, y la resistencia a tierra de contacto, R_{a2}. Se puede emplear como valor de la resistencia del calzado 1000 Ω
b) Apoyos frecuentados sin calzado: 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. Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, campings, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

2. Apoyos no frecuentados: Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.

La clasificación de los apoyos de la red queda como sigue:

Número Apoyo	Tipo de zona
630662	Apoyo existente frecuentado con calzado (aparatos de maniobraSecc. Unip.)
2	Apoyo frecuentado con calzado (aparatos de maniobra (OCR))
3	Apoyo frecuentado con calzado (aparatos de maniobra (XS))

2.4.7.6 CALCULO JUSTIFICATIVO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA ELEGIDO

Cálculo justificativo del sistema de puesta a tierra elegido.<u>Apoyo nº 630662 Existente.</u>

Datos de la red de distribución:

Tensión nominal de la línea: Un = 20 kV

Intensidad máxima de falta a tierra: Imax.T = 500 A

<u>Apoyo nº 630662 Existente</u>

Para el dimensionado del sistema de puesta a tierra del apoyo nº 1 se considera el método UNESA.

Material del Apoyo: Acero

Clasificación del apoyo según su ubicación: Apoyo frecuentado con calzado.

Naturaleza del terreno: Arena Arcillosa

Resistividad del terreno: ρ_S = 50 Ω*m

Configuración electrodo puesta a tierra elegido UNESA = 25-25/5/42

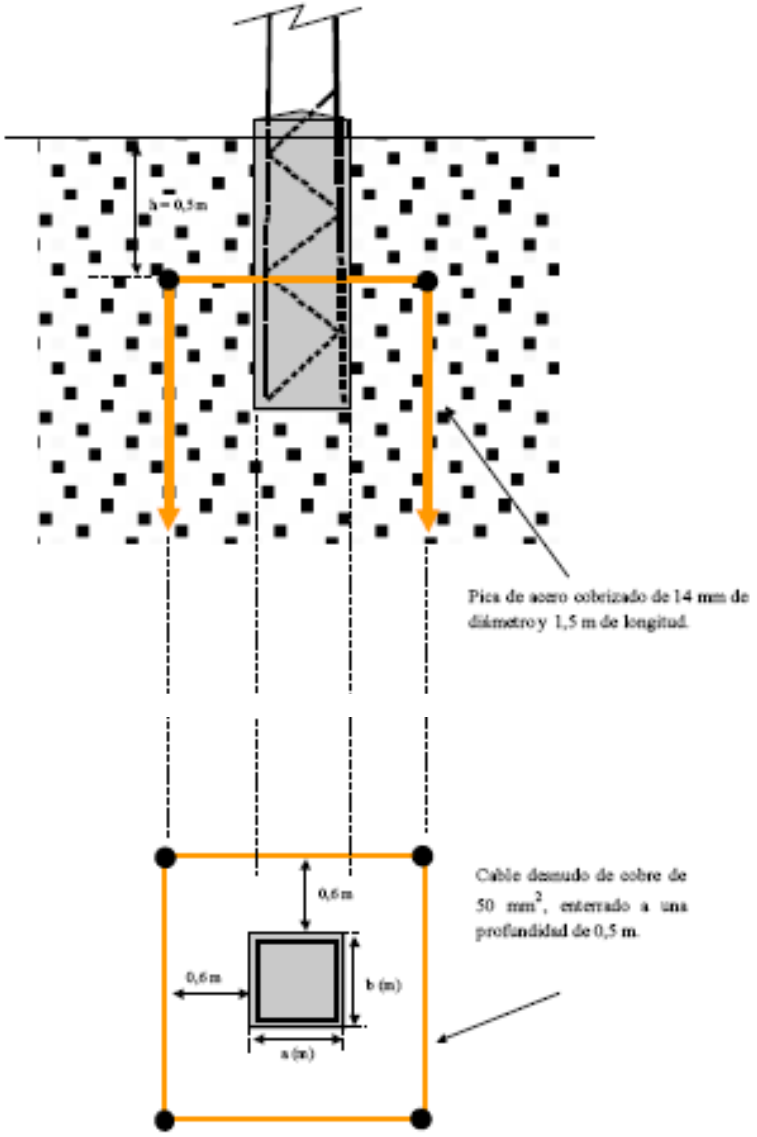
Parámetro de la resistencia de puesta a tierra del electrodo kr = 0,121 Ω/Ω*m

Parámetro de la tensión de contacto exterior máxima del electrodo kc = 0,0633 V/ (Ω*m)*A

Parámetro de la tensión de paso máxima del electrodo kp = 0,0291 V/ (Ω*m)*A

Parámetro de la tensión de paso máxima acceso del electrodo kp(acc) = 0,0633V/ (Ω*m)*A

La configuración tipo del electrodo a emplear en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados con calzado será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 0,6 m como mínimo, formado por conductor de cobre de 50 mm2, de sección, enterrado a 0,5 m de profundidad, al que se conectarán en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro. La configuración se indica en la siguiente figura.



Cálculo de la resistencia de tierra medida para el electrodo seleccionado $R_T = \rho_S \times kr$ = 6,05 Ω

Reactancia equivalente de la subestación XLTH = 25,4 Ω (Obtenido del apartado 5.3.4.3 punto 3 de la MT 2.23.35)

Con los parámetros anteriores se procederá al cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo

$$I'_{1F} = \frac{1{,}1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_T^2}} = 486{,}4581667 \text{ A}$$

Se realiza el cálculo de la tensión de contacto admisible en la instalación

$$U_C = K_C \cdot \rho_S \cdot I'_{1F}$$

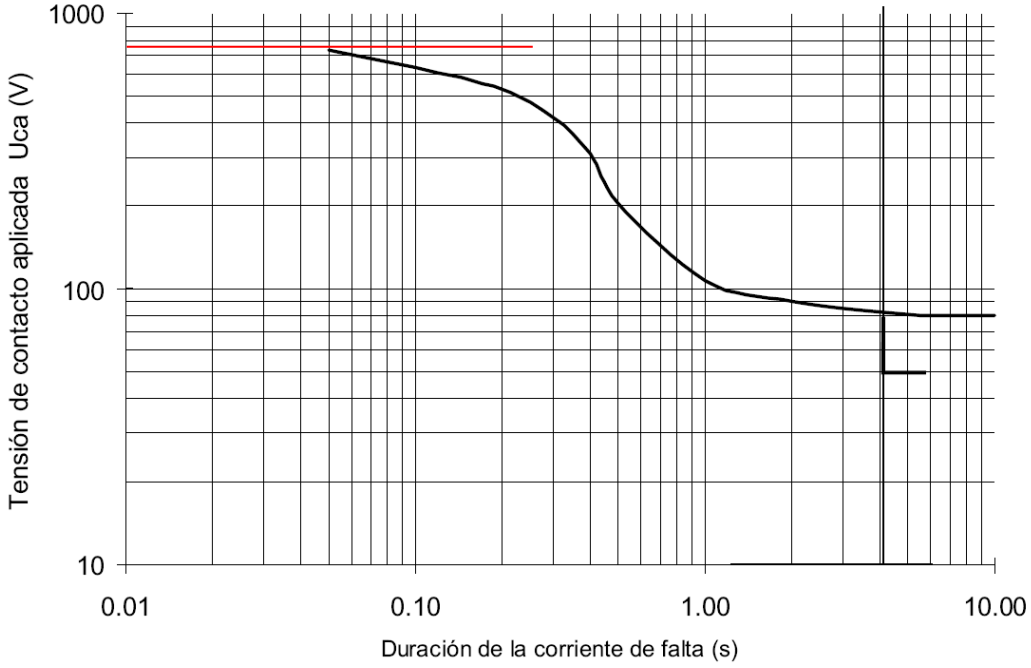
U_C = 0,0633×50×486,4581667 = 1539,6400976 V

A continuación se procede al cálculo de la tensión de contacto aplicada

$$Uca = \frac{Uc}{1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 * Z_b}} = 741{,}99522776 \text{ V (Apartado 5.3.4.3 punto 4 del MT 2.23.35)}$$

Con el valor de Uca, podemos determinar la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones en caso de falta a tierra), utilizando la figura 1 del apartado 7.3.4.1. de la ITC-LAT-07, que se muestra a continuación.

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



Para la tensión de contacto aplicada de 741,99522776 V, el tiempo de actuación de la protección debería ser inferior a < 0,05 segundos, nunca será inferior a 0,1 s, adoptándose un tiempo de actuación de la protección inferior a 0,1 s.

A continuación se verifica el sistema de puesta a tierra elegido, determinando el tiempo de actuación de la protección.

$$t = \frac{400}{I'_{1F}} = 0{,}82227008894\text{s}$$

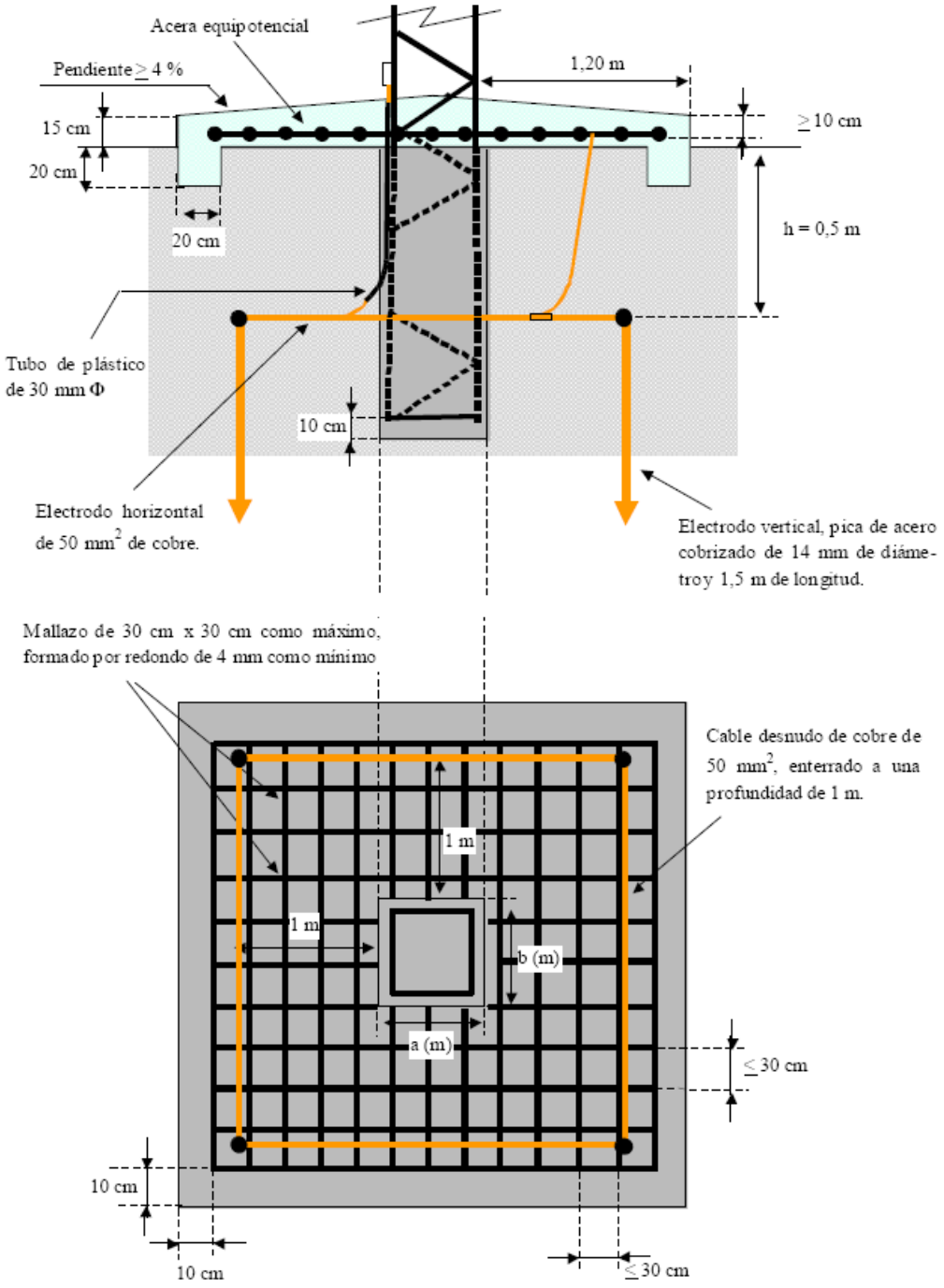
El sistema de puesta a tierra elegido será válido si el tiempo de actuación de la protección instalada para la intensidad de defecto es menor que el tiempo obtenido para la tensión de contacto aplicada, garantizándose en este caso que la tensión de contacto no será peligrosa.

Como 0,82227008894 s >0,1 s, no se cumple el requerimiento reglamentario.

Si esto no es así, o si los tiempos obtenidos son inferiores a 0,1 s (valor límite especificado en el apartado 1.1 de laMIE-RAT 13 del RCE), y a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes se recurre al empleo de medidas adicionales, tal como establece la ITC-LAT 07 del RLAT. Estas medidas, pueden ser:

a) Macizo de hormigón con mallazo unido al electrodo de puesta a tierra, de 1,2 m de ancho, perimetral con la cimentación del apoyo.
b) Sistemas antiescalo de fábrica de ladrillo o aislantes que impidan el contacto con las partes metálicas puestas a tierra, hata una altura de 2,50 m.
c) Acera de hormigón, de 1,20 m, perimetral con la cimentación del apoyo.

Con objeto de que la tensión de contacto sea cero, se considera el caso “a”, puesto que es la medida adoptada para el CTI de cliente, se realizará una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra de protección del apoyo. El esquema indicado para las diferentes configuraciones tipo, se representan en la siguiente figura.



Al adoptar esta medida adicional, no será necesario calcular la tensión de contacto aplicada ya que es cero, pero será necesario cumplir con los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas. Para ello deberá tomarse como referencia lo establecido en la MIE- RAT 13 del RCE.

A continuación se determina la tensión de paso máxima que aparece en la instalación.

Se considera el Kp de acceso puesto que es el más desfavorable.

kp = 0,0633V/ (Ω*m)*A (valor para el electrodo 25-25/5/42, según anexo II, del método UNESA)

$U_{p.\max} = K_p \cdot \rho_S \cdot I'_{1F}$ = 0,0633×50×486,4581667 = 1539,6400976V

Con este valor se determinará la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de la protección) que garantizará el cumplimiento de la tensión de paso de acceso.

Tensión máxima aplicada a la persona:

$$U_{pa} = \frac{U_{p.\max}}{1+\frac{2R_{a1}+3\rho_s+3\rho'_s}{Z_b}} = 108,80848746 \text{ V.}$$

Siendo el tiempo de actuación de la protección de:

$$t = \frac{400}{I'_{1F}} = 0,82227008894\text{s}$$

Según el RCE, para tiempos comprendidos entre 0,9 ≥ t > 0,1 segundos el valor de la tensión máxima aplicada de paso aplicada no será superior a:

$$V_p = 10\frac{k}{t^n} = 875,62470006 \text{ V}$$

Siendo:

Vp, tensión máxima aplicada de paso en voltios

t, duración de la falta en segundos

k y n, constantes en función del tiempo

0,9 ≥ t > 0,1 segundos,	k = 72 y n = 1
3 ≥ t > 0,9 segundos,	k = 78,5 y n = 0,18
5 ≥ t > 3 segundos,	Vp = 640 V
t > 5 segundos,	Vp = 500 V

Como Upa = 108,80848746 V <875,62470006 V el electrodo considerado 25-25/5/42 cumple con el requisito reglamentario.

Cálculo justificativo del sistema de puesta a tierra elegido.<u>Apoyo nº 2 (OCR).</u>

Datos de la red de distribución:

Tensión nominal de la línea: Un = 20 kV

Intensidad máxima de falta a tierra: Imax.T = 500 A

<u>Apoyo nº 2 (OCR)</u>

Para el dimensionado del sistema de puesta a tierra del apoyo nº 1 se considera el método UNESA.

Material del Apoyo: Acero

Clasificación del apoyo según su ubicación: Apoyo frecuentado con calzado.

Naturaleza del terreno: Arena Arcillosa

Resistividad del terreno: ρ_S = 50 Ω*m

Configuración electrodo puesta a tierra elegido UNESA = 25-25/5/42

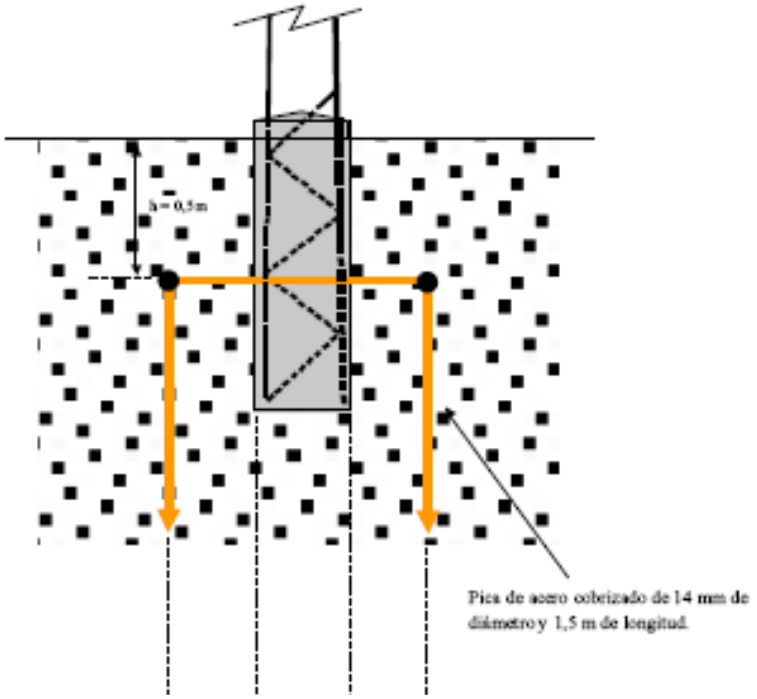
Parámetro de la resistencia de puesta a tierra del electrodo kr = 0,121 Ω/Ω*m

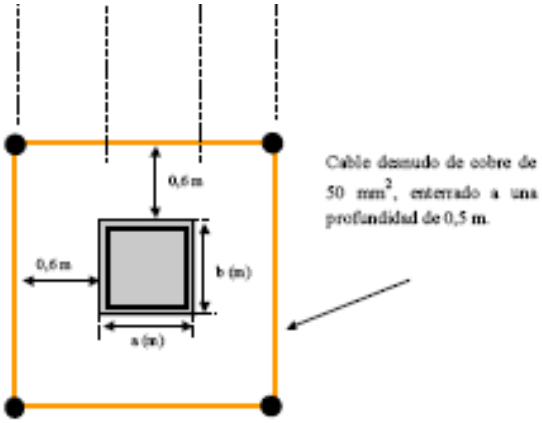
Parámetro de la tensión de contacto exterior máxima del electrodo kc = 0,0633 V/ (Ω*m)*A

Parámetro de la tensión de paso máxima del electrodo kp = 0,0291 V/ (Ω*m)*A

Parámetro de la tensión de paso máxima acceso del electrodo kp(acc) = 0,0633V/ (Ω*m)*A

La configuración tipo del electrodo a emplear en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados con calzado será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 0,6 m como mínimo, formado por conductor de cobre de 50 mm2, de sección, enterrado a 0,5 m de profundidad, al que se conectarán en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizazo de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro. La configuración se indica en la siguiente figura.





Cálculo de la resistencia de tierra medida para el electrodo seleccionado $R_T = \rho_S \times kr = 6{,}05\ \Omega$

Reactancia equivalente de la subestación XLTH = 25,4 Ω (Obtenido del apartado 5.3.4.3 punto 3 de la MT 2.23.35)

Con los parámetros anteriores se procederá al cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo

$$I'_{1F} = \frac{1{,}1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_T^2}} = 486{,}4581667\ \text{A}$$

Se realiza el cálculo de la tensión de contacto admisible en la instalación

$$U_C = K_C \cdot \rho_S \cdot I'_{1F}$$

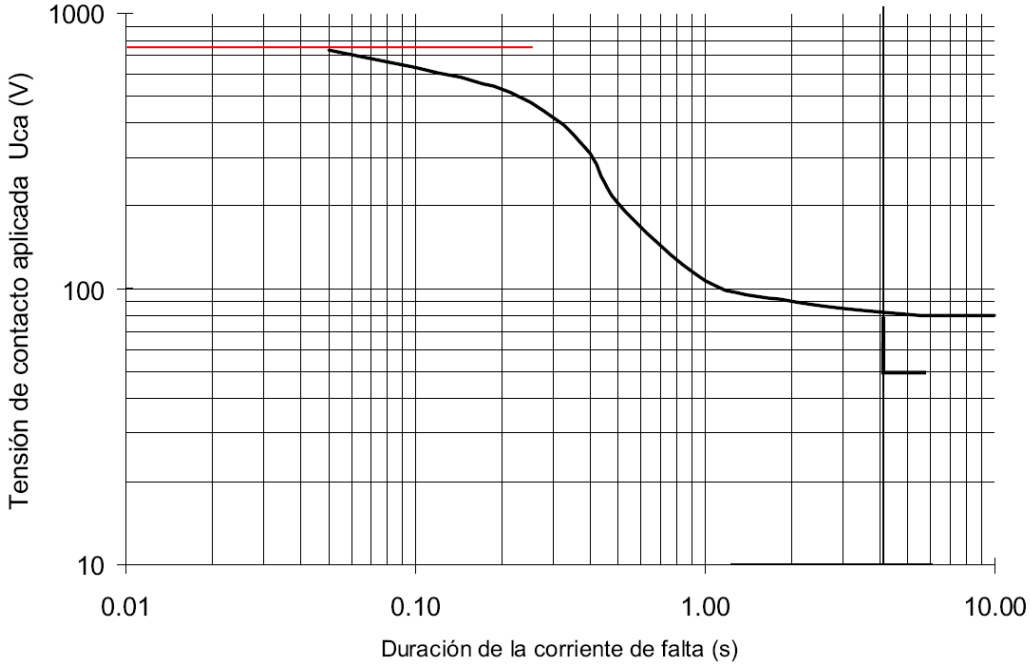
$U_C = 0{,}0633 \times 50 \times 486{,}4581667 = 1539{,}6400976$ V

A continuación se procede al cálculo de la tensión de contacto aplicada

$$Uca = \frac{Uc}{1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 * Z_b}} = 741{,}99522776\ \text{V}$$ (Apartado 5.3.4.3 punto 4 del MT 2.23.35)

Con el valor de Uca, podemos determinar la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones en caso de falta a tierra), utilizando la figura 1 del apartado 7.3.4.1. de la ITC-LAT-07, que se muestra a continuación.

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



Para la tensión de contacto aplicada de 741,99522776 V, el tiempo de actuación de la protección debería ser inferior a < 0,05 segundos, nunca será inferior a 0,1 s, adoptándose un tiempo de actuación de la protección inferior a 0,1 s.

A continuación se verifica el sistema de puesta a tierra elegido, determinando el tiempo de actuación de la protección.

$$t = \frac{400}{I'_{1F}} = 0{,}82227008894\text{s}$$

El sistema de puesta a tierra elegido será válido si el tiempo de actuación de la protección instalada para la intensidad de defecto es menor que el tiempo obtenido para la tensión de contacto aplicada, garantizándose en este caso que la tensión de contacto no será peligrosa.

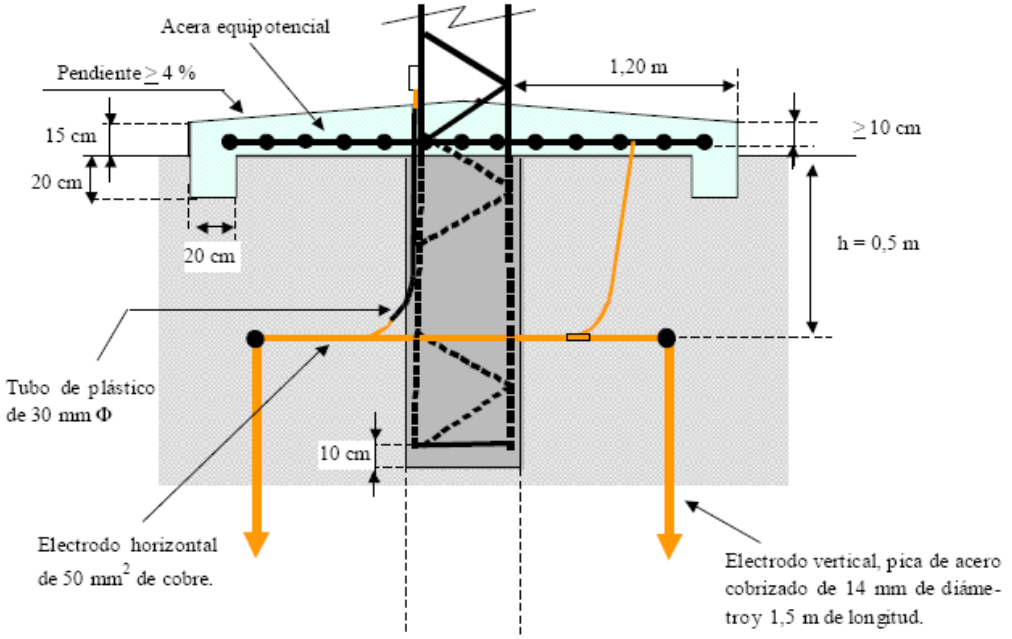
Como 0,82227008894 s >0,1 s, no se cumple el requerimiento reglamentario.

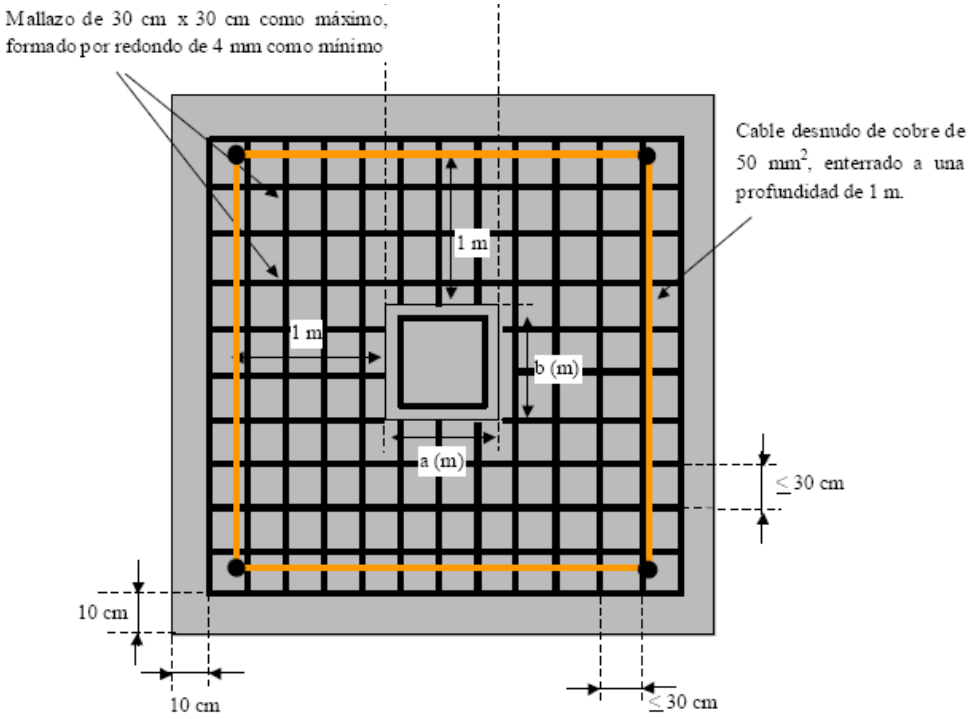
Si esto no es así, o si los tiempos obtenidos son inferiores a 0,1 s (valor límite especificado en el apartado 1.1 de laMIE-RAT 13 del RCE), y a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes se recurre al empleo de medidas adicionales, tal como establece la ITC-LAT 07 del RLAT. Estas medidas, pueden ser:

a) Macizo de hormigón con mallazo unido al electrodo de puesta a tierra, de 1,2 m de ancho, perimetral con la cimentación del apoyo.
b) Sistemas antiescalo de fábrica de ladrillo o aislantes que impidan el contacto con las partes metálicas puestas a tierra, hata una altura de 2,50 m.

c) Acera de hormigón, de 1,20 m, perimetral con la cimentación del apoyo.

Con objeto de que la tensión de contacto sea cero, se considera el caso “a”, puesto que es la medida adoptada para el CTI de cliente, se realizará una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra de protección del apoyo. El esquema indicado para las diferentes configuraciones tipo, se representan en la siguiente figura.





Al adoptar esta medida adicional, no será necesario calcular la tensión de contacto aplicada ya que es cero, pero será necesario cumplir con los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas. Para ello deberá tomarse como referencia lo establecido en la MIE- RAT 13 del RCE.

A continuación se determina la tensión de paso máxima que aparece en la instalación.

Se considera el Kp de acceso puesto que es el más desfavorable.

kp = 0,0633V/ (Ω*m)*A (valor para el electrodo 25-25/5/42, según anexo II, del método UNESA)

$U_{p.\max} = K_p \cdot \rho_S \cdot I'_{1F}$ = 0,0633×50×486,4581667 = 1539,6400976V

Con este valor se determinará la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de la protección) que garantizará el cumplimiento de la tensión de paso de acceso.

Tensión máxima aplicada a la persona:

$$U_{pa} = \frac{U_{p.\max}}{1+\frac{2R_{a1}+3\rho_s+3\rho'_s}{Z_b}} = 108{,}80848746 \text{ V.}$$

Siendo el tiempo de actuación de la protección de:

$$t = \frac{400}{I'_{1F}} = 0{,}82227008894\text{s}$$

Según el RCE, para tiempos comprendidos entre 0,9 ≥ t > 0,1 segundos el valor de la tensión máxima aplicada de paso aplicada no será superior a:

$V_p = 10\frac{k}{t^n}$ = 875,62470006 V

Siendo:

Vp, tensión máxima aplicada de paso en voltios

t, duración de la falta en segundos

k y n, constantes en función del tiempo

0,9 ≥ t > 0,1 segundos,	k = 72 y n = 1
3 ≥ t > 0,9 segundos,	k = 78,5 y n = 0,18
5 ≥ t > 3 segundos,	Vp = 640 V
t > 5 segundos,	Vp = 500 V

Como Upa = 108,80848746 V <875,62470006 V el electrodo considerado 25-25/5/42 cumple con el requisito reglamentario.

Cálculo justificativo del sistema de puesta a tierra elegido. Apoyo nº 3 (XS – CON PASO A/S).

Datos de la red de distribución:

Tensión nominal de la línea: Un = 20 kV

Intensidad máxima de falta a tierra: Imax.T = 500 A

Apoyo nº 3(XS – CON PASO A/S)

Para el dimensionado del sistema de puesta a tierra del apoyo nº 3 se considera el método UNESA.

Material del Apoyo: Acero

Clasificación del apoyo según su ubicación: Apoyo frecuentado con calzado.

Naturaleza del terreno: Arena Arcillosa

Resistividad del terreno: ρ_S = 50 Ω*m

Configuración electrodo puesta a tierra elegido UNESA = 25-25/5/42

Parámetro de la resistencia de puesta a tierra del electrodo kr = 0,121 Ω/Ω*m

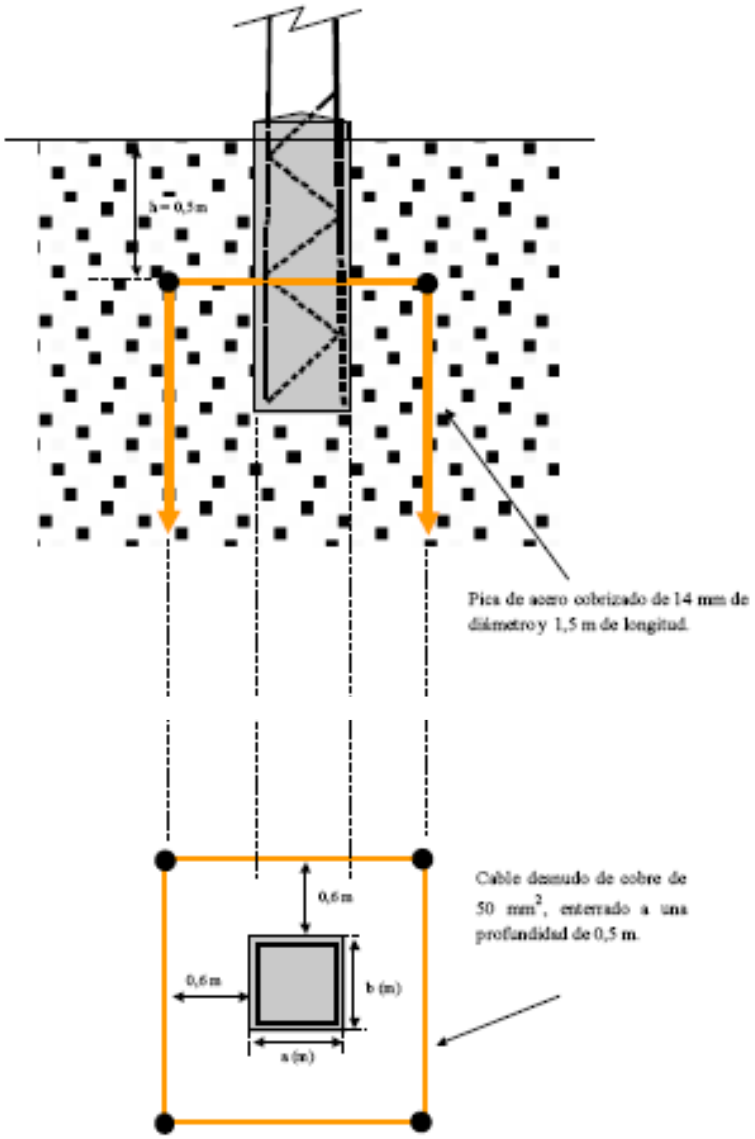
Parámetro de la tensión de contacto exterior máxima del electrodo kc = 0,0633 V/ (Ω*m)*A

Parámetro de la tensión de paso máxima del electrodo kp = 0,0291 V/ (Ω*m)*A

Parámetro de la tensión de paso máxima acceso del electrodo kp(acc) = 0,0633V/ (Ω*m)*A

La configuración tipo del electrodo a emplear en el caso de líneas aéreas con apoyos frecuentados con calzado será la de un bucle perimetral con la cimentación, cuadrado, a una distancia horizontal de 0,6 m como mínimo, formado por conductor de cobre de 50 mm2, de sección, enterrado a 0,5 mde

profundidad, al que se conectarán en cada uno de sus vértices cuatro picas de acero cobrizado de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro. La configuración se indica en la siguiente figura.



Cálculo de la resistencia de tierra medida para el electrodo seleccionado $R_T = \rho_S \times kr = 6{,}05\ \Omega$

Reactancia equivalente de la subestación XLTH = 25,4 Ω (Obtenido del apartado 5.3.4.3 punto 3 de la MT 2.23.35)

Con los parámetros anteriores se procederá al cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo

$$I''_{1F} = \frac{1{,}1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_T^2}} = 486{,}4581667 \text{ A}$$

Se realiza el cálculo de la tensión de contacto admisible en la instalación

$$U_C = K_C \cdot \rho_S \cdot I'_{1F}$$

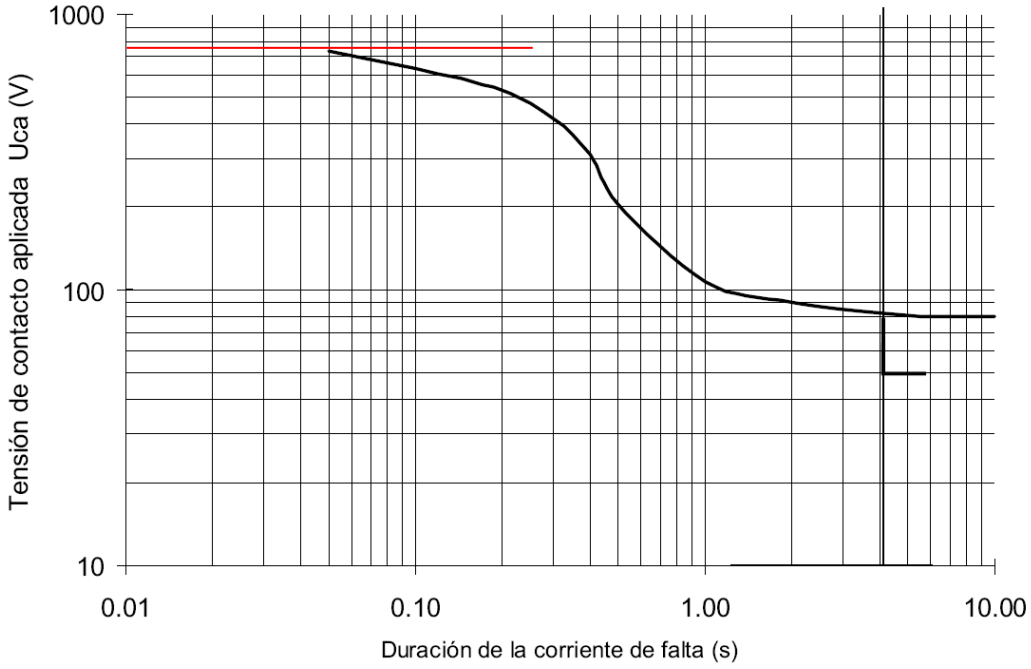
U_C = 0,0633×50×486,4581667 = 1539,6400976 V

A continuación se procede al cálculo de la tensión de contacto aplicada

$$Uca = \frac{Uc}{1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 * Z_b}}$$ = 741,99522776 V (Apartado 5.3.4.3 punto 4 del MT 2.23.35)

Con el valor de Uca, podemos determinar la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones en caso de falta a tierra), utilizando la figura 1 del apartado 7.3.4.1. de la ITC-LAT-07, que se muestra a continuación.

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



Para la tensión de contacto aplicada de 741,99522776 V, el tiempo de actuación de la protección debería ser inferior a < 0,05 segundos, nunca será inferior a 0,1 s, adoptándose un tiempo de actuación de la protección inferior a 0,1 s.

A continuación se verifica el sistema de puesta a tierra elegido, determinando el tiempo de actuación de la protección.

$$t = \frac{400}{I'_{1F}}$$ = 0,82227008894s

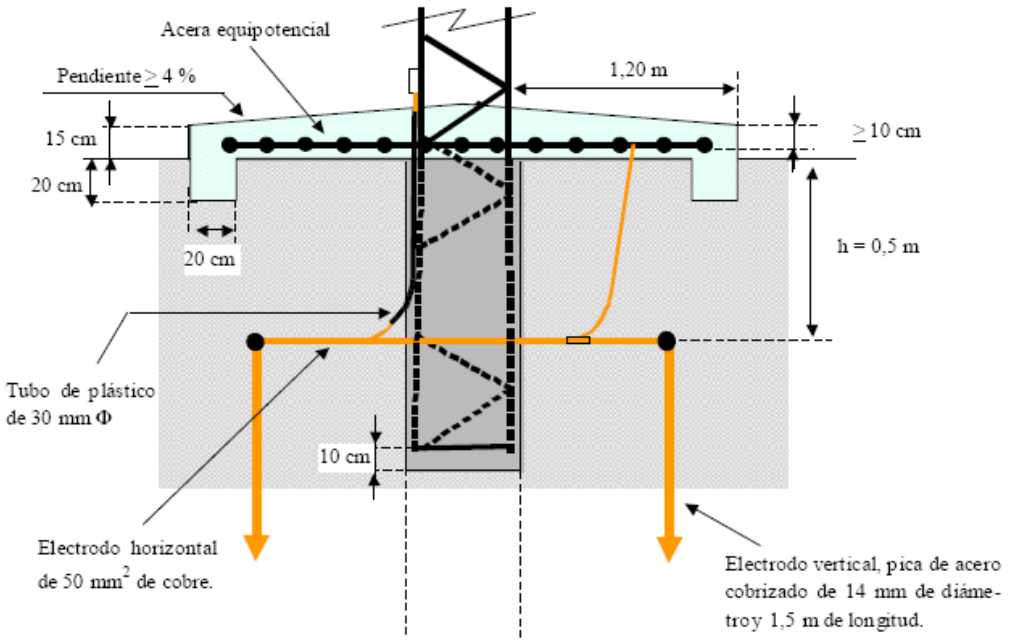
El sistema de puesta a tierra elegido será válido si el tiempo de actuación de la protección instalada para la intensidad de defecto es menor que el tiempo obtenido para la tensión de contacto aplicada, garantizándose en este caso que la tensión de contacto no será peligrosa.

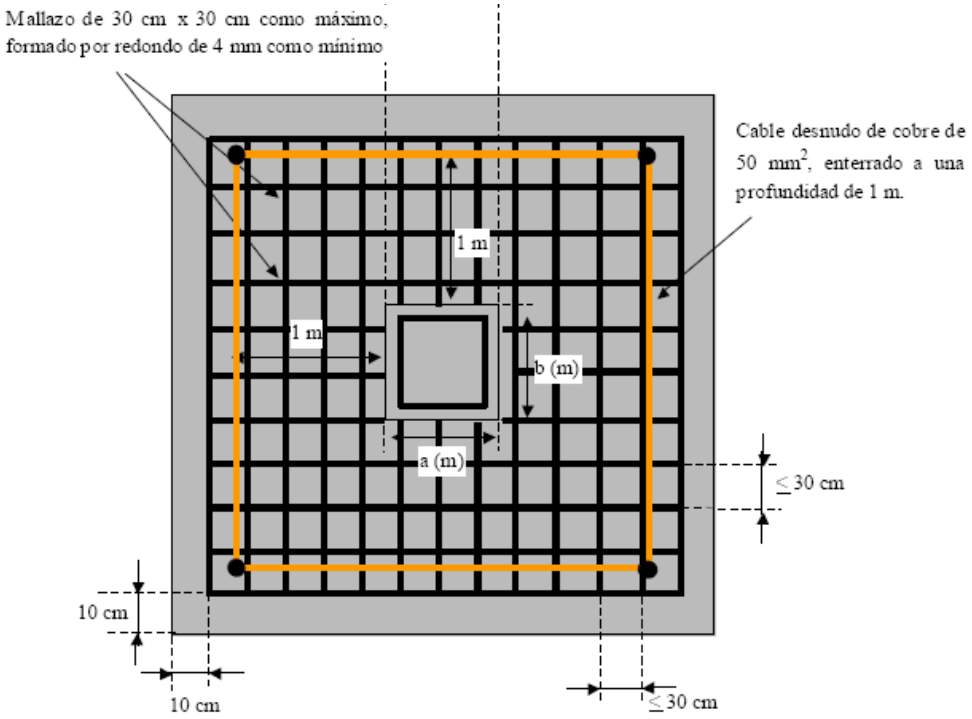
Como 0,82227008894 s >0,1 s, no se cumple el requerimiento reglamentario.

Si esto no es así, o si los tiempos obtenidos son inferiores a 0,1 s (valor límite especificado en el apartado 1.1 de laMIE-RAT 13 del RCE), y a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes se recurre al empleo de medidas adicionales, tal como establece la ITC-LAT 07 del RLAT. Estas medidas, pueden ser:

a) Macizo de hormigón con mallazo unido al electrodo de puesta a tierra, de 1,2 m de ancho, perimetral con la cimentación del apoyo.
b) Sistemas antiescalo de fábrica de ladrillo o aislantes que impidan el contacto con las partes metálicas puestas a tierra, hata una altura de 2,50 m.
c) Acera de hormigón, de 1,20 m, perimetral con la cimentación del apoyo.

Con objeto de que la tensión de contacto sea cero, se considera el caso “a”, puesto que es la medida adoptada para el CTI de cliente, se realizará una acera perimetral de hormigón a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,3 x 0,3 m, a una profundidad de al menos 0,1 m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra de protección del apoyo. El esquema indicado para las diferentes configuraciones tipo, se representan en la siguiente figura.





Al adoptar esta medida adicional, no será necesario calcular la tensión de contacto aplicada ya que es cero, pero será necesario cumplir con los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas. Para ello deberá tomarse como referencia lo establecido en la MIE- RAT 13 del RCE.

A continuación se determina la tensión de paso máxima que aparece en la instalación.

Se considera el Kp de acceso puesto que es el más desfavorable.

kp = 0,0633V/ (Ω*m)*A (valor para el electrodo 25-25/5/42, según anexo II, del método UNESA)

$U_{p.\max} = K_p \cdot \rho_S \cdot I'_{1F}$ = 0,0633×50×486,4581667 = 1539,6400976V

Con este valor se determinará la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de la protección) que garantizará el cumplimiento de la tensión de paso de acceso.

Tensión máxima aplicada a la persona:

$$U_{pa} = \frac{U_{p.\max}}{1+\frac{2R_{a1}+3\rho_s+3\rho'_s}{Z_b}} = 108{,}80848746 \text{ V.}$$

Siendo el tiempo de actuación de la protección de:

$$t = \frac{400}{I'_{1F}} = 0{,}82227008894\text{s}$$

Según el RCE, para tiempos comprendidos entre 0,9 ≥ t > 0,1 segundos el valor de la tensión máxima aplicada de paso aplicada no será superior a:

$$V_p = 10\frac{k}{t^n} = 875{,}62470006 \text{ V}$$

Siendo:

Vp, tensión máxima aplicada de paso en voltios

t, duración de la falta en segundos

k y n, constantes en función del tiempo

$0{,}9 \geq t > 0{,}1$ segundos,	k = 72 y n = 1
$3 \geq t > 0{,}9$ segundos,	k = 78,5 y n = 0,18
$5 \geq t > 3$ segundos,	Vp = 640 V
t > 5 segundos,	Vp = 500 V

Como Upa = 108,80848746 V <875,62470006 V el electrodo considerado 25-25/5/42 cumple con el requisito reglamentario.

2.4.8 PROTECCIONES ELECTRICAS (SOBRECARGAS, SOBRETENSIONES, CORTOCIRCUITOS, PUESTA TIERRA, ETC…)

Las protecciones eléctricas adoptadas en la línea se adaptarán a lo señalado en el artículo 6.4 de la ITC-LAT 07:

- En todos los puntos extremos de las líneas eléctricas, sea cual sea su categoría, por los cuales pueda fluir energía eléctrica en dirección a la línea, se deberán disponer protecciones contra cortocircuitos o defectos en línea, eficaces y adecuadas.
- En las líneas eléctricas y sus derivaciones se dispondrán las protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones necesarias de acuerdo con la instalación receptora, de conformidad con lo especificado en Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Además, se deberá de cumplir lo especificado por la compañía suministradora ajustándose los elementos de protección instalados a la norma MT 2.03.20 y al proyecto tipo MT 2.21.60. Según lo indicado en la norma MT 2.00.03, en el apoyo de entronque se colocarán unos seccionadores unipolares, además siendo el C.T. de propiedad particular en el primer apoyo de la línea derivada propiedad del cliente se colocarán unos cortacircuitos fusibles seccionadores de expulsión (XS), dando así cumplimiento a lo indicado en el artículo 6.4 de la ITC-LAT 07.

3 CALCULOS Y DATOS ELECTRICOS LINEA AEREA DE ALTA TENSION

3.1 ELECTRICOS

3.1.1 DENSIDAD MAXIMA DE CORRIENTE

El conductor a utilizar será de Aluminio-Acero, tipo 47-AL1/8-ST1 según UNE-EN 50182, antiguamente LA-56 según recomendación UNESA 3403 (Sep.1996) y UNE 21018, cuyas principales características son:

Sección de Aluminio:	46,75 mm^2.
Sección de Acero:	7,79 mm^2.
Sección total del conductor:	54,6 mm^2.
Composición:	6+1 Alambres.
Diámetro de aparente del cable:	9,5 mm.
Carga mínima de rotura:	1.670 kp/mm^2.
Módulo de elasticidad:	8.100 kg/mm^2.
Coeficiente de dilatación lineal:	$19,1 \times 10^{-6}$ $ºC^{-1}$.
Peso:	189,1 kg/km.
Resistencia eléctrica c.c. a 20 ºC:	0,6136 Ω/km.
Densidad máxima de corriente:	3,65 A/mm^2.

La densidad de corriente se ha determinado según lo señalado en el art. 4.2 de la ITC-LAT 07, realizando una interpolación de los valores indicados en dicho artículo para obtener la densidad del cable.

Por lo tanto la intensidad máxima admisible es:

I máx = σ x S = 199,29 A

3.1.2 REACTANCIA

La reactancia kilométrica de la línea se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2 \pi f L \ \Omega/km.$$

y sustituyendo L coeficiente de autoinducción, por la expresión:

$$L = (0,5 + 4,605 \log D/r) 10^{-4} \ H/km.$$

llegamos a :

$$X = 2 \pi f (0,5 + 4,605 \log D/r) 10^{-4} \Omega/km.$$

donde:

X = Reactancia aparente en ohmios por kilómetro

f = Frecuencia de la red en herzios = 50

D = Separación media geométrica entre conductores en milímetros

r = Radio del conductor en milímetros

El valor D se determina a partir de las distancias entre conductores d1, d2 y d3 que proporcionan las crucetas elegidas, representadas en los planos.

$$D = \sqrt[3]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3}$$

Aplicando valores:

Separación entre Conductores, en m	**D mm**	**X Ω/km.**
1,50	1.890	0,3921
1,75	2.205	0,4018
2,00	2.520	0,4102

A efectos de simplificación y por ser valores muy próximos emplearemos el valor de:

X = 0,40 Ω /km.

3.1.3 CAIDA DE TENSION

La caída de tensión por resistencia y reactancia de una línea (despreciando la influencia de la capacidad y la persistencia) viene dada por la fórmula:

$$\Delta U = I (R \cos \varphi + X \operatorname{sen} \varphi) . L$$

donde:

ΔU = Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I = Intensidad de la línea en A

X = Reactancia por fase en Ω /km

R = Resistencia por fase en Ω /km

φ = Angulo de desfase =0,9

L = Longitud de la línea en kilómetros.

teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot Cos\varphi}$$

donde:

P = Potencia transportada en kilovatios.

U = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

la caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta es:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2 \cdot Cos\varphi}\left(R \cdot Cos\varphi + x \cdot sen\varphi\right) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2}\left(R + x \cdot tg\varphi\right)$$

Por tanto y aplicando las ecuaciones anteriores y teniendo en cuanta que la potencia máxima demandada será la máxima del centro de transformación que será de 630 kVA tenemos una caída de tensión de:

ΔU = 0,76 V

ΔU % = 0,00381

3.1.4 PERDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en una línea vienen dadas por la fórmula:

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

donde:

P = Pérdida de potencia en vatios

la pérdida de potencia en tanto por ciento viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot Cos^2\varphi}$$

donde cada variable se expresa en las unidades indicadas en el punto anterior.

Por tanto y aplicando las ecuaciones anteriores y teniendo en cuanta que la potencia máxima demandada será la máxima del centro de transformación que será de 400 kVA tenemos una pérdida de potencia de:

ΔP = 0,132KW

ΔP % = 0,00358

3.1.5 OTRAS CARATERISTICAS ELECTRICAS

A continuación, señalamos las principales características de la red:

Tensión (V): 20000

Frecuencia (Hz): 50

C.d.t. máx.(%): 5

Cos φ : 0,9

Coef. Simultaneidad: 1

3.2 MECANISMOS

3.2.1 CONDUCTORES

Para el cálculo mecánico de los conductores emplearemos los siguientes conductores.

3.2.1.1 TENSION MAXIMA EN UN VANO (APDO 3.2.1)

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$

$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$

$P_v = K \cdot d / 1000$ K=60·(v/120)² daN/m² si d ≤16 mm y v ≥120 Km/h

K=50·(v/120)² daN/m² si d >16 mm y v ≥120 Km/h

$P_{vh} = K \cdot D / 1000$ K=60·(v/120)² daN/m² si d ≤16 mm y v ≥ 60 Km/h

K=50·(v/120)² daN/m² si d >16 mm y v ≥ 60 Km/h

$P_h = K \cdot d$ K=0.18 Zona B

K=0.36 Zona C

$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)}$ Zona A, B y C. Hipótesis de viento.

$P_0 = P_p + P_h$ Zonas B y C. Hipótesis de hielo.

$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]}$ Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$c = T_{0h} / P_0$

$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{1+z^2}]$

$z = h / (2 \cdot c \cdot \text{senh } a/2c)$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P_0 = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p= Peso propio del conductor (daN/m).

P_v= Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh}= Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

$Y = c \cdot \cosh (x/c)$ = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m= Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

Si existen cables de tierra se utilizarán las mismas fórmulas que para los conductores.

3.2.1.2 VANO DE REGULACION

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos de anclaje de anclaje, ángulo o fin de línea, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{(\Sigma a^3 / \Sigma a)}$$

3.2.1.3 TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DE CAMBIO DE CONDICIONES

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0/(S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \operatorname{senh}[(X_{m0}+a/2) / c_0] - c_0 \cdot \operatorname{senh}[(X_{m0}-a/2) / c_0]$$

$$c_0 = T_{0h}/P_0 \ ; \ X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}]$$

$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \text{senh } a/2c_0)$

$L = c \cdot \text{senh}[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \text{senh}[(X_m - a/2) / c]$

$c = T_h/P$; $X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$

$z = h / (2 \cdot c \cdot \text{senh } a/2c)$

Siendo:

$\delta =$ Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 =Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L=Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (ºC).

t= Temperatura en las condiciones finales (ºC).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (kg/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (kg).

T_h= Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (kg).

$a = a_r$ (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

h = 0, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$

$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{(1+(h/a)^2)}]$

$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

Si existen cables de tierra se utilizarán las mismas fórmulas que para los conductores.

3.2.1.4 TENSION MAXIMA (APDO 3.2.1)

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- Tracción máxima viento.

t = - 5 ºC.

Sobrecarga: viento (P_V).

b) Zona B.

- Tracción máxima viento.

t = -10 ºC.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

t = -15 ºC.

Sobrecarga: hielo (P_h).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

t = -15 ºC.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

c) Zona C.

- Tracción máxima viento.

t = -15 ºC.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

t = -20 ºC.

Sobrecarga: hielo (P_h).

- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).

t = -20 ºC.

Sobrecarga: viento (P_{vh}).

Sobrecarga: hielo (P_h).

3.2.1.5 FLECHA MAXIMA (APDO 3.2.3)

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

t = +15 ºC.

Sobrecarga: Viento (P_V).

b) Hipótesis de temperatura.

t = + 50 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

t = 0 ºC.

Sobrecarga: hielo (P_h).

Zona A: Se consideran las hipótesis a) y b).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

3.2.1.6 FLECHA MINIMA

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

t = - 5 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

t = - 15 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

t = - 20 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

3.2.1.7 DESVIACION CADENA AISLADORES

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

t = -5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C.

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_V/2$).

3.2.1.8 HIPOTESIS DE VIENTO. CALCULO DE APOYOS

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

t = -5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C.

Sobrecarga: Viento (P_V).

3.2.1.9 TENDIDO DE LA LINEA

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

t = -20 ºC (Sólo zona C).

t = -15 ºC (Sólo zonas B y C).

t = -10 ºC (Sólo zonas B y C).

t = -5 ºC.

t = 0 ºC.

t = + 5 ºC.

t = + 10 ºC.

t = + 15 ºC.

t = + 20 ºC.

t = + 25 ºC.

t = + 30 ºC.

t = + 35 ºC.

t = + 40 ºC.

t = + 45 ºC.

t = + 50 ºC.

Sobrecarga: ninguna.

3.2.1.10 LIMITE DINAMICO “EDS”

$EDS = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$

Siendo:

EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

T_h= Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, tª = 15 ºC. Sobrecarga: ninguna.

Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

3.2.2 HIPOTESIS DE CALCULO DE APOYOS (APDO 3.5.3)

Apoyos de líneas situadas en zona A (Altitud inferior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) L = Dtv	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Lt = Rotv
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) L = Dtv	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Lt = Rotv
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RavdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RavrT
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavrL ; Lt = Rotv
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RavdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RavrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavrL ; Lt = Rotv

Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) L = Dtv	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Lt = Rotv
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RavdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RavrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL		Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavrL ; Lt = Rotv
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc			Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv - Pcvr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dtv			Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) Lt = Rotv

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -5 ºC.
En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) : - Tensión nominal de la línea hasta 66 kV. - La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN. - Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo. - El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales. - Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (Altitud igual o superior a 500 m).

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr +

					Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) L = Dth	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Lt = Roth
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) L = Dth	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Lt = Roth
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.1) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahL	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			

	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) L = Dth	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Lt = Roth
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = Fvc + Eca·nc + RavT	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahT	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahdT	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) T = RahrT
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RavL	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahL	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahdL	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.3) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) L = RahrL ; Lt = Roth
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) V = Pcv + Pca·nc	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch + Pca·nc		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) V = Pch - Pchr + Pca·nc
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) T = Fvc + Eca·nc			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dtv	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) L = Dth		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) Lt = Roth

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal Lt = Esfuerzo de torsión

Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerará:

Hipótesis 1ª : Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de

-10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C.

Resto hipótesis : Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 ºC en zona B y -20 ºC en zona C.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones (apdo. 3.5.3) :

- Tensión nominal de la línea hasta 66 kV.
- La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN.
- Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo.
- El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales.
- Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

3.2.2.1 CARGAS PERMANENTES (APDO 3.1.1)

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

Pcv = Lv · Ppv · cos α· n (daN)

Pcvr = Lv · Ppv · cos α· nr (daN)

Siendo:

Lv = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) o -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (m).

Ppv = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

Pcvr = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

□□= Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

Pch = Lh · Pph· n (daN)

Pchr = Lh · Pph· nr (daN)

Siendo:

Lh = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 ºC (zona B) o -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (m).

Pph = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

Pphr = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).

n = número total de conductores.

nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

3.2.2.2 ESFUERZOS DEL VIENTO (APDO 3.1.2)

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$Fvc = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2)/2 \cdot k$ (daN)

Apoyos fin de línea

Fvc = a/2 · d· n · k (daN)

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$Fvc = \Sigma a_p /2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k$ (daN)

Siendo:

a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del conductor (m).

a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).

d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor(m).

n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

$K=60\cdot(v/120)^2$ daN/m² si d ≤16 mm y v ≥120 Km/h

$K=50\cdot(v/120)^2$ daN/m² si d >16 mm y v ≥120 Km/h

- En la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

3.2.2.3 DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES (APDO 3.1.4)

- En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

$Dtv = Abs((T_{h1} \cdot n_1) – (T_{h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

$Dtv = Abs((T_{h1} \cdot n_1) – (T_{h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

$Dtv = Abs((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$Dtv = 100/100 \cdot T_h \cdot n$ (daN)

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

$Dth = Abs((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

$Dth = Abs((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$Dth = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$Dth = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

$Dth = Abs((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2))$ (daN)

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$Dth = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$Dth = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n$ (daN)

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h} ,T_{0h1} ,T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 ºC (Zona B) y -20 ºC (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

3.2.2.4 ROTURA DE CONDUCTORES (APDO 3.1.5)

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Rotv" en zona A, aplicado en el punto donde produzca la solicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

$Rotv = T_{0h}$ (daN)

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Rotv", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

$Rotv = T_{0h}$ (daN)

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$Rotv = T_{0h}$ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)

$Rotv = T_{0h} \cdot ncf \cdot 0,5$ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)

Fin de línea

$Rotv = T_{0h} \cdot ncf$ (daN)

$Rotv = 2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15

ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

- El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la solicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

Roth = T_{0h} (daN)

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Se prescinde siempre que se cumplan las condiciones especificadas en el apdo 3.5.3.

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable.

Roth = T_{0h} (daN)

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

Roth = T_{0h} (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)

Roth = $T_{0h} \cdot ncf \cdot 0,5$ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)

Fin de línea

Roth = $T_{0h} \cdot ncf$ (daN)

Roth = $2 \cdot T_{0h} \cdot ncf$ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 ºC (Zona B) y -20 ºC (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

3.2.2.5 RESULTANTE DE ANGULO (APDO 3.1.6)

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene del siguiente modo:

$Rav = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha]}$(daN)

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1},T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

□□= Angulo que forman T_{h1} yT_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{(T_{h1}\cdot n_1)^2 + (T_{h2}\cdot n_2)^2 - 2\cdot (T_{h1}\cdot n_1)\cdot (T_{h2}\cdot n_2)\cdot \cos[180 - \alpha]}(daN)$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1},T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 ºC (zona B) y -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

□□= Angulo que forman T_{h1} yT_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravd = \sqrt{(T_{h1}\cdot n_1)^2+(T_{h1}\cdot n_1 + Dtv)^2 - 2\cdot (T_{h1}\cdot n_1)\cdot (T_{h1}\cdot n_1+ Dtv)\cdot \cos[180 - \alpha]}(daN)$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavdL" y otro en dirección transversal a la línea "RavdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

Dtv = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de viento.

α= Angulo que forman T_{h1} y (T_{h1} + Dtv) (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{(T_{h1}\cdot n_1)^2+(T_{h1}\cdot n_1 + Dth)^2 - 2\cdot (T_{h1}\cdot n_1)\cdot (T_{h1}\cdot n_1+ Dth)\cdot \cos[180 - \alpha]}(daN)$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 ºC (zona B) y -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α= Angulo que forman T_{h1} y (T_{h1} + Dth) (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para la zona A se obtiene del siguiente modo:

$$Ravr = \sqrt{((T_{h1}\cdot n_1)^2+(T_{h2}\cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1}\cdot n_1)\cdot (T_{h2}\cdot n_2)\cdot \cos [180 - \alpha]}(daN)$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Ravr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavrL" y otro en dirección transversal a la línea "RavrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1},T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -5 ºC (zona A), -10 ºC (zona B) y -15 ºC (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

α= Angulo que forman T_{h1} yT_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª para las zonas B y C se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{((T_{h1}\cdot n_1)^2+T_{h2}\cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1}\cdot n_1)\cdot (T_{h2}\cdot n_2)\cdot \cos [180 - \alpha]}(daN)$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1},T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 ºC (zona B) y -20 ºC (zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

α= Angulo que forman T_{h1} yT_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

3.2.2.6 ESFUERZOS DESCENTRADOS

En los apoyos fin de línea, cuando tienen el montaje al tresbolillo o bandera, aparecen por la

disposición de la cruceta esfuerzos descentrados en condiciones normales, cuyo valor será:

Esdt = T_{0h} · ncf (daN) (tresbolillo)

Esdb = 3 · T_{0h} · ncf (daN) (bandera)

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones más desfavorables de tensión máxima.

3.2.2.7 APOYO ADOPTADO

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis:

V = Cargas verticales.

T = Esfuerzos transversales.

L = Esfuerzos longitudinales.

Lt = Esfuerzos de torsión.

3.2.3 CIMENTACIONES (APDO 3.6)

Las cimentaciones se podrán realizar mediante zapatas monobloque o zapatas aisladas. En ambos casos se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

Mep = Ep · Hrc

Siendo:

Ep = Esfuerzo en punta (daN).

Hrc = Altura de la resultante de los conductores (m).

Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

Mev = Eva · H_v

Siendo:

Eva = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

Eva = 170 · $(v/120)^2$ · η · S (apoyos de celosía).

Eva = 100 · $(v/120)^2$ · S (apoyos con superficies planas).

$Eva = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S$ (apoyos con superficies cilíndricas).

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m^2).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \text{ (m)}$$

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

3.2.3.1 ZAPATAS MONOBLOQUE

Las zapatas monobloque están compuestas por macizos de hormigón de un solo bloque.

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$Mf \geq 1{,}65 \cdot (Mep + Mev)$

Siendo:

Mf = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

Mep = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

Mev = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación "Mf" se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$Mf = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0{,}20) \cdot 2420 \cdot (0{,}5 - 2/3 \cdot \sqrt{} (1{,}1 \cdot h/a \cdot 1/10 \cdot C_2))]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm^3).

a = Anchura del cimiento (m).

h = Profundidad del cimiento (m).

3.2.3.2 ZAPATAS AISLADAS

Las zapatas aisladas están compuestas por un macizo de hormigón para cada pata del apoyo.

Fuerza de rozamiento de las tierras

Cuando la zapata intenta levantar un volumen de tierra, este opone una resistencia cuyo valor será:

$Frt = \delta_t \cdot \Sigma (\gamma^2 \cdot L) \cdot tg [\phi/2]$

Siendo:

δ_t = Densidad de las tierras de que se trata (1600 daN/ m^3).

γ= Longitudes parciales del macizo, en m.

L = Perímetro de la superficie de contacto, en m.

ϕ = Angulo de las tierras (generalmente = 45º).

Peso de la tierra levantada

El peso de la tierra levantada será:

$P_t = V_t \cdot \delta_t$, en daN.

Siendo:

$V_t = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen de tierra levantada, que corresponde a un tronco de pirámide, en m^3 .

δ_t = Densidad de la tierra, en daN/ m^3 .

h = Altura del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m.

S_s = Superfice superior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m^2 .

S_i = Superfice inferior del tronco de pirámide de la tierra levantada, en m^2 .

Al volumen de tierra " V_t ", habrá que quitarle el volumen del macizo de hormigón que hay enterrado.

Peso del macizo de hormigón

El peso del macizo de hormigón de la zapata será:

$P_h = V_h \cdot \delta_h$, en daN.

Siendo:

δ_h = Densidad del macizo de hormigón, en daN/ m^3 .

$V_h = \Sigma V_{hi}$; los volumenes " V_{hi} " pueden ser cubos, pirámides o troncos de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot (S_s + S_i + \sqrt{(S_s \cdot S_i)})$; volumen del tronco de pirámide, en m^3 .

$V_i = 1/3 \cdot h \cdot S$; volumen de la pirámide, en m^3 .

$V_i = h \cdot S$; volumen del cubo, en m^3 .

h = Altura del cubo, pirámide o tronco de pirámide, en m.

S_s = Superfice superior del tronco de pirámide, en m^2 .

S_i = Superfice inferior del tronco de pirámide, en m^2 .

S = Superfice de la base del cubo o pirámide, en m^2 .

Esfuerzo vertical debido al esfuerzo en punta

El esfuerzo vertical que tiene que soportar la zapata debido al esfuerzo en punta "Fep" se obtiene:

Fep = 0,5 · (Mep + Mev · f) / Base , en daN.

Siendo:

Mep = Momento producido por el esfuerzo en punta, en daN · m.

Mev = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo, en daN · m.

f = Factor que vale 1 si el coeficiente de seguridad del apoyo es normal y 1,25 si el coeficiente de seguridad es reforzado.

Base = Base del apoyo, en m.

Esfuerzo vertical debido a los pesos

Sobre la zapata actuarán esfuerzos verticales debidos a los pesos, el valor será:

$F_V = T_V /4 + P_a /4 + P_t + P_h$, en daN.

Siendo:

T_V = Esfuerzos verticales del cálculo de los apoyos, en daN.

P_a = Peso del apoyo, en daN.

P_t = Peso de la tierra levantada, en daN.

P_h = Peso del hormigón de la zapata, en daN.

Esfuerzo total sobre la zapata

El esfuerzo total que actúa sobre la zapata será:

$F_T = Fep + F_V$, en daN.

Siendo:

Fep = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Comprobación de las zapatas

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a levantar el macizo de hormigón, habrá que comprobar el coeficiente de seguridad "Cs", cuyo valor será:

$Cs = (F_V + Frt) / Fep > 1,5$.

Si el esfuerzo total que actúa sobre la zapata tiende a hundir el macizo de hormigón, habrá que

comprobar que el terreno tiene la debida resistencia ”Rt“, cuyo valor será:

$Rt = F_T / S$, en daN/cm^2 .

Siendo:

F_V = Esfuerzo debido a los esfuerzos verticales, en daN.

Frt = Esfuerzo de rozamiento de las tierras, en daN.

Fep = Esfuerzo debido al esfuerzo en punta, en daN.

F_T = Esfuerzo total sobre la zapata, en daN.

S = Superficie de la base del macizo, en cm^2 .

3.2.4 CADENA DE AISLADORES

3.2.4.1 CALCULO ELECTRICO

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

NAis = Nia · Ume / Llf

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

Nia = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

Ume = Tensión más elevada de la línea (kV).

Llf = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

3.2.4.2 CALCULO MECANICO

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

Csmv = Qa / (Pv+Pca) > 3

Siendo:

Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Pv = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

Csmh = Qa / (Toh·ncf) > 3

Siendo:

Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

ncf = número de conductores por fase.

3.2.4.3 LONGITUD DE LA CADENA

La longitud de la cadena Lca será:

Lca = NAis · LAis (m)

Siendo:

Lca = Longitud de la cadena (m).

NAis = número de aisladores de la cadena.

LAis = Longitud de un aislador (m).

3.2.4.4 PESO DE LA CADENA

El peso de la cadena Pca será:

Pca = NAis · PAis (daN)

Siendo:

Pca = Peso de la cadena (daN).

NAis = número de aisladores de la cadena.

PAis = Peso de un aislador (daN).

3.2.4.5 ESFUERZO DEL VIENTO SOBRE LA CADENA

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

Eca = k · (DAis / 1000) · Lca (daN)

Siendo:

Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).

k = 70 · (v/120)² . Según apdo 3.1.2.2.

v = Velocidad del viento (Km/h).

DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).

Lca = Longitud de la cadena (m).

3.2.4.6 DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATENARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO

$d_H = z \cdot \text{sen}\square$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α= Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

3.2.5 DISTANCIA DE SEGURIDAD

3.2.5.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTOS AL TERRENO

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de

D = Dadd + Del = 5,3 + Del (m), mínimo 6 m.

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional (m).

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

3.2.5.2 DISTANCIA DE LOS CONDUCTOS ENTRE SI

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

$D = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot Dpp$ (m).

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre L=0.

F = Flecha máxima (m).

k' = 0,75.

Dpp = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

3.2.5.3 DISTANCIA DE LOS CONDUCTOS AL APOYO

La distancia mínima de los conductores al apoyo "ds" será de:

ds = Del (m), mínimo de 0,2 m.

Siendo:

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).

3.2.6 ANGULO DE DESVIACION DE LA CADENA DE SUSPENSION

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en apoyos de alineación y de ángulo sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena "γ" no podrá ser superior al ángulo "μ" máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.

tg γ = (Pv + Eca/2) / ($P_{-X^oC+V/2}$ + Pca/2) = Etv / Pt, en apoyos de alineación.

tg γ = (Pv·cos [(180-α)/2] + Rav + Eca/2) / ($P_{-X^oC+V/2}$ + Pca/2) = Etv / Pt , en apoyos de ángulo.

Siendo:

tg γ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

Pv = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

Eca = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-X^oC+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una Tª X (-5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B, -15 ºC en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Angulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

Rav = Resultante de ángulo en las condiciones de -5 ºC en zona A, -10 ºC en zona B y -15 ºC en zona C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena "γ" es mayor del ángulo máximo permitido "μ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

G = Etv / tg μ- Pt

3.2.7 DESVIACION HORIZONTAL DE LAS CATEARIAS POR LA ACCION DEL VIENTO

$d_H = z \cdot \text{sen}\alpha$

Siendo:

d_H = Desviación horizontal de las catenarias por la acción del viento (m).

z = Distancia entre el punto de la catenaria y la recta de unión de los puntos de sujeción (m).

α= Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

3.3 DATOS GENERALES DE LA INSTALACION

Tensión de la línea: 20 kV.

Tensión más elevada de la línea: 24 kV.

Velocidad del viento: 120 km/h.

Zonas: B.

CONDUCTOR.

Denominación: 47-AL1/8-ST1 (antiguo LA-56)

Sección: 54.6 mm^2 .

Diámetro: 9.45 mm.

Carga de Rotura: 1640 daN.

Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm^2 .

Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.

Peso propio: 0.185 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de viento: 0.596 daN/m.

Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0.339 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0.738 daN/m.

Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C): 1.292 daN/m.

3.4 TENSION MAXIMA EN LA LINEA Y COMPONENTE HORIZONTAL

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

3.5 VANO DE REGULACION

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

3.6 TENSIONES HORIZONTALES Y FLECHAS EN DETERMINADAS CONDICIONES

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS.

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

3.7 LIMITE DINAMICO EDS

Ver en la tabla de TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

3.8 APOYOS

Ver en la tabla de CALCULO DE APOYOS.

3.9 CIMENTACIONES

Ver en la tabla de CALCULO DE CIMENTACIONES.

3.10 CADENA DE AISLADORES

Ver en la tabla de CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

3.11 DISTANCIA DE SEGURIDAD

3.11.1 DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de.

dstdes = Dadd + Del = 5,3 + 0,22 = 5,52 m.; mínimo 6m.

dstdes = 6 m.

dstais = 6 m.

dstrec = 6 m.

Siendo:

Dadd = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor Del con el terreno.

Del = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

3.12 TABLA RESUMEN

3.12.1 TENSIONES Y FLECHAS EN HIPOTESIS REGLAMENTARIAS

Vano	Conductor	Longit.	Desni.	Vano	Hipótesis de Tensión Máxima						
				Regula.	-5ºC+V	-10ºC+V	-15ºC+H	-15ºC+H+V	-15ºC+V	-20ºC+H	-20ºC+H+V
		(m)	(m)	(m)	Toh(daN)	Toh(daN)	Toh(daN)	Toh(daN)	Toh(daN)	Toh(daN)	Toh(daN)
630662-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	-1,5	15		181,5	223,2				
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	0	15		183	224,9				

Vano	Conductor	Longit.	Desni.	Vano	Hipótesis de Flecha Máxima			Hipótesis Flecha Mínima		
				Regula.	15ºC+V	50ºC	0ºC+H	-5ºC	-15ºC	-20ºC

		(m)	(m)	(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	F(m)	F(m)	F(m)
630662-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	-1,5	15	94	0,18	19,1	0,27	151,3	0,14		0,03	
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	0	15	94,6	0,18	19,2	0,27	152,4	0,14		0,03	

Vano	Conductor	Longit.	Desni.	Vano	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores		
				Regula.	-5ºC+V	-10ºC+V	-15ºC+H	-15ºC+V	-20ºC+H	-5ºC+V/2	-10ºC+V/2	-15ºC+V/2
		(m)	(m)	(m)	Th(daN)	Th(daN)	Th(daN)	Th(daN)	Th(daN)	Th(daN)	Th(daN)	Th(daN)
630662-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	-1,5	15		181,5	223,2				157	
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	0	15		183	224,9				158,5	

3.12.2 TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO

Vano	Conductor	Long.	Desni.	V.Reg.	-20ºC		-15ºC		-10ºC		-5ºC		0ºC	
		(m)	(m)	(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
630662-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	-1,5	15			183,6	0,03	145	0,04	109	0,05	78,6	0,07
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	0	15			185,3	0,03	146,5	0,04	110,2	0,05	79,5	0,07

Vano	Conductor	Long.	Desni.	V.Reg.	5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC	
		(m)	(m)	(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
630662-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	-1,5	15	57,2	0,09	44,2	0,12	36,4	0,14	31,3	0,17	27,8	0,19
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	0	15	57,8	0,09	44,6	0,12	36,7	0,14	31,5	0,17	28	0,19

Vano	Conductor	Long.	Desni.	V.Reg.	30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC		EDS
		(m)	(m)	(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	
630662-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	-1,5	15	25,2	0,21	23,1	0,23	21,5	0,24	20,2	0,26	19,1	0,27	2,22
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	15	0	15	25,3	0,21	23,3	0,22	21,7	0,24	20,3	0,26	19,2	0,27	2,24

3.12.3 CALCULO DE APOYOS

Apoyo	Tipo	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)ºC+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)ºC+H			
		V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)
630662	Fin Línea	26,5	23,4	722,1		89,1		887,8	

2	Anc. Alin.	437,3	35,2			412,1			
3	Fin Línea	9,6	17,5	549		22		674,6	

Apoyo	Tipo	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)ºC+V (-15:B/-20:C)ºC+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)ºC+V (-15:B/-20:C)ºC+H				Dist.Lt	Dist.Min. Cond.
		V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	(m)	(m)
630662	Fin Línea					61,2			223,2	1,5	0,53
2	Anc. Alin.	412,1		337,3		428,9			224,9	1,5	0,53
3	Fin Línea					16,5			224,9	1,5	0,53

3.12.4 APOYOS ADOPTADOS

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Segur.	Angulo gr.sexa.	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf.punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver. s.Tors. (daN)	Esf.Ver. c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)	Peso (daN)
630662	Fin Línea	Celosia recto	N		12	2.000			600	600	1.400	1,5	
2	Anc. Alin.	Celosia recto	N		12	2.000			600	600	1.400	1,5	
3	Fin Línea	Celosia recto	N		12	2.000			600	600	1.400	1,5	

3.12.5 CRUCETAS ADOPTADAS

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e D.eje jabalcón (m)	f D.ref. jabalcón (m)	g Altura Tirante (m)	Peso (daN)
630662	Fin Línea	Celosia recto	Bóveda Plana	1,5	1,5			1,5	1,33	0,6		
2	Anc. Alin.	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5							
3	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5							

3.12.6 CALCULO DE CIMENTACIONES

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
630662	Fin Línea	2.000	10,05	20.100	295,2	4,71	1.391,7	21.491,7
2	Anc, Alin.	2.000	10,05	20.100	295,2	4,71	1.391,7	21.491,7
3	Fin Línea	2.000	10,05	20.100	295,2	4,71	1.391,7	21.491,7

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE		ZAPATAS AISLADAS									
				Coefic. Comp. (daN/m³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)	Volum. Horm. (m³)	Peso Horm. (daN)	Volum. Tierra (m³)	Dens. Tierra (Kg/m³)	Peso Tierra (daN)	Esf.Roz. Tierra (daN)	Esf. Montan. (daN)	Esf. Vert. (daN)	Coef. Seg.	Res.Cálc. Tierra (daN/cm²)
630662	Fin Línea	1,02	2,2	10	35.541,42										
2	Anc. Alin.	1,02	2,2	10	35.541,42										
3	Fin Línea	1,02	2,2	10	35.541,42										

3.12.7 CALCULO DE CADENAS DE AISLADORES

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Llf (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
630662	Fin Línea	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
2	Anc. Alin.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
3	Fin Línea	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
630662	Fin Línea	3 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56		1,8	1,6	29,69	235,79	223,17	31,37
2	Anc. Alin.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56		1,8	1,6	14,96	468,06	224,87	31,13
3	Fin Línea	3 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56		1,8	1,6	7,34	953,93	224,87	31,13

3.12.8 CALCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20ºC (daN)	Esf.Vert. -15ºC (daN)	Esf.Vert. -5ºC (daN)
Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20ºC	Esf.Vert. -15ºC	Esf.Vert. -5ºC
		(daN)	(daN)	(daN)
630662	Fin Línea		64,7	42,3
2	Anc. Alin.		-35,9	-13,6
3	Fin Línea		9,6	9,6

4 MEMORIA LINEA SUBTERRANEA ALTA TENSIÓN

4.1 POTENCIA A TRANSPORTAR, DESTINO Y USO DE LA ENERGÍA APORTADA

La potencia máxima que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima del conductor seleccionado 1 x 150/16 mm^2 12/20 KV, siendo la misma de 275 A (Justificado en el apartado de Cálculos) y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La potencia máxima a transportar limitada por la intensidad máxima es de: 9.526 kW.

Si bien el destino de la instalación y el uso de la energía transportada será el dotar de suministro eléctrico a un centro de transformación de 630 kVA, el cual dotará de energía eléctrica de forma regular a una instalación de bombeo para riego.

4.1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN QUE NO GENERA INCIDENDIAS NEGATIVAS EN EL SISTEMA

La instalación no generará incidencias negativas en el sistema de distribución de energía eléctrica.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.2.1 TRAZADO

La línea en proyecto, que se ha estudiado de forma que su longitud sea la mínima posible considerando el terreno, la propiedad de estos, así como las posibles afecciones.

Punto de entronque.

El punto de conexión de la instalación eléctrica para dotar de suministro eléctrico a la nueva L.S.A.T. de 20 KV será el apoyo nº 2 de la línea derivada del Apoyo existente nº 630622 de la L-3 Alrededores de la ST 3604 Utiel, según trazado reflejado en plano nº 2.

Longitud total y parcial.

La línea objeto del proyecto tiene una longitud total de 500 m, si bien discurrirá por zanja un total de 485 m, el resto es el tramo empleado en realizar las conexiones tanto en el punto de entronque como en el destino.

Relación de cruzamientos, paralelismos, paso por zonas, etc.

Seguidamente se exponen aquellos cruzamientos, paralelismos y pasos por zonas especiales, exigidos por la traza de la línea, con expresión de los datos que los identifican y que en todo caso se ajustarán a lo preceptuado en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del Reglamento sobre condiciones

técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, aprobado por el R.D. 223/2008 de 15 de febrero.

- No existen cruzamientos
- No existen paralelismos

4.2.2 MATERIALES

4.2.2.1 CONDUCTORES

El conductor a utilizar será de aislamiento de dieléctrico seco, concretamente el denominado 1x150/16 $mm^2$12/20 KV. Cumple la Norma vigente IEC 60502 para «Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones nominales de 1 kV a 30 kV», que determina las características y calidades de los materiales que configuran cada uno de los componentes del cable, así como los criterios de diseño, características dimensionales y los requisitos eléctricos que se les exige. Los cables cumplen también la norma de la compañía Iberdrola NI 56.43.01.

La composición del conductor es la siguiente:

- Tensión: 12/20 kV
- Norma constructiva: UNE HD 620-9E
- Conductor: cuerda redonda compacta de hilos de aluminio, clase 2 conforme norma UNE EN 60228.
- Semiconductora interna: capa extrusionada de material conductor.
- Aislamiento: etileno propileno de alto módulo.
- Semiconductora externa: capa extrusionada de material conductor separable en frio.
- Pantalla metálica: hilos de cobre en hélice. Sección total 16 mm2.
- Separación: cinta.
- Cubierta exterior: Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.
- Tipo seleccionado: 1x150/16 $mm^2$12/20 KV

4.2.2.2 ZANJAS Y SISTEMAS DE ENTERRAMIENTO

Lo indicado en este apartado es válido para instalaciones cuya tensión nominal de la red no sea superior a 30 kV. Para tensiones mayores, el proyectista determinará y justificará en cada caso las condiciones de instalación y distancias.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo, deberá tenerse en cuenta los radios

de curvatura mínimos que pueden soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

4.2.2.3 CANALIZACION ENTUBADA

La profundidad, hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada.

Estarán construidas por tubos de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos, hormigonadas en la zanja o no, con tal que presenten suficiente resistencia mecánica. El diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo tubo. El interior de los tubos será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. No se instalará más de un circuito por tubo. Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético.

Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables. En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el punto anterior, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

4.2.2.4 HERRAJES Y PROTECCIONES DEL COMIENZO Y FINAL DE LINEA

Tanto en el caso de un cable subterráneo intercalado en una línea aérea, como de un cable subterráneo de unión entre una línea aérea y una instalación transformadora se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Cuando el cable subterráneo esté destinado a alimentar un centro de transformación de cliente se instalará un seccionador ubicado en el propio poste de la conversión aéreo - subterránea, en uno próximo o en el centro de transformación siempre que el seccionador sea una unidad funcional y de transporte separada del transformador. En cualquier caso, el seccionador quedará a menos de 50 m de la conexión aéreo-subterránea.
b) Cuando el cable esté intercalado en una línea aérea, no será necesario instalar un seccionador.

c) El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irá protegido con un tubo o canal cerrado de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos con la suficiente resistencia mecánica. El interior de los tubos o canales será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. El tubo o canal se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua, y se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 2,5 m por encima del nivel del terreno.
d) El diámetro del tubo será como mínimo de 1,5 veces el diámetro del cable o el de la terna de cables si son unipolares y, en el caso de canal cerrado su anchura mínima será de 1,8 veces el diámetro del cable.
e) Si se instala un solo cable unipolar por tubo o canal, éstos deberán ser de plástico o metálico de material no ferromagnético, a fin de evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas.

Cuando deban instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos autoválvulas o descargadores, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas, garantizándose el nivel de aislamiento del elemento a proteger.

4.2.3 MEDIDAS DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD

Entendemos que dichas medidas han quedado suficientemente justificadas en el apartado 1.8.2.2 Zanjas y sistemas de enterramiento.

4.2.4 PROTECCIONES

4.2.4.1 PROTECCION CONTRA SOBREINTENSIDADES

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortacircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste.

En cuanto a la ubicación y agrupación de los elementos de protección de los transformadores, así como los sistemas de protección de las líneas, se aplicará lo establecido en la ITC MIE-RAT 09 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobreintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta, se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de cortocircuito o sobrecarga sea la menor posible.

En nuestro caso la compañía suministradora para la protección contra sobreintensidades se utilizarán interruptores automáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimenten cables subterráneos. Las características de funcionamiento de dichos elementos de protección corresponderán a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones propias de éste.

4.2.4.2 PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en la norma UNE 20-435. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas, y a estos efectos el fabricante del cable deberá aportar la documentación justificativa correspondiente.

En nuestro caso la compañía suministradora dispone de interruptores automáticos en la S.T.

4.2.4.3 PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES

Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones ITC-RAT 12 y ITC-RAT 13, respectivamente delReal 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.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN IEC 60071-1, UNE-EN IEC 60071-2 y UNE-EN 60099-5.

5 CALCULOS LINEA SUBTERRANEA ALTA TENSION

5.1 ELECTRICOS

5.1.1 DENSIDAD MAXIMA DE CORRIENTE

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas.

Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga. Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles serán superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para el cable seleccionado1X150/16 mm^{2}12/20 KV, se especifican en la siguiente tabla.

Tipo de aislamiento	**Tipo de condiciones**	
	Servicio permanente	**Cortocircuito t < 5s**
Etileno Propileno de alto módulo	105 ºC	250 ºC

Las condiciones del tipo de instalaciones y la disposición de los conductores, influyen en las intensidades máximas admisibles.

5.1.1.1 CONDICIONES DE INSTALACION DIRECTAMENTE ENTERRADA

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considerará una instalación tipo con cables de aislamiento seco Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)hasta 18/30 kV formada por un terno de cables unipolares directamente enterrado en toda su longitud a 1 metro de profundidad (medido hasta la parte superior del cable), en un terreno de resistividad térmica media de 1,5 K.m/W, con una temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25 °C y con una temperatura del aire ambiente de 40 °C.

En la tabla siguiente se indican las intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados

Sección (mm^2)	**HEPR**	
	Cu	**Al**
25	135	105
35	160	125

Sección (mm^2)	HEPR	
	Cu	Al
50	190	145
70	235	180
95	280	215
120	320	245
150	360	275
185	405	315
240	470	365
300	530	410
400	600	470

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en este apartado, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura, en el conductor, superior a la prescrita en la tabla del apartado 2.1.1. Se remite la norma UNE 20.435 en la que se indican los coeficientes de corrección a aplicar.

5.1.1.2 CABLES ENTERRADOS EN ZANJA EN EL INTERIOR DE TUBOS O SIMILARES

No deberá instalarse más de un cable tripolar por tubo o más de un sistema de tres unipolares por tubo. La relación de diámetros entre tubo y cable o conjunto de tres unipolares no será inferior a 1,5. En el caso de instalar un cable unipolar por tubo, el tubo deberá ser de material magnético.

Tubos de corta longitud: Se entiende por corta longitud, canalizaciones tubulares que no superen longitudes de 15 m (cruzamientos de caminos, carreteras, etc.). En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados especiales, no será necesario aplicar coeficiente de corrección de intensidad alguno.

Tubos de gran longitud: En el caso de una línea con un terno de cables unipolares por el mismo tubo, se utilizarán los valores de intensidades indicados en la tabla 12, calculados para una resistividad térmica del tubo de 3,5 K.m/W y para un diámetro interior del tubo superior a 1,5 veces del diámetro equivalente de la terna de cables unipolares.

En la tabla siguiente se indican las intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo.

Sección (mm^2)	HEPR	
	Cu	Al
95	260	200
120	295	230
150	330	255
185	375	290
240	440	345

Si se trata de una agrupación de tubos, la intensidad admisible dependerá del tipo de agrupación empleado y variará para cada cable o terno según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente por el proyectista. Además, se tendrán en cuenta los coeficientes aplicables en función de la temperatura y resistividad térmica del terreno y profundidad de la instalación.

5.1.2 REACTANCIA Y RESISTENCIA

5.1.2.1 REACTANCIA

La reactancia kilométrica en Ω/km para cables de aislamiento seco Etileno Propileno de alto módulo (HEPR) a la frecuencia de 50 Hz, viene indicada en la siguiente tabla.

Sección nominal (mm^2)	**Reactancia X enΩ/km por fase Tensión nominal del cable**						
	1,8/3 kV	**3,6/6 kV**	**6/10 kV**	**8,7/15 kV**	**12/20 kV**	**12/25 kV**	**18/30 kV**
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
95	0,099	0,102	0,110	0,115	0,116	0,121	0,129
120	0,095	0,098	0,106	0,111	0,112	0,118	0,123
150	0,093	0,096	0,102	0,108	0,109	0,115	0,118
185	0,089	0,093	0,100	0,104	0,106	0,110	0,113
240	0,088	0,090	0,097	0,101	0,103	0,106	0,109
Un cable tripolar							
95	0,083	0,087	0,096	0,102	0,101	0,108	0,115
120	0,081	0,084	0,093	0,098	0,097	0,103	0,110
150	0,079	0,082	0,090	0,096	0,095	0,100	0,105
185	0,079	0,081	0,089	0,094	0,093	0,097	0,101
240	0,076	0,079	0,085	0,090	0,090	0,093	0,097

5.1.2.2 RESISTENCIA

La resistencia kilométrica de la línea en corriente alterna y a 105ºC, viene indicada en la siguiente tabla. Los valores que figuran en la están de acuerdo a la norma UNE EN 60228.

Sección nominal (mm^2)	**Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km**			
	Cables Unipolares		**Cables Tripolares**	
	Cu	**Al**	**Cu**	**Al**
95	0,259	0,427	0,264	0,434
120	0,206	0,340	0,209	0,343
150	0,168	0,277	0,170	0,281
185	0,134	0,221	0,137	0,224
240	0,104	0,170	0,105	0,173

5.1.3 CAIDA DE TENSION

La caída de tensión por resistencia y reactancia para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:

$$\Delta U = \sqrt{3}\ L\ I\ (R \cos \varphi + X \operatorname{sen} \varphi)$$

donde:

ΔU = Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I = Intensidad de la línea en A

X = Reactancia por fase en Ω /km

R = Resistencia por fase en Ω /km

φ = Factor de potencia =0,9

L = Longitud de la línea en kilómetros.

teniendo en cuenta que:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot Cos\varphi}$$

donde:

P = Potencia transportada en kilovatios.

U = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

la caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta es:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2 \cdot Cos\varphi}\left(R \cdot Cos\varphi + x \cdot sen\varphi\right) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2}\left(R + x \cdot tg\varphi\right)$$

5.1.4 PERDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en una línea trifásica vienen dadas por la fórmula:

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

donde:

P = Pérdida de potencia en vatios

la pérdida de potencia en tanto por ciento viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot Cos^2\varphi}$$

donde cada variable se expresa en las unidades indicadas en el punto anterior.

5.1.5 OTRAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS

A continuación, señalamos las principales características de la red:

Tensión (V): 20000

Frecuencia (Hz): 50

C.d.t. máx. (%): 5

Cos φ: 0,9

Coef. Simultaneidad: 1

5.1.6 SELECCIÓN DE LA SECCION POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

5.1.6.1 INTENSIDAD MAXIMA DE CORTOCIRCUITO EN LOS CONDUCTORES

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calcularán de acuerdo con la Norma UNE 21192, siendo válido el cálculo aproximado de las densidades de corriente que se indica a continuación.

Estas densidades de corriente se calculan de acuerdo con las temperaturas especificadas en la tabla siguiente, considerando como temperatura inicial, θ_i, la máxima asignada al conductor para servicio permanente, θ_s, y como temperatura final la máxima asignada al conductor para cortocircuitos de duración inferior a 5 segundos, θ_{cc}. En el cálculo se considera que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático).

En estas condiciones debe cumplirse la condición:

$$I_{cc} \times \sqrt{t_{cc}} = K \times S$$

en donde,

t_{cc} = duración del cortocircuito en segundos.

S = sección del conductor en mm^2.

Icc = corriente de cortocircuito efectiva en A., expresada en valor eficaz.

K = es un coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito.

Si se desea conocer la intensidad de corriente de cortocircuito para un valor de t_{cc}, distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de densidad de corriente tabulado para t_{cc} = 1 s, para los distintos tipos de aislamiento.

Si, por otro lado, interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a una temperatura inicial θ_i diferente a la máxima asignada al conductor para servicio permanente θ_s, basta

multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección, que resulta de la siguiente ecuación.

$$\sqrt{\frac{\ln\left(\frac{(\theta_{cc}+\beta)}{(\theta_i+\beta)}\right)}{\ln\left(\frac{(\theta_{cc}+\beta)}{(\theta_s+\beta)}\right)}}$$

donde β = 235 para el cobre y β = 228 para el aluminio.

En las tablas siguientes se indican las densidades máximas admisibles de la corriente de cortocircuito en los conductores, de cobre y de aluminio respectivamente, de los cables aislados con diferentes materiales, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm² para conductores de cobre

Tipo de aislamiento	Aθ* (K)	Duración del cortocircuito, t_{cc}, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección < 300 mm2	90	363	257	210	162	148	115	93	81	72	66
sección > 300 mm2	70	325	229	187	145	132	102	83	72	65	59
XLPE, EPR y HEPR											
Uo/U > 18/30 kV	160	452	319	261	202	184	143	116	101	90	82
HEPR Uo/U< 18/30 kV	145	426	301	246	190	174	135	110	95	85	78

* Aθ es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm² para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	Aθ* (K)	Duración del cortocircuito, t_{cc}, en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección < 300 mm2	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm2	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR											
Uo/U > 18/30 kV	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR Uo/U< 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

* Aθ es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

5.1.6.2 INTENSIDAD MAXIMA DE CORTOCIRCUITO EN LAS PANTALLAS DE CABLES DE AISLAMIENTO SECO

Las intensidades de cortocircuito máximas admisible en las pantallas de los cables de aislamiento seco varían de forma notable con el diseño del cable. Esta variación depende del tipo de cubierta, del diámetro de los hilos de pantalla, de la colocación de estos hilos, etc. Por este motivo no puede usarse una tabla general única.

El cálculo será realizado siguiendo la norma UNE 211003 y aplicando el método indicado en la Norma UNE 21192. Los valores obtenidos no dependerán del tipo de aislamiento, ya que en el cálculo intervienen sólo las capas exteriores de la pantalla. La norma UNE 211435 no será de aplicación para estos cálculos. El dimensionamiento mínimo de la pantalla será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1000 A durante 1 segundo.

En la tabla siguiente se indican, a título orientativo, las intensidades admisibles en las pantallas metálicas, en función del tiempo de duración del cortocircuito.

Esta tabla corresponde a un cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductora exterior (alambres no embebidos).
- Cubierta exterior poliolefina (Z1)
- Temperatura inicial pantalla: 70ºC
- Temperatura final pantalla: 180ºC

Intensidades de cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en A

Sección Pantalla mm²	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
16	7.750	5.640	4.705	3.775	2.845	2.440	2.200	2.035	1.920
25	1.1965	8.690	7.245	5.795	4.350	3.715	3.340	3.090	2.900

El cálculo se ha realizado siguiendo la guía de la norma UNE 21193, aplicando el método indicado en la norma UNE 21192.

5.2 JUSTIFICACION DEL CONDUCTOR SELECCIONADO. CALCULOS

A continuación, se justifica el conductor seleccionado según lo indicado en los apartados anteriores.

Las características de la instalación son las siguientes:

Potencia aparente: 630 kVA

Tensión: 20000 V

Longitud del conductor: 500 m

Cos φ: 0,9

Conductor adoptado: 1X150/16 mm² 12/20 KV

5.2.1 DETERMINACION DE LA SECCION POR CALENTAMIENTO

La intensidad de corriente de la instalación teniendo en cuenta que la potencia máxima demandada será la máxima del centro de transformación (630 kVA) será de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot Cos\varphi} = 20{,}20 \text{ A}$$

El conductor 1X150/16 mm^{2}12/20 KV, dispone de una intensidad máxima admisible de 275 A, para instalación enterrada.

5.2.2 DETERMINACION DE LA SECCION POR CAIDA DE TENSION

Por tanto y aplicando las ecuaciones anteriores y teniendo en cuenta que la potencia máxima demandada será la máxima del centro de transformación (630 kVA) tenemos una caída de tensión de:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2 \cdot Cos\varphi}\left(R \cdot Cos\varphi + x \cdot sen\varphi\right) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2}\left(R + x \cdot tg\varphi\right)$$

Siendo para el conductor seleccionado

X = 0,109 Ω/km

R = 0,277 Ω/km

Resulta:

ΔU = 5,19 V

ΔU % = 0,02597

5.2.3 DETERMINACION DE LA PERDIDA DE POTENCIA

Por tanto y aplicando las ecuaciones anteriores y teniendo en cuenta que la potencia máxima demandada será la máxima del centro de transformación (630 kVA) tenemos una perdida de potencia de:

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot Cos^2\varphi}$$

ΔP = 1,0018 kW

ΔP % = 0,0269

5.2.4 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE DEL CONDUCTOR

Para el conductor seleccionado la densidad máxima admisible para t= 1s, será de 89 A/mm2, por tanto la intensidad máxima admisible del mismo será:

I= 89 x 150 =21.360 A = 13,35 kA

La intensidad de cortocircuito en la red según la compañía suministradora será de 12,5 kA, por tanto, el conductor seleccionado será válido.

5.2.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE DE LA PANTALLA

Para nuestro conductor la pantalla es de 16 mm^2 siendo la intensidad máxima admisible para t=1s es de 2.845 A.

5.3 MECANISMOS

5.3.1 RESISTENCIA MECANICA Y DISTANCIA DE SEGURIDAD EN CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y PASO POR ZONAS

5.3.1.1 CONDICIONES GENERALES

Los cables subterráneos enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el presente apartado y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de A.T

Conforme a lo establecido en el artículo 162 del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización. Estos requisitos no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías. En dichos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, deberán aplicarse, cuando corresponda, los factores de corrección definidos en el capítulo 6 de la presente instrucción.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topo" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

5.3.1.2 CRUZAMIENTOS

A continuación, se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de A.T.

5.3.1.3 CALLES Y CARRETERAS

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 metros. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

5.3.1.4 OTROS CABLES DE ENERGIA ELECTRICA

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurran por debajo de los de baja tensión.

La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de A.T. y otros cables de energía eléctrica será de 0,25 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

5.3.1.5 CABLES DE TELECOMUNICACION

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

5.3.1.6 CANALIZACION DE AGUA

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 metros. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

5.3.1.7 PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Los cables subterráneos de A.T. deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

5.3.1.8 OTROS CABLES DE ENERGIA ELECTRICA

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 metros. Cuando no pueda respetarse esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión

de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A.T. del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

5.3.1.9 CABLES DE TELECOMUNICACION

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

5.3.1.10 CANALIZACIONES DE AGUA

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 metros. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 metros en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos de alta tensión.

6 MEMORIA CENTRO TRANSFORMACION

6.1 RESUMEN DE CARACTERISTICAS

6.1.1 TITULAR

Comunidad de Regantes la Fuente

6.1.2 NUMERO DE REGISTRO

Al ser un centro de transformación nuevo no tiene nº de Registro

6.1.3 EMPLAZAMIENTO

El transformador se encuentra ubicado en Polígono 11, Parcela 907

6.1.4 LOCALIDAD

La localidad donde se encuentra ubicado el transformador es Utiel

6.1.5 ACTIVIDAD

Centro de transformación prefebricado de 630 kVA

6.1.6 POTENCIA UNITARIA DE CADA TRANSFORMADOR

La instalación consta de un transformador de potencia de 630 kVA

6.1.7 TIPO DE CENTRO

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-6 con una puerta peatonal de dimensiones 4.830 x 2.500 y altura útil 2.535 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica.

6.1.8 TIPO DE TRANSFORMADOR Y VOLUMENT TOTAL EN LITROS DE DIELECTRICO

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural, (ONAN), en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora.

El transformador será del tipo ACEITE con el siguiente volumen de dieléctrico: 520 litros para un transformador de 630 KVA.

6.1.9 PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto total asciende a la cantidad de 52.337,05€.

6.2 OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto, iniciar el trámite de legalización de la instalación eléctrica de un centro de transformación prefabricado de cliente para una potencia nominal de 630 kVA con la finalidad de suministrar energía eléctrica en baja tensión para necesidades de Centro de transformación prefebricado de 630 kVA, cuyo fin es alimentar unos pozos de riego.

6.3 TITULAR

Nombre:	Comunidad de Regantes la Fuente
C.I.F.:	G05339742
Dirección:	Calle Almendro, 8
Población:	46315, Caudete de las Fuentes (Valencia)

6.4 SITUACION Y EMPLAZAMIENTO

Paraje:	Polígono 11, Parcela 907
Población:	Utiel
Término municipal:	Utiel (Valencia)

La ubicación exacta del centro de transformación se indica en el plano nº1.

6.5 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACION

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

* CARACTERÍSTICAS CELDAS SM6

Las celdas a emplear serán celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60271.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

a) Compartimento de aparellaje.

b) Compartimento del juego de barras.

c) Compartimento de conexión de cables.

d) Compartimento de mando.

e) Compartimento de control.

6.6 PROGRAMA DE NECESIDADES Y POTENCIA INSTALADA EN KVA

El transformador de potencia será trifásico con refrigeración natural, en baño de aceite o seco. Dispondrá de neutro de B.T. accesible. Su relación de transformación es de 20.000/690 V.

Potencia en kVA: 630.
Previsión de ampliación: No esta previsto ampliar.

6.6.1 CARACTERISTICAS DEL LOCAL

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

* COMPACIDAD.

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- calidad en origen,

- reducción del tiempo de instalación,

- posibilidad de posteriores traslados.

* FACILIDAD DE INSTALACIÓN.

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

* MATERIAL.

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta

impermeabilización.

* EQUIPOTENCIALIDAD.

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmnios (RU 1303A).

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

* IMPERMEABILIDAD.

Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.

* GRADOS DE PROTECCIÓN.

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

* ENVOLVENTE.

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

* SUELOS.

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

* CUBA DE RECOGIDA DE ACEITE.

La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad de 760 litros, estando así diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.

En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.

* PUERTAS Y REJILLAS DE VENTILACIÓN.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico.

6.6.2 INSTALACION ELECTRICA

6.6.2.1 CARACTERISTICAS DE LA RED DE ALIMENTACION

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

6.6.2.2 CARACTERISTICAS DE LA APARAMENTA DE ALTA TENSION

* CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6

- Tensión asignada: 24 kV.

- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:

  a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.

  a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.

- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.

- Intensidad asignada en interrup. automat. 400 A.

- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A.

- Intensidad nominal admisible de corta duración:

durante un segundo 16 kA ef.

- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:

40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.

- Grado de protección de la envolvente:

IP307 según UNE 20324-94.

- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

*CELDA DE LINEA

Celda de interruptor-seccionador gama SM6, modelo SIM16, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24kV y 16kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm2.

* CELDA DE SECCIONAMIENTO Y REMONTE.

Celda de seccionamiento y remonte gama SM6, modelo SSME16, de dimensiones: 625 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes.
- Seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Mando CS1 manual dependiente.
- Embarrado de puesta a tierra.

- Enclavamiento por cerradura tipo E14 impidiendo maniobrar en carga el seccionador de la celda DM1-D e impidiendo maniobrar en carga cualquiera de las dos celdas seccionador que forman el esquema unifilar del centro.

* CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR-FUSIBLES COMBINADOS.

Celda de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo SQMB16DBD, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad y 1.600 mm. de profundidad, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.

- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA., equipado con bobina de disparo a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF, de 24kV, y calibre 20 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Preparada para salida lateral inferior por barrón a derechas.
- No contiene relé de protección.
- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el paso a la posición de tierra del interruptor y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el interruptor de la celda QMB no se ha puesto en posición de tierra previamente.

* CELDA DE MEDIDA.

Celda de medida de tensión e intensidad con entrada inferior lateral por barras y salida inferior lateral por cables gama SM6, modelo SGBCC3316, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda por barras y salida inferior por cable.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 15-30/5A, 15VA CL.0.5, Ith=200In y aislamiento 24kV.
- 3 Transformadores de tensión unipolares, de relación 22.000:V3/110:V3, 25VA, CL0.5, Ft= 1.9 Un y aislamiento 24kV.

* TRANSFORMADOR 1.

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 690V entre fases y 398V entre fases y neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428 y a las normas

particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 630 kVA.
- Tensión nominal primaria: 20.000 V.
- Regulación en el primario: +2,5% +5% +7,5% +10%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 690 V.
- Tensión de cortocircuito: 4 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:

Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV.

Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min50 kV.

- Protección térmica por termómetro de esfera (2cont.).

(*)Tensiones según:

-UNE 21301-1:2020 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)

-UNE 21428 (96)(HD 428.1 S1)

CONEXIÓN EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm2 en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

CONEXIÓN EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN:

- Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x1x240mm2 Al para las fases y de 2x1x240mm2 Al para el neutro.

6.6.2.3 CARACTERISTICAS MATERIAL VARIO DE ALTA TENSION

* EMBARRADO GENERAL CELDAS SM6.

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

PIEZAS DE CONEXIÓN CELDAS SM6.

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

6.6.2.4 CARACTERISTICAS DE LA APARAMENTA DE BAJA TENSION

Los aparatos de protección en las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación no forman parte de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

6.6.3 MEDIDA DE LA ENERGIA ELECTRICA

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750mm de alto x 500mm de ancho y 320mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador de relación abierta(lectura indirecta).

  Contador de activa de 4 hilos clase 1,

  2MW < P < 10 MW ó 6000 MWh < energía/año < 30000 MWh,

- Equipos de protección necesarios.
- Y demás elementos que la compañía electica determine

6.6.4 PUERTA A TIERRA

6.6.4.1 TIERRA DE PROTECCION

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

6.6.4.2 TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del capítulo 2 de este proyecto.

6.6.4.3 TIERRA DE INTERIORES

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm2 de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm2 de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de

seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

6.6.5 INSTALACIONES SECUNDARIAS

6.6.5.1 ALUMBRADO

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux .

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

6.6.5.2 BATERIA DE CONDENSADORES

No se instalarán baterías de condensadores.

6.6.5.3 PROTOCOLO CONTRAINCENDIOS

De acuerdo con la instrucción MIE-RAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

6.6.5.4 VENTILACION

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la reja de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Potencia del transformador (kVA)	Superficie de la reja mínima(m²)
630	0,47

Los cálculos de sección de la superficie mínima de la reja se encuentran en el apartado 2.6. de este proyecto.

6.6.5.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD

* SEGURIDAD EN CELDAS SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.

- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.

- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.

- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

7 CALCULOS JUSTIFICATIVOS CENTRO DE TRANSFORMACION

7.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSION

En un sistema trifásico, la intensidad primaria Ip viene determinada por la expresión:

$$Ip = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

Ip = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Ip (A)
630	7,22

siendo la intensidad total primaria de 7,22 Amperios.

7.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSION

En un sistema trifásico la intensidad secundaria Is viene determinada por la expresión:

$$Is = \frac{S - Wfe - Wcu}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

Wfe= Pérdidas en el hierro.

Wcu= Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios = 0.4 kV.

Is = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Is (A)
630	527

7.3 CORTOCIRCUITOS

7.3.1 OBSERVACIONES

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

7.3.2 CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$Iccp = \frac{Scc}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

Scc = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U = Tensión primaria en kV.

Iccp = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

No la vamos a calcular ya que será menor que la calculada en el punto anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$Iccs = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{Ucc}{100} \cdot Us}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

Ucc = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

Us = Tensión secundaria en carga en voltios.

Iccs= Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

7.3.3 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSION

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

Scc = 350 MVA.

U = 20 kV.

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

Iccp = 10.1 kA.

7.3.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSION

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Ucc (%)	Iccs (kA)
630	4	9,02

Siendo:

- Ucc: Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.

- Iccs: Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

7.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertos de aislamiento termorretráctil.

Las barras se fijan a las conexiones al efecto existentes en la parte superior del cárter del aparato funcional (interruptor-seccionador o seccionador en SF6). La fijación de barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 375 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal	400 A.
- Límite térmico 1 seg.	16 kA ef.
- Límite electrodinámico	40 kA cresta.

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

7.4.1 COMPROBACION POR DENSIDAD DE CORRIENTE

Para la intensidad nominal de 400 A el embarrado de las celdas SM6 es de tubo de cobre de diámetro exterior de 24 mm. y con un espesor de 3 mm., lo que equivale a una sección de 198 mm².

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{400}{198} = 2{,}02\ A/mm^2$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35ºC y del embarrado a 65ºC, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20 mm. y de 818 A para diámetro de 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3,42 y 2,99 A/mm² respectivamente. Con estos valores se obtendría una densidad máxima admisible de 3,29 A/mm² para el embarrado de diámetro de 24, valor superior al calculado (2,02 A/mm²). Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento de 30ºC sobre la temperatura ambiente.

7.4.2 COMPROBACION POR DENSIDAD ELECTRODINAMICA

Para el cálculo consideramos un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13{,}85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{Icc^2}{d} \cdot L \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \right)$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Nw.

f = coeficiente en función de cos φ, siendo f=1 para cosφ =0.

Icc = intensidad máxima de cortocircuito = 16.000 A eficaces.

d = separación entre fases = 0,2 metros.

L = longitud tramos embarrado = 375 mm.

y sustituyendo, F = 399 Nw.

Esta fuerza está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$q = \frac{F}{L} = 0{,}108$ kg/mm

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M\max = \frac{q \cdot L^2}{12} = 1.272 kg.mm$$

El embarrado tiene un diámetro exterior D=24 mm. y un diámetro interior d=18 mm.

El módulo resistente de la barra es:

$$W = \frac{\Pi}{32}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right) = \frac{\Pi}{32}\left(\frac{24^4 - 18^4}{24}\right) = 927 mm^3$$

La fatiga máxima es:

$$r\max = \frac{M\max}{W} = \frac{1.272}{927} = 1{,}37 kg/mm^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío tenemos:

R_{OI2} = 19 kg/mm². >> r máx.

y por lo tanto, existe un gran margen de seguridad.

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 2,8 m.Kg., superior al par máximo (Mmáx).

7.4.3 COMPROBACION POR SOLICITACION TERMICA. SOBREINTENSIDAD TERMICA ADMISIBLE

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con CEI 60298 por la expresión:

$$S = \frac{I}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\delta\Theta}}$$

Siendo:

S = sección de cobre en mm² = 198 mm².

α = 13 para el cobre.

t = tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

I = Intensidad eficaz en Amperios.

$\delta\Theta$= 180° para conductores inicialmente a tª ambiente.

Si reducimos este valor en 30°C por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para I = 16 kA:

$$\delta\Theta = 150^{\circ}$$

$$t = \delta\Theta \cdot \left(\frac{S \cdot \alpha}{I} \right)^2$$

y sustituyendo:

$$t = 150 \cdot \left(\frac{198 \cdot 13}{16.000} \right)^2 = 3{,}88 s.$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 16 kA eficaces durante más de un segundo.

7.5 PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

7.5.1 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSION

* ALTA TENSIÓN.

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcazado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del fusible de A.T. (A)
630	20

* BAJA TENSIÓN.

Los elementos de protección de las salidas de Baja Tensión del C.T. no serán objeto de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

7.5.2 AJUSTE DEL DISPOSITIVO TERMICO O DE LOS RELES

El dispositivo térmico se ajustará como máximo conforme a los siguientes valores de temperatura, tomando como temperatura máxima ambiente de 40 ºC.

- Transformadores en baño de aceite o silicona:

Alarma 90ºC.

Disparo 100ºC.

- Transformadores encapsulados aislamiento seco clase térmica F:

Alarma 140ºC.

Disparo 150ºC.

Los relés de sobreintensidad, si los hubiere, se ajustarán conforme a los siguientes valores y tiempos de actuación, procurando mantener la selectividad con las protecciones aguas arriba y aguas abajo.

- Relé se sobreintensidad de fase (50-51):

Intensidad de arranque un 40 % por encima de la intensidad primaria.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor K = 0.1.

Disparo Instantáneo por encima del valor de la corriente de inserción de los transformadores y del valor de la intensidad debida a un cortocircuito en el lado de baja tensión, y por debajo de la corriente de cortocircuito primaria. Por lo general se ajustará a 22 veces la intensidad nominal para potencias hasta 1000 kVA, y a 18 veces para potencias superiores.

- Relé se sobreintensidad de tierra (50N-51N):

Intensidad de arranque al 40 % de la intensidad de arranque de fase para potencias hasta 1000 kVA y al 20 % para potencias superiores.

Curva Inversa según IEC, con índice de tiempo o factor K = 0.1.

Disparo Instantáneo ajustado a 4 veces la intensidad de arranque de tierra.

7.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACION DEL C.T.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$Sr = \frac{Wcu + Wfe}{0{,}24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta t^3}}$$

Siendo:

Wcu = Pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.

Wfe = Pérdidas en vacío del transformador en kW.

h = Distancia vertical entre centros de rejas = 1.2 m.

Δt = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.

K = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0.55.

Sr = Superficie mínima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Pérdidas Wcu + Wfe (kW)	Sr mínima (m²)
630	5,53	0,47

Se dispondrá de 2 rejillas de ventilación para la entrada de aire situadas en la parte lateral inferior, de dimensiones 960 x 700 mm cada una, consiguiendo así una superficie total de ventilación de 1,34 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejilla posterior superior de 1300 x 350 mm y 2 rejillas laterales superiores de 960 x 350 mm cada una consiguiendo una superficie total de evacuación de 1,13 m². Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

7.7 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del transformador	Volumen mínimo del foso

(kVA)	(litros)
630	312

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado tiene una capacidad de 760 litros para el transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

7.8 CALCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

7.8.1 INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 250 □□m.

7.8.2 DETERMINACION DE LAS CORRIENTES MAXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MAXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACION DE DEFECTO

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (IBERDROLA), el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 0.7 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

K = 72 y n = 1.

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

Rn = 0 Ω y Xn = 25.4 Ω. Con

$$|Zn| = \sqrt{Rn^2 + Xn^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$Id(\max) = \frac{Us\max}{\sqrt{3} \cdot Zn}$$

donde Usmax=20000 V

con lo que el valor obtenido es Id=454.61 A, valor que la Compañía redondea a 500 A.

7.8.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACION DE TIERRA

* TIERRA DE PROTECCIÓN.

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas

prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/36 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

Kr = 0.0528 Ω/(Ω*m).

Kp = 0.00853 V/(Ω*m*A).

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 9 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kr y Kp de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

* TIERRA DE SERVICIO.

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/36 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

Kr = 0.0528 Ω/(Ω*m).

Kp = 0.00853 V/(Ω*m*A).

- Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 9 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kr y Kp de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios (=37 x 0,650).

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión. Dicha separación está calculada en el apartado 2.8.8.

7.8.4 CALCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

* TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), intensidad y tensión de defecto correspondientes (Id, Ud), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt:

$$Rt = Kr * \sigma .$$

- Intensidad de defecto, Id:

$$Id = \frac{U_{smax}\ V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(Rn + Rt)^2 + Xn^2}}$$

donde U_{smax} = 20000

- Tensión de defecto, Ud:

$$Ud = Id * Rt .$$

Siendo:

σ = 250 Ωm.

Kr = 0.0528 Ω/(Ω m).

se obtienen los siguientes resultados:

Rt = 13.2 Ω

Id = 403.39 A.

Ud = 5324.7 V.

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

* TIERRA DE SERVICIO.

Rt = Kr *□ = 0.0528 * 250 = 13.2 Ω.

que vemos que es inferior a 37 Ω.

7.8.5 CALCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACION

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

Up = Kp *σ * Id = 0.00853 * 250 * 403.39 = 860.2 V.

7.8.6 CALCULO DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACION

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edifico prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad de éstos.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

Up acceso = Ud = Rt * Id = 13.2 * 403.39 = 5324.7 V.

7.8.7 CALCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, será:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

Uca = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.

K = 72.

n = 1.

t = Duración de la falta en segundos: 0.7 s

obtenemos el siguiente resultado:

Uca = 102.86 V

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$Up(\text{exterior}) = 10\frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{6 \cdot \sigma}{1000}\right)$$

$$Up(\text{accesso}) = 10\frac{K}{t^n}\left(1 + \frac{3 \cdot \sigma + 3 \cdot \sigma h}{1000}\right)$$

Siendo:

Up = Tensiones de paso en Voltios.

K = 72.

n = 1.

t = Duración de la falta en segundos: 0.7 s

σ = Resistividad del terreno.

σ h = Resistividad del hormigón = 3.000 □.m

obtenemos los siguientes resultados:

Up(exterior) = 2571.4 V

Up(acceso) = 11057.1 V

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:

Up = 860.2 V. < Up(exterior) = 2571.4 V.

- en el acceso al C.T.:

Ud = 5324.7 V. < Up(acceso) = 11057.1 V.

7.8.8 INVESTIGACION DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima Dmín, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$Dmín = \frac{\sigma \cdot Id}{2000 \cdot \pi}$$

con:

σ= 250 Ω.m.

Id = 403.39 A.

obtenemos el valor de dicha distancia:

Dmín = 16.05 m.

7.8.9 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL ESTABLECIENDO EL DEFINITIVO

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se

corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

UTIEL, MARZO del 2023

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

Fdo: LUIS MIGUEL TELLO HERNANDEZ