



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y CÁLCULO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL.

Alumno: YESTE GARCÍA, JAVIER

Tutor: ACERO MARÍN, NATIVIDAD

Depto.: INGENIERÍA ELECTRICA

OCTUBRE,2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

Alumno: YESTE GARCÍA, JAVIER

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del alumno Javier Yeste García.

Tutor: ACERO MARÍN, NATIVIDAD
Depto.: INGENIERÍA ELECTRICA

INDICE

INDICE.....	2
1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	7
1.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	7
1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE PROYECCIÓN.....	9
1.2.1 Generalidades	9
1.2.2 Tensión nominal y niveles de aislamiento.....	10
1.3 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	10
1.3.1 Apoyos de celosía.....	10
1.3.2 Definición de cantones	13
1.3.3 Armados y semicrucetas	13
1.3.4 Dimensiones de los apoyos	14
1.3.5 Conductores eléctricos.....	15
1.3.6 Cadena de aisladores	15
1.3.7 Herrajes.....	19
1.3.8 Dispositivos anti-escalamiento	19
1.3.9 Dispositivos protección de la avifauna.....	20
1.3.10 Dispositivos de maniobrabilidad de la línea.....	20
1.3.11 Protecciones.....	21
1.3.12 Cimentaciones	21
1.3.13 Conexiones a tierra de los apoyos	23
1.3.14 Distancias de seguridad de la propia línea.....	24
1.3.15 Distancia a otras líneas eléctricas	25
1.3.16 Distancia a carreteras.....	27
1.4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	27
1.4.1 Características del centro de transformación.....	27
1.4.2 Elementos constructivos del centro de transformación Intemperie.....	28

1.5	INSTALACIÓN ELECTRICA DE BAJA TENSION	32
1.6	NORMATIVA VIGENTE DE APLICACIÓN	33
1.7	NORMATIVA COMPLEMENTARIA	34
1.7.1	Normativa complementaria EDE	34
1.7.2	Normativa complementaria UNE	35
2	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	36
2.1	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	36
2.1.1	Potencia máxima de transporte	36
2.1.2	Caída de tensión máxima	37
2.1.3	Pérdida de potencia	39
2.2	CÁLCULOS MECÁNICOS	39
2.2.1	Cálculo mecánico conductores	39
2.2.2	Cálculo justificativo de los apoyos	45
2.2.3	Cálculo justificativo de la cadena de aisladores	47
2.2.4	Desviación de la cadena de aisladores	48
2.2.5	Herrajes	50
2.3	CÁLCULOS DE CIMENTACIONES	52
2.4	CÁLCULOS DE LA PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS	53
2.4.1	Determinación de la intensidad de defecto	53
2.4.2	Tiempo de duración del defecto a tierra	55
2.4.3	Resistencia del electrodo de tierra	56
2.5	CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRAS EN APOYOS NO FREC	56
2.5.1	Cálculo resistencia puesta a tierra en instalaciones con neutro aislado	57
2.5.2	Cálculo resistencia puesta a tierra en instalaciones con neutro a tierra	57
2.6	CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRA EN APOYOS FRECUENTADOS	57
2.6.1	Cálculo de tensiones de contacto máximas admisibles	58
2.6.2	Cálculo de tensiones de paso máximas admisibles	59

2.6.3	Esquema cálculo de puestas a tierra	60
2.7	JUSTIFICACIÓN CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRA	61
2.7.1	Justificación cálculo de puesta a tierra de protección.....	61
2.7.2	Justificación cálculo de puesta a tierra de servicio.....	62
2.8	JUSTIFICACIÓN CÁLCULOS ELÉCTRICOS DEL CTI.....	63
2.8.1	Intensidad en alta tensión	63
2.8.2	Intensidad en baja tensión.....	64
2.8.3	Intensidad de cortocircuito	64
3	ANEXO MEMORIA	65
3.1	ANEXO 1: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	65
3.1.1	Trabajos de acondicionamiento del terreno.....	65
3.1.2	Trabajos de instalación eléctrica.....	66
3.1.3	Medidas para subsanar los riesgos evitables y atenuar los efectos de los riesgos no evitables.....	67
3.1.4	Protecciones individuales y colectivas	70
3.2	ANEXO 2: PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	71
3.2.1	Identificación de residuos a partir de la orden MAM/304/2002	71
3.2.2	Estimación de generación de residuos que se generarán en obra	74
3.2.3	Medidas "in situ" de segregación	75
3.2.4	Reutilización de residuos en obra u otros emplazamientos.....	75
3.2.5	Valoración "in situ" de las operaciones.....	76
3.2.6	Destino previsto para los residuos no reutilizables	76
3.2.7	Presupuesto para gestión de los residuos.....	79
3.2.8	Conclusión.....	79
3.3	ANEXO 3: ANALISIS AMBIENTAL.....	80
3.3.1	Objeto de la actividad	80
3.3.2	Emplazamiento	80

3.3.3	Maquinaria y equipos para el proceso productivo	80
3.3.4	Materiales empleados que puedan ser potencialmente perjudiciales para el medio ambiente	81
3.3.5	Riesgos ambientales previsibles y medidas correctoras	81
3.3.6	Medidas de control y seguridad.....	81
3.3.7	Conclusión.....	82
3.4	ANEXO 4: RESULTADOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	83
3.4.1	Cálculo de las tensiones de los conductores por fase	83
3.4.2	Cálculo tabla de tendido nº 1	84
3.4.3	Cálculo tabla de tendido nº 2	84
3.4.4	Cálculo de apoyos.....	85
3.4.5	Elección de apoyos	87
3.4.6	Cálculo cadenas de aisladores	94
3.4.7	Cálculo de cimentaciones	94
3.4.8	Anexo mediciones de cálculo	95
3.4.9	Anexo de cálculos eléctricos	95
3.4.10	Apoyos y crucetas normalizadas ANDEL S.A.....	96
3.4.11	Relación de apoyos y armados para presupuesto	96
4	PLANOS.....	97
5	PLIEGO DE CONDICIONES	104
5.1	Condiciones generales	104
5.2	Condiciones técnicas de ejecución de obra y montaje.....	104
5.3	Transporte y almacenaje a pie de obra.....	105
5.4	Verificación de los apoyos.....	105
5.5	Explanación y excavación.	105
5.6	Instalación de puestas a tierra de los apoyos	106
5.7	Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos	107

5.7.1	Hormigón.....	107
5.7.2	Proceso de hormigonado en obra.....	107
5.8	Instalación de los apoyos	107
5.9	Tensado e instalación de los conductores desnudos	108
5.10	Instalación de cadenas de aisladores	109
5.11	Instalación de elementos auxiliares.....	109
6	PRESUPUESTO	110

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto del proyecto

El presente proyecto en el ámbito académico, tiene el objeto de conseguir por parte del alumno redactor del mismo, el título de Grado en Ingeniería Eléctrica. En cuanto al Proyecto Técnico tiene por objeto el cálculo de una Línea Aérea de Media Tensión (en adelante LAMT) de 20 kV, de un centro de transformación de 50 kVA y de una red de baja tensión destinada al suministro de energía eléctrica de una vivienda rural situada en Linares (Jaén).



FIGURA 1.1 MAPA ELÉCTRICO: PROVINCIA JAÉN 20 KV

Desde hace años, la finca rural se abastecía de energía eléctrica mediante un grupo electrógeno, debido a la imposibilidad que encontraba el propietario para conseguir los permisos de paso que son imprescindibles para la implantación de la red aérea de media tensión. Tras conseguirlo, se ha procedido a la realización de la misma. En la Figura 1.2 se muestra el trazado para el cálculo de los apoyos y tendido eléctrico.

El punto de entronque es el que ha facilitado Endesa en su Carta de Condiciones de Suministro.

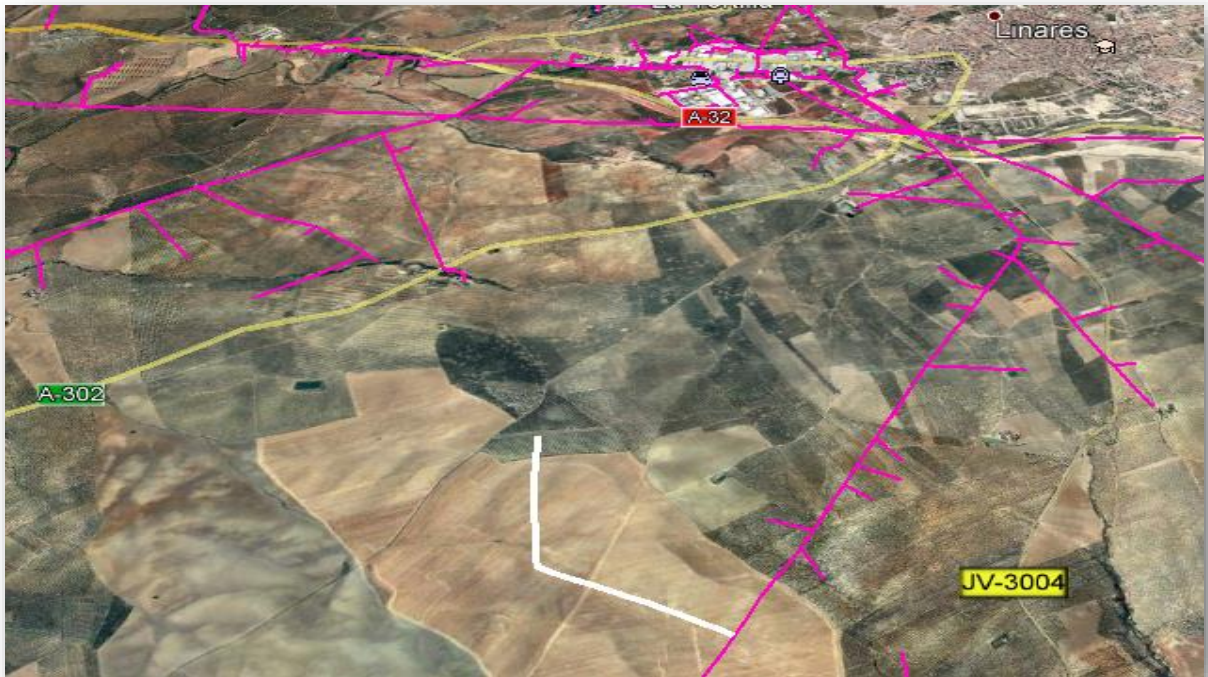


FIGURA 1.2 BLANCO → LAMT 20 KV (OBJ.ESTUDIO), MORADO → RED MT 20 KVJAÉN

Para la realización del presente proyecto ha sido necesario contar con diversos programas y documentación tales como:

- Google Earth: reconocimiento de la ubicación de los apoyos, así como para visualizar posibles cruzamientos entre otras líneas eléctricas o carreteras.
- TCX: obtención del perfil topográfico, incluyendo altitud a nivel del mar, así como coordenadas UTM.
- Catálogo de ANDEL S.A: elección de apoyos y obtener sus características de diseño.
- ANDELEC 2018: diseño y cálculo constructivo de la LAMT.
- GIMP: Edición de fotos.
- Amikit 4.0: Cálculo del centro de transformación.

1.2 Características generales de proyección

1.2.1 Generalidades

La LAMT de 20 kV es considerada de 3º categoría según lo prescrito en el Artículo 3 del Capítulo 1 del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (en adelante RLAT). En cuanto al trazado, se realiza de acuerdo a los permisos de paso obtenidos, evitando poner en la medida lo posible, apoyos en ángulo y pasar por parajes de valor cultural o arqueológico.

Las características generales de la línea son:

Características Generales	
Tensión Nominal	20 KV
Longitud de la línea	2194,85 m
Altitud promedio	399 m
Categoría de la línea	3ª
Velocidad de viento reglamentaria	120 Km/h
Coefficiente EDS	15%
Coefficiente CHS	20%
Previsión de potencia de consumo	40kW
Factor de potencia	0,80
Numero de circuitos	1
Número de conductores por circuito	1
Línea de fuga mínima (Contaminación media)	20mm/kV

TABLA 1.1 DATOS GENERALES DEL TRAZADO DE LÍNEA

:

1.2.2 Tensión nominal y niveles de aislamiento

Según la ITC-RAT 07 del RD 223/2008, nuestra LAMT debe estar integrada en redes trifásicas de hasta 20 kV y frecuencia nominal de 50Hz.

Tensión nominal (kV)	Tensión más elevada para el material (Kv eficaz)	Tensión nominal a frecuencia industrial (KV eficaz)	Tensión de choque nominal (tipo Rayo) (KV cresta)
$U \leq 20$	24	50	125
$20 < U \leq 30$	36	70	170

TABLA1.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE RED 20KV

1.3 Descripción y justificación de la solución adoptada

1.3.1 Apoyos de celosía

A partir de la ITC-LAT 07 del RLAT, los apoyos serán metálicos de celosía en tresbolillo y se clasifican según su cadena de aislamiento y su función en:

- **Apoyos de suspensión**→ Su cadena de aislamiento se encuentra en suspensión.
- **Apoyos de amarre**→ Su cadena de aislamiento se encuentra amarrada al apoyo.
- **Apoyo de anclaje**→ Su cadena de aislamiento se encuentra amarrada al apoyo y a su vez proporciona un punto firme para evitar propagar esfuerzos longitudinales.
- **Apoyo fin de línea**→ Apoyo de amarre situado al inicio y final de la LAMT.

Según la posición relativa del apoyo respecto al trazado de la línea, se clasifican en:

- **Apoyo de alineación**→ Apoyos de suspensión/amarre/anclaje en tramos rectos de la línea cuya principal función es la de sostener los conductores.
- **Apoyo en ángulo**→ Apoyos de amarra/anclaje que forman un ángulo respecto al trazado de la línea.

Los apoyos por los que está la LAMT en este caso concreto son:

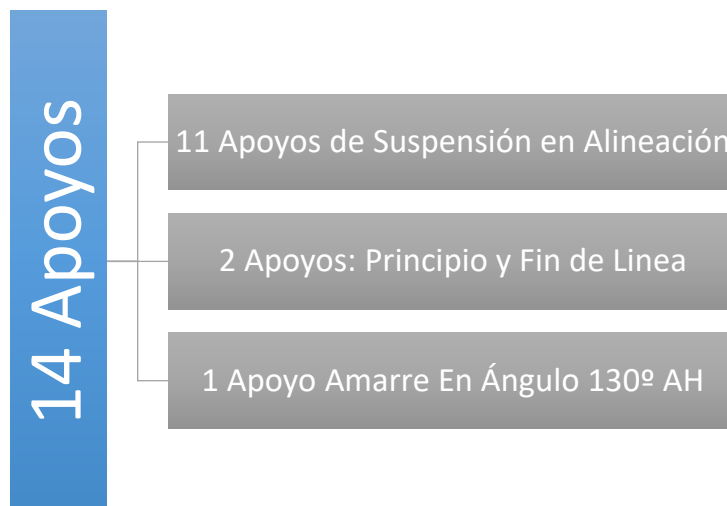


FIGURA 1.3 CONFIGURACIÓN DE APOYOS LAMT

En la Figura 1.4 y 1.5 se incluye una vista aérea de la ubicación de los 14 apoyos a través del programa Google Earth



FIGURA 1.4 UBICACIÓN DE APOYOS POR VISTA AÉREA (1/2)



FIGURA 1.5 UBICACIÓN DE APOYOS POR VISTA AÉREA (2/2)

Todos los apoyos son considerados apoyos no frecuentados, ya que están situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente. Al encontrarse todo el perfil topográfico a un valor inferior a 500 metros como podemos ver en la Tabla 1.3, se encuentran en la ZONA A según el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, por lo que no se tendrán en cuenta sobrecargas motivadas por el hielo.

Nº	Elevación (m)	Distancia (m)	Nº	Elevación (m)	Distancia (m)	Nº	Elevación (m)	Distancia (m)	Nº	Elevación (m)	Distancia (m)
1	364	0,0	10	367	389,3	19	396	864,0	28	386	1365,1
2	361	25,0	11	382	420,1	20	402	888,6	29	389	1432,3
3	361	51,1	12	384	445,2	21	407	914,3	30	391	1513,9
4	361	87,4	13	384	483,4	22	407	947,2	31	399	1590,3
5	361	174,4	14	380	586,0	23	403	1018,1	32	405	1749,7
6	374	209,6	15	380	627,8	24	403	1054,8	33	413	1838,8
7	374	244,6	16	387	673,8	25	393	1103,1	34	419	1919,0
8	371	275,0	17	387	707,0	26	390	1106,8	35	416	1983,0
9	371	310,7	18	387	734,7	27	389	1157,4	36	391	2194,9

TABLA 1.3 PERFIL TOPOGRÁFICO DE LAMT

1.3.2 Definición de cantones

El proyecto ha sido dividido, siguiendo unas condiciones de diseño y de trayectoria en dos cantones, quedando representados todos los vanos de un mismo cantón por un solo vano de nivel, conocido como vano de regulación.

Nº de cantón	Apoyo	
	Principio	Final
1	1	8
2	8	14

TABLA1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE RED 20KV

1.3.3 Armados y semicrucetas

Al tratarse de una línea de simple circuito y un solo conductor de fase, se opta por un armado en tresbolillo (Figura 1.5), en función de las cargas longitudinales y de las distancias del aislador eléctrico.

Se emplearán semicrucetas atirantadas atendiendo a la **normativa UNE 207017** y tomando como referencia la normativa informativa **AND001 Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30kV**.

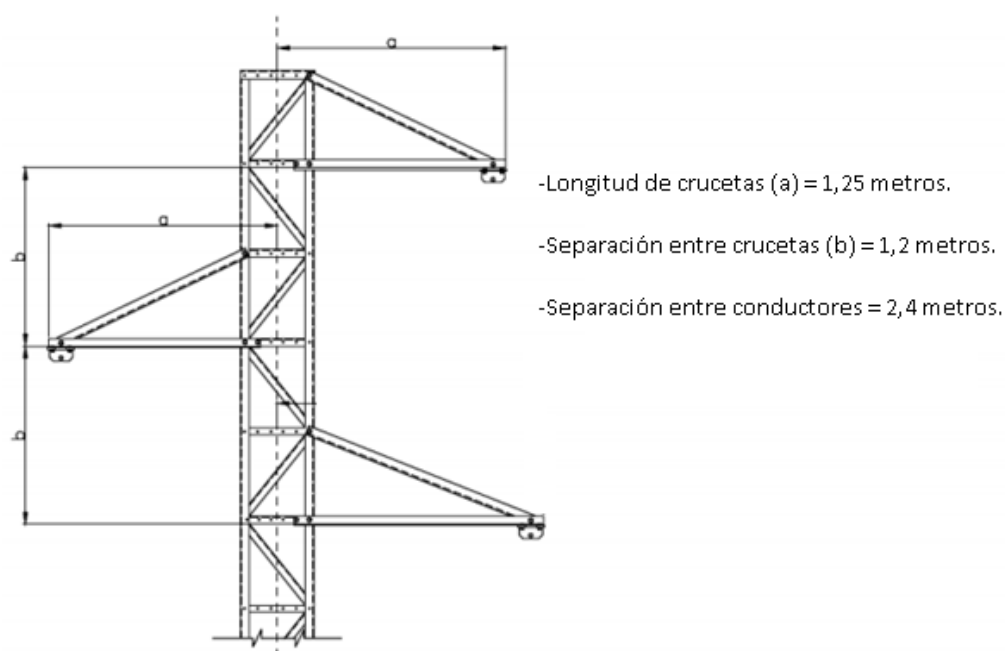


FIGURA 1.5 ARMADO TRESBOLILLO CON CRUCETAS ATIRANTADAS

Armado base	Referenc. Armado	Referenc. Cruceta	Longitud Crucetas (m)	Separación crucetas (m)	Separación conductores (m)
Tresbolillo	TB-12	TB45-S12	1,25	1,2	2,4

TABLA1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ARMADO Y CRUCETA

1.3.4 Dimensiones de los apoyos

La dimensión de los apoyos vendrá definida principalmente por la distancia mínima de seguridad de los conductores al suelo o cualquier otro obstáculo, según lo indicado en la ITC-LAT 07 apartado 5.4 del RLAT, en la tabla 1.6 se puede ver las características principales de los 14 apoyos por lo que está formada la LAMT objeto de este Proyecto.

Nº Apoyo	Altura útil mínima (m)	Referencia del apoyo según ANDEL S.A	Altura normalizada (m)
1	Entronque: apoyo existente		
2	10,22	Unesa A C-500	16
3	12,56	Unesa A C-500	20
4	10,84	Unesa A C-500	18
5	9,43	Unesa A C-500	16
6	9,45	Unesa A C-500	16
7	13,05	Unesa A C-500	20
8	9,5	Unesa A C-2000	16
9	12,48	Unesa A C-500	20
10	12,64	Unesa A C-500	20
11	9,98	Unesa A C-500	16
12	12,06	Unesa A C-500	18
13	12,45	Unesa A C-500	20
14	9	Unesa A C-2000	16

TABLA 1.6 DIMENSIONADO DE LOS APOYOS

1.3.5 Conductores eléctricos

Se emplearán conductores de aluminio con alma de acero atendiendo a la norma **UNE-EN 50182** y tomando de referencia la norma informativa **AND010 Conductores desnudos para líneas eléctricas para LAMT hasta 30kV**

Al tratarse de una zona con una tasa de polución baja se utilizarán conductores de aluminio con alma de acero tipo 47AL/1/8 ST1A (antiguo LA-56.) formado por 6 conductores de aluminio y 1 conductor de acero (Tabla 1.7).

Características 47-AL1/8-ST1A	
Designación antigua	LA 56
Sección total (mm²)	54,6
Número de alambres	 7 (6 Aluminio 1 acero)
Diámetros de los alambres (mm)	3,15
Radio conductor (mm)	4,168
Carga de rotura (daN)	1640
Resistencia a 20°C (Ω/km)	0,6136
Módulo de elasticidad (daN/mm²)	7900
Coefficiente de dilatación lineal (°C×10⁻⁶)	19,1
Densidad de corriente (A/mm²)	3,7
Intensidad de corriente (A)	202

TABLA 1.7 CARACTERÍSTICAS CONDUCTOR 47-AL1/8-ST1A

1.3.6 Cadena de aisladores

Se opta por elegir cadenas de aisladores de tipo polimérico que superen las tensiones reglamentarias de ensayo contra choque de ondas tipo rayo y tensiones de frecuencia industrial fijadas en el apartado 4.4 de la ITC LAT 07, así como el nivel de aislamiento se calculará a partir de la tensión de la red, de la línea de fuga y de las distancias entre las partes activas y masa requeridas, garantizando un coeficiente de seguridad igual o superior a 3.

Se tendrá en cuenta el nivel de contaminación debido a los requisitos de los aisladores en el apartado 2.3 de la ITC-LAT 07, tomando los valores de las zonas indicadas en la normativa **NZZ009 Mapas de contaminación salina industrial**. Esta normativa categoriza el municipio de Linares (Figura 1.6) como una zona donde la contaminación salina e industrial es media-fuerte, optando por un nivel de contaminación medio.



FIGURA 1.6 ÁREA DE CONTAMINACIÓN SALINA

Teniendo en cuenta todas las características constructivas de los aisladores, se ha optado por el aislador polimérico CS 70 AB 125/445. En la Tabla 1.8 se recoge las características principales del mismo:

Tipo de aislador	CS 70 AB 125/445
Carga de rotura (DaN)	7000
Tensión máxima admisible (daN)	2333
Tensión nominal/Tensión más elevada (kV)	20/24
Nivel de contaminación	Medio-Fuerte
Línea de fuga (mm)	550

TABLA 1.8 CARACTERÍSTICAS AISLADOR CS 70 AB 125/445

1.3.6.1 Formación de cadenas

En este Proyecto se pueden diferenciar tres tipos diferentes de cadena de aisladores que son: cadena de suspensión atirantada (Figura 1.7), cadena de suspensión (Figura 1.8) y cadena de amarre (Figura 1.9).

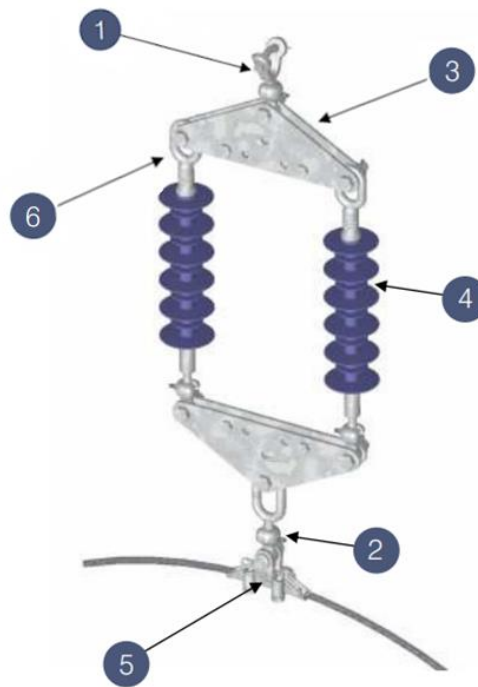


FIGURA 1.7 CONFIGURACIÓN CADENA SUSPENSIÓN ATIRANTADA

CADENA SUSPENSIÓN ATIRANTADA	
1	Horquilla bola (HB-11)
2	Anilla bola (AB-11)
3	Yugo doble (YD)
4	Aislador Polimérico (CS 70 AB 125/445)
5	Grapa suspensión
6	Rotula corta (R-11)

TABLA 1.9 CARACTERÍSTICAS CADENA SUSPENSIÓN ATIRANTADA

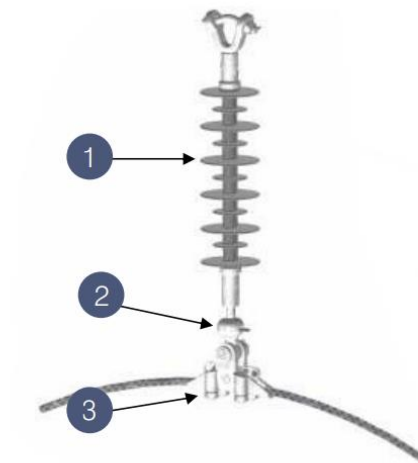


FIGURA 1.8 CONFIGURACIÓN CADENA SUSPENSIÓN

CADENA SUSPENSIÓN	
1	Aislador polimérico (CS 70 AB 125/445)
2	Rotula corta (R-11)
3	Grapa de suspensión (GS-1)

TABLA 1.10 CARACTERÍSTICAS CADENA SUSPENSIÓN

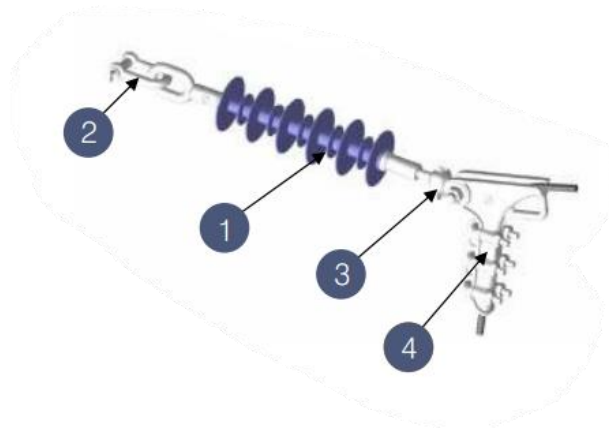


FIGURA 1.9 CONFIGURACIÓN CADENA AMARRE

CADENA AMARRE	
1	Aislador polimérico CS 70 AB 125/445
2	Grillete Recto (AGN-11)
3	Rotula corta (R-11)
4	Grapa de amarre (GA-1)

TABLA 1.11 CARACTERÍSTICAS CADENA AMARRE

1.3.7 Herrajes

Los herrajes son los elementos encargados de la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores. Para su elección se tienen en cuenta las dimensiones y las características constructivas del conductor eléctrico seleccionado que en este caso es LA-56.

Los herrajes de fijación tienen que cumplir con un coeficiente de seguridad igual o superior a 3 respecto a la carga mínima de rotura del conductor. Las características técnicas de los herrajes para la fijación de los conductores eléctricos en nuestra LAMT se rigen a través de la normativa informática **AND009 Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV**, los elementos contemplados son los siguientes:

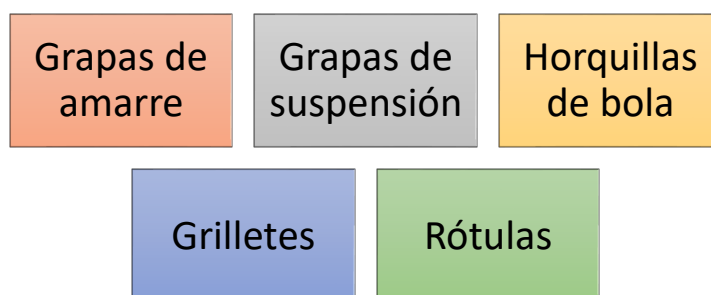


FIGURA 1.10 ELEMENTOS DE FIJACIÓN (HERRAJES)

1.3.8 Dispositivos anti-escalamiento

Por la geolocalización de los apoyos objeto de este Proyecto se consideran apoyos no frecuentados. Si hubiese algún apoyo frecuentado se deberían tomar las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5m según a la ITC-LAT 07 apartado 2.4.2. del RLAT.

-Cortacircuitos fusibles “APR-16” de 24kV/400 A cumpliendo con la normativa **AND007 Corta circuitos fusibles de expulsión seccionadores de hasta 36kV**, situados en el tercer apoyo de la línea.

1.3.11 Protecciones

Se instalarán dispositivos de protección para las sobretensiones ocasionadas por tensiones de choque tipo rayo, cumpliendo con la norma informativa **AND015 Pararrayos de óxido metálico sin explosores para redes de MT**. Para una tensión nominal de 20 kV se utilizarán las autoválvulas tipo POM 24/10, con una tensión máxima de servicio de 24 kV y 10 kA de corriente de descarga. Se colocarán en el apoyo del centro de transformación (Apoyo N° 14)

1.3.12 Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos eléctricos serán de una calidad no inferior a HM-20, cumpliendo con lo especificado en la normativa de instrucción del **Hormigón Estructural EHE 08**, y atendiendo a las especificaciones técnicas detalladas en la ITC-LAT 07 en el apartado 3.6. En este caso concreto serán de tipo monobloque prismáticas de sección cuadrada. Además, se dispondrá de un zócalo de 0,2 m con el fin de garantizar la protección de los montantes e uniones de los diferentes apoyos, así como también dispondrán de una peana de 5 cm de altura para el desalojo del agua en caso de lluvias. Las dimensiones de las cimentaciones variarán según el coeficiente de compresibilidad del terreno que vienen recogidos en la tabla 10 de la ITC-LAT 07.

Las cimentaciones calculadas para cada apoyo vienen definidas en la Tabla 1.12,

Apoyo	Compr. (daN/m ²)	Tipo de Cimentación	Base (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Zócalo (m)	Excavac(m ³)	Hormigón (m ³)
1	Apoyo existente (entronque)							
2	8	Monobloque	1,35	1,35	1,86	0,2	3,39	3,75
3	8	Monobloque	1,25	1,25	1,83	0,2	2,86	3,17
4	8	Monobloque	1,2	1,2	1,66	0,2	2,39	2,68
5	8	Monobloque	1,2	1,2	1,66	0,2	2,39	2,68
6	8	Monobloque	1,35	1,35	1,86	0,2	3,39	3,75
7	8	Monobloque	1,25	1,25	2,47	0,2	3,86	4,17
8	8	Monobloque	1,35	1,35	1,86	0,2	3,39	3,75
9	8	Monobloque	1,35	1,35	1,86	0,2	3,39	3,75
10	8	Monobloque	1,2	1,2	1,78	0,2	2,56	2,85
11	8	Monobloque	1,25	1,25	1,83	0,2	2,86	3,17
12	8	Monobloque	1,35	1,35	1,86	0,2	3,39	3,75
13	8	Monobloque	1,25	1,25	2,43	0,2	3,8	4,11
14	8	Monobloque	1,25	1,25	2,43	0,2	3,8	4,11

TABLA 1.12 CARACTERÍSTICAS GENERALES CIMENTACIONES

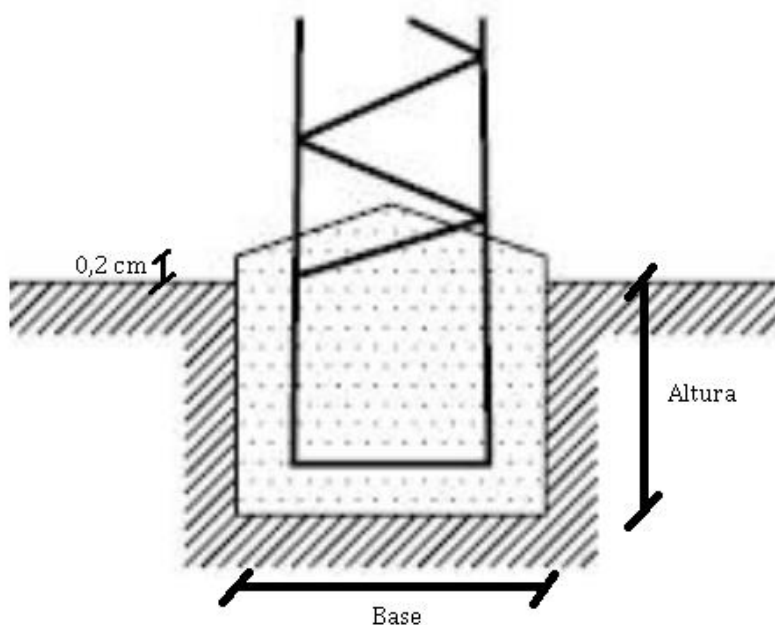


FIGURA 1.12 CARACTERÍSTICAS GENERALES CIMENTACIONES

1.3.13 Conexiones a tierra de los apoyos

La puesta a tierra de los apoyos se debe realizar atendiendo al apartado 7.2.4 de la ITC-LAT 07, cumpliendo con las siguientes pautas:

- Resistencia a esfuerzos mecánicos y de corrosión.
- Resistencia a la temperatura provocada por la intensidad de falta más elevada.
- Garantizar la seguridad cuando aparezca una sobretensión durante una falta a tierra.
- Protección de los equipos y fiabilidad de la LAMT.

Estos elementos de protección utilizados para las faltas a tierra, son los denominados electrodos de puesta a tierra y la línea de tierra. Los apoyos al categorizarse como no frecuentados, de acuerdo a lo indicado en la ITC-LAT 07 en el apartado 7.3.4.3, el tiempo de desconexión frente a una puesta a tierra debe ser inferior a 1 segundo garantizando que no haya tensiones de contacto a un metro de distancia del apoyo. No obstante, la resistencia de la puesta a tierra será lo suficientemente baja para garantizar la actuación de las protecciones de la LAMT.

1.3.13.1 Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra estarán compuestos por:

- Picas con alma de acero recubierto de cobre → 2 metros de longitud y 14 milímetros de diámetro.
- Conductores horizontales de cobre sin recubrimiento con una sección no inferior de 50 milímetros cuadrados.

Al tratarse a una zona donde no se prevén fuertes heladas, se hincarán a una profundidad mínima de medio metro.

1.3.13.2 Línea de tierra general

La línea de tierra es el conductor principal de conexión del apoyo/herrajes y los electrodos de puesta a tierra. Los conductores empleados deben garantizar una buena resistencia mecánica y una alta resistencia a la corrosión, por lo que se utilizarán conductores de cobre desnudo con una sección mínima de 50 mm². Para evitar la corrosión el extremo superior quedara sellado con poliuretano expandido para evitar la entrada de agua o humedad.

1.3.13.3 Línea de tierra servicio

La red de puesta a tierra de servicio estará destinada a la puesta a tierra exclusivamente del neutro del transformador del Centro de Transformación. Este apartado se desarrollará en mayor detalle en el apartado 1.6 de esta memoria.

1.3.14 Distancias de seguridad de la propia línea

Para el cálculo de la LAMT se han tenido en consideración de las distancias de seguridad presentes en el apartado 5 de la ITC-LAT 07 del RLAT.

1.3.14.1 Distancia de aislamiento eléctrico

En la tabla 15 del apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, muestra la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga entre conductores de fase durante una sobretensión (**Dpp**) y la distancia mínima de aislamiento en el aire, para prevenir una descarga entre conductores de fase y elementos en puesta a tierra debido a sobretensiones (**Del**)

A partir de apartado 1.2.2 de esta memoria, la tensión más elevada de la red es considerada de 24kV.

Tensión más elevada de la red Us (kV)	Del (m)	Dpp(m)
24	0,22	0,25
36	0,35	0,40

TABLA 1.13 DISTANCIA AISLAMIENTO ENTRE CONDUCTORES DE FASE Y ELEMENTOS DE TIERRA.

1.3.14.2 Distancia entre conductores de fase

En el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07 del RLAT se indica que la separación entre conductores de fase se calcula a partir de la expresión (1):

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp} \quad (1)$$

D → Separación entre conductores en metros.

K → Coeficiente de oscilación, contemplado la tabla 16 de la ITC-LAT 07.

F → Flecha máxima en metros según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.

L → Longitud de la cadena de suspensión en metros.

K' → Se establece en 0,75 al tratarse nuestra LAMT de tercera categoría.

D_{pp} → Distancia mínima para prevenir una descarga entre conductores de fase ante una sobretensión.

1.3.15 Distancia a otras líneas eléctricas

1.3.15.1 Cruzamientos entre líneas

El cruce entre líneas eléctricas se realizará situando en mayor altura la de mayor tensión nominal, procurando realizar estos cruzamientos en zonas próximas al apoyo de la línea de mayor tensión y teniendo en cuenta las distancias mínimas entre los conductores (Tabla 1.13) y los apoyos en caso de cruzamiento como viene especificado en el apartado 5.6.1 de la ITC-LAT 07.

Nivel de tensión (kV)	Distancia (m)
$U \leq 45$	2
$45 < U \leq 66$	3
$66 < U \leq 132$	4
$132 < U \leq 220$	5
$220 < U \leq 400$	7

TABLA 1.14 DISTANCIAS MÍNIMAS HORIZONTALES ENTRE CRUZAMIENTOS

La distancia mínima vertical entre los conductores de ambas líneas en condiciones más desfavorables (flecha máxima), no será inferior a las distancias calculadas a partir del apartado 5.6.1 de la ITC-LAT 07.

Tensión nominal de la red de mayor tensión de cruzamiento (kV)	Distancia mínima vertical (metros)	
	Distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 metros	Distancia del apoyo de la línea superior al punto de cruce > 25 metros
30	2,2	2,9
45	2,5	3,2
66	2,6	3,6
110	2,95	3,65
132	3,2	3,9
220	3,8	4,5
400	5	5,7

TABLA 1.15 DISTANCIAS MÍNIMAS VERTICALES ENTRE CRUZAMIENTOS

1.3.15.2 Paralelismos

En este caso, no existen construcciones de líneas paralelas de distribución o de transporte. Si hubiera un paralelismo deberíamos mantener una distancia entre los conductores más cercanos de 1,5 veces la altura del apoyo más alto afectado por el trazado.

1.3.16 Distancia a carreteras

La ubicación de los apoyos en las proximidades de carreteras mantendrá 25 m de distancia al borde de la misma y a más de 1,5 veces la altura libre de los apoyos como viene reflejado en el apartado 5.7 de la ITC-LAT 07.

En este caso existe una intersección con un carril asfaltado por lo que se adoptarán estas medidas de seguridad, así como la colocación de crucetas atirantadas para evitar que la flecha máxima de la intersección, llegara a suponer un problema de seguridad. La intersección se produce entre nuestro apoyo N° 5 y 6, como podemos observar en la Figura 1.13.

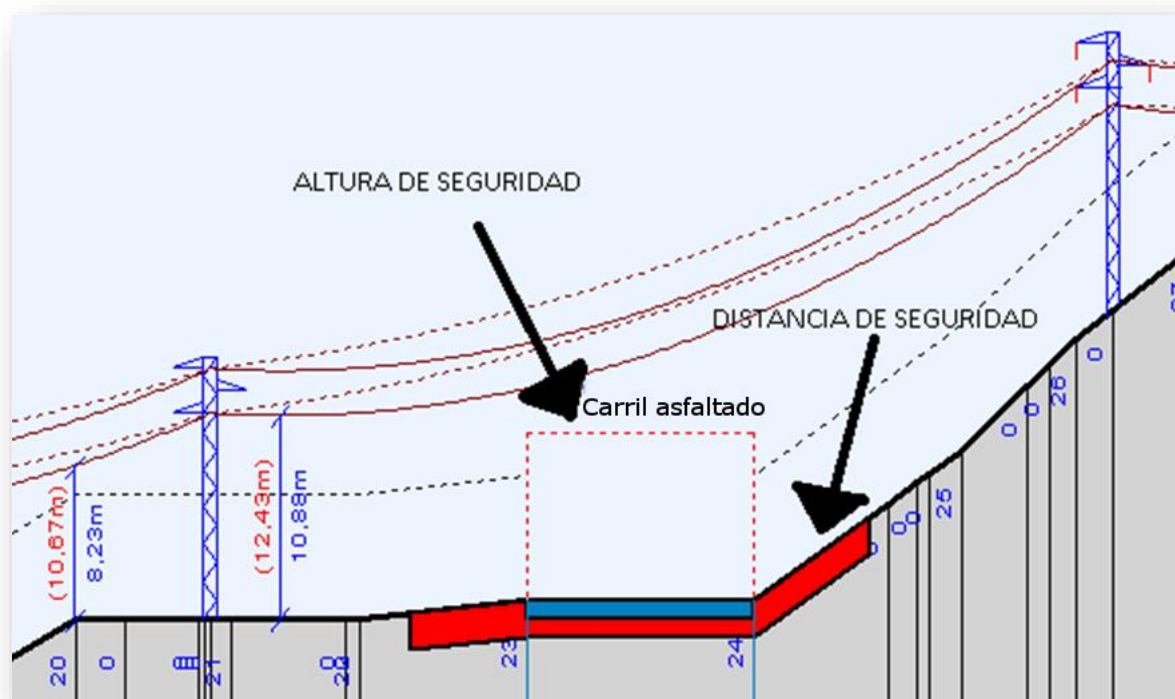


FIGURA 1.13 INTERSECCIÓN LAMT-CARRIL ASFALTADO.

1.4 Centro de transformación

1.4.1 Características del centro de transformación

El tipo de centro de transformación es de tipo intemperie sobre apoyo (CTI). En concreto el CT se situará sobre el apoyo N° 14 (fin de línea), con una cimentación de

hormigón monobloque. Su función principal es adecuar la tensión de la línea 20 kV a valores de 230/400 V que es la que requiere de alimentación la finca rural. La potencia máxima viene definida por las previsiones a largo plazo del cliente, que en este caso es de 40 kW. En base a lo anterior y dado que se trata de una instalación futura desconocida se ha considerado un factor de potencia de 0.8 se tiene:

$$S = \frac{P}{\cos \theta} = \frac{40kW}{0,8} = 50kVA \quad (2)$$

Se ha previsto la instalación de un centro de transformación de 50 kVA. En el apartado de Planos N°4 de esta memoria, podemos ver todas las características de diseño del centro de transformación intemperie (CTI). Las características constructivas/eléctricas del transformador trifásico de 50 kVA cumplen con la norma de recomendación UNESA-5.204-A y las normas particulares EDE, siendo de refrigeración natural por baño de aceite mineral.

1.4.2 Elementos constructivos del centro de transformación Intemperie

Los elementos que constituyen un Centro de Transformación Intemperie son:

- Apoyo metálico de celosía y Armado metálico
- Protecciones lado Alta Tensión (cortacircuitos fusibles, pararrayos)
- Cables puentes de Alta Tensión
- Transformador AT/BT
- Cables puentes de Baja Tensión
- Instalación de Puesta a Tierra del CT
- Cimentaciones
- Aparamenta alta y baja tensión

1.4.2.1 Apoyo metálico de celosía y armado metálico

El apoyo sobre el que se instalará el Centro de transformación Intemperie (CTI), soportará todas las solicitaciones mecánicas del propio CTI, así el peso del transformador y resto de aparamenta de media y baja tensión. El citado apoyo coincide con el N° 14 que hará de función de fin de línea.

Las características del apoyo de celosía, así como su armado del apoyo que soporta nuestro CTI, se recoge en el apartado 1.3.1 y 1.3.3 de esta memoria.

1.4.2.2 Aparamenta del centro de transformación

La protección frente a sobretensiones en la parte de media tensión se realizará por medio de autoválvulas pararrayos POM 24 KV/10KA, a partir de la norma informativa **AND015 Pararrayos de óxido metálico sin explosores para redes de MT**. La longitud de conexión entre las autoválvulas y el centro de transformación será la mínima posible para disminuir los efectos de autoinducción y de resistencia óhmica, las protecciones para de sobretensiones tipo rayo se colocarán en el apoyo N° 14.

La protección frente sobreintensidades se realizará a partir de seccionadores con fusibles de expulsión tipo XS “cut-out” de 24 kV 200A ya que, nos permite realizar funciones de seccionamiento y de protección del CTI. Lo mismos cumplirán la normativa informativa **AND007 Corta circuitos fusibles de expulsión seccionadores de hasta 36 kV**. Estos seccionadores de tipo XS “cut-out” 24 kV se colocarán en el apoyo del CTI, es decir en el apoyo N° 14.

1.4.2.3 Cables puentes de alta tensión

Todas las conexiones entre la línea, el centro de transformación o los elementados de protección/maniobra se realizará a por medio del conductor previamente calculado en esta memoria apartado 1.3.5 para nuestra LAMT, 47AL1/8 - ST1A (LA-56).

1.4.2.4 Transformador AT/BT

El centro de transformación estará formado por un transformador de 50 kVA trifásico reductor de tensión 20kV/400-230V, con neutro accesible desde el secundario, la refrigeración se realiza a partir de baño de aceite mineral con frecuencia de funcionamiento de 50Hz.

La distancia mínima del transformador con respecto al suelo tiene que ser superior a 7 metros y estará anclado al apoyo N°14 según la norma **UNE 207017 Soporte para transformador de hasta 250 kVA en apoyo metálico de celosía**. En el apartado de Planos N° 6, se encuentra mayor detalle de los soportes para la fijación.

1.4.2.5 Cables puentes de baja tensión

La conexión entre el centro de transformación y todos los elementos de baja tensión se realizarán mediante conductores de aluminio aislado de tipo RZ 0,6/1 kV con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) unipolares de 150mm² de sección. Tomando como referencia la norma informativa **CNL001 Cables Unipolares para Redes de Distribución BT de tensión asignada 0,6/1kV**

1.4.2.6 Cuadro de Baja Tensión

No se ha previsto por tratarse de una única finca. La instalación BT queda definida en el apartado 1.5 de esta Memoria.

1.4.2.7 Instalación de Puesta a Tierra del CT

El centro de transformación dispondrá de dos instalaciones para la puesta a tierra que será la tierra general para la puesta a tierra del apoyo/herrajes y la tierra de servicio, que sirve para poner a tierra el neutro de baja tensión del transformador para en el caso de que apareciesen tensiones de defecto originados por la propia instalación, garantizando el correcto funcionamiento de nuestra línea. Para eliminar las tensiones de paso y contacto

del CTI, se instalará como medida de seguridad una acera perimetral en el apoyo N° 14 de 1 metro de ancho y 20 cm de altura, así como un mallazo electrosoldado de 4 mm de diámetro formando una retícula de 0,30x0,30m conectado en 2 puntos del apoyo N°14, creando así una superficie equipotencial eliminando posibles tensiones de contacto, en el Plano N°4 de esta memoria podemos ver el detalle de la puesta a tierra del CTI.

Los elementos que forman el sistema de puesta a tierra general son los electrodos de puesta a tierra y la línea de tierra.

- Electrodos de puesta a tierra → con alma de acero recubierto de cobre con 2 metros de longitud y 14 milímetros de diámetro. Al tratarse a una zona donde no se prevén fuertes heladas, se hincarán los electrodos a una profundidad mínima de medio metro.
- Línea de tierra → formado de cobre sin recubrimiento con una sección no inferior de 50 milímetros cuadrados.

La instalación de puesta a tierra cumplirá con:

- -Borne accesible para la medida de la resistencia a tierra.
- -La conexión entre los elementos conectados a tierra no estarán interconectados, si no, que su conexión se hará mediante derivaciones individuales.
- -Los elementos que forman nuestra instalación de puesta a tierra, estarán protegidos adecuadamente frente al deterioro mecánico o temporal.

El sistema de puesta a tierra de servicio estará formado por un electrodo construido por 3 picas alineadas de acero cobrizado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetros clavadas en una zanja a una profundidad mínima de 0,5 m, la resistencia de servicio se diseñará bajo el criterio de que no puede superar los 37 Ω , ya que la tensión de puesta del neutro no puede superar los 24 V.

1.4.2.8 Cimentación del centro de transformación

La cimentación del apoyo N°14, que es donde estará colocado el CTI, será de tipo monobloque con una dosificación de hormigón no inferior a 200 kg, está dispondrá de una peana de 10 cm por encima del terreno para evitar estancamientos de agua, y como medida de seguridad se construirá una acera de 1 metro de ancho y 20 cm de altura, alrededor del

apoyo N°14 que actuará como superficie perimetral, eliminando tensiones las posibles tensiones de paso.

Para evitar el estancamiento del agua en la superficie superior de la cimentación, esta sobresaldrá 20 cm por encima del nivel del terreno y su terminación será en forma de punta de diamante.

La cimentación llevará incorporada una ‘plataforma de operador’ consistente en una placa de hormigón de 1 m de anchura situada alrededor de la fundación. Irá armada con un emparrillado de 20x20 cm y redondos de hierro de 4 mm, unidos al anillo que forma parte del sistema de tierras.

Con objeto de facilitar el movimiento del transformador sobre el poste, se ha previsto en la cimentación del apoyo metálico una anilla, en forma de ojo de riostra cerrado a base de soldadura, con garras de redondo de 16 mm de diámetro. Esta anilla se soldará a uno de los montantes del apoyo y en el lado opuesto a la situación del transformador en el apoyo.

1.5 Instalación eléctrica de baja tensión

En el lateral del apoyo se instalará una CGP en nicho y con puerta homologada. La CGP será de 250 A / APR 250 A desde la que se alimenta el equipo de medida exterior que se colocará fuera del acerado perimetral.

La conexión entre el transformador y la CGP se realizará con conductores de aluminio aislados, cableados en haz y de 0.6/1kV de tensión nominal con cubierta de polietileno reticulado y sujetos al apoyo por medio de abrazaderas adecuadas. Las secciones nominales de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corrientes máximas permanentes y de cortocircuito.

La protección en baja tensión quedará encomendada a los fusibles de alto poder de ruptura (APR) de la CGP.

El equipo de medida estará formado por CPM-MF 4, para medida directa, que se instalará en nicho con puerta homologada por Endesa. Todo el equipo se instalará en un monolito de obra de fábrica con tejadillo, elevado del suelo para que las partes en tensión

queden por encima de 0.50 m. El material de la envolvente será aislante y autoextinguible y proporcionará un grado de protección IP439.

En la fachada de finca rural se situará la caja general de protección (CGP) 250 A/APR250A dentro de un nicho con puerta homologada por ENDESA con un grado de protección IK10 según la norma UNE-EN 50102, la CGP estará equipada con fusibles de alto poder de corte para garantizar la protección en baja tensión.

La red de baja tensión se realizará en canalización subterránea bajo tubo utilizando calas de tiro en lugar de arquetas para su registro. Se utilizará cable 3x240/150 mm² Al RV 0.1/1 kV bajo tubo de polietileno de 160 mm de diámetro que conectará con la CGP situada en la fachada de la finca.

En la figura 1.15, se muestra el esquema de baja tensión de la instalación.

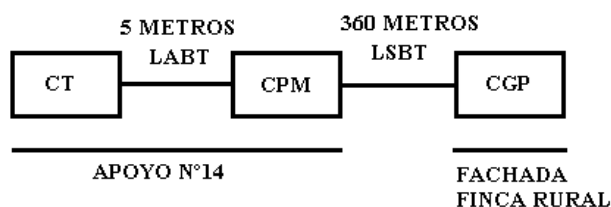


FIGURA 1.15 ESQUEMA BAJA TENSIÓN

1.6 Normativa vigente de aplicación

Se ha tenido en cuenta la siguiente normativa de aplicación para la el cálculo y diseño de nuestro proyecto:

-**RD 1955/2000**, de 1 de diciembre, el cual regula las acciones del transporte, distribución, comercio, suministro y autorización de instalaciones eléctricas.

-**RD 337/2014**, 9 de mayo, que aprueba las condiciones técnicas y medidas de seguridad en instalaciones eléctricas, ITC-RAT 1 hasta la 23,

-**Ley 24/2013** del 26 de diciembre, que contempla las normativas vigentes del sector eléctrico.

-**RD 223/2008**, del 15 de febrero, Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión que incluye instrucciones técnicas complementarias para el desarrollo de nuestra línea aérea.

-**RD 842/2002** del 2 de agosto, que aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión, así como sus instrucciones complementarias.

-**RD 1247/2008** del 18 de julio, que aprueba las instrucciones del Hormigón Estructural.

-**Ley 31/1995** del 8 de noviembre, contempla las medidas de prevenciones de riesgos laborales.

-**RD 614/2001**, del 8 de junio, dispone las medidas mínimas para la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

-**RD 1432/2008**, de 29 de agosto, establece medidas de protección para la avifauna, evitando colisiones en nuestra LAMT.

-**RD 1048/2013**, estableciendo la metodología de cálculo para la distribución de la energía eléctrica.

1.7 Normativa complementaria

1.7.1 Normativa complementaria EDE.

Las normas de referencia informativas listadas a continuación se pueden consultar en la página web www.endesadistribucion.es.

- AND007 → Cortacircuitos fusibles de expulsión seccionadores hasta 36 kV.
- AND009 → Herrajes y accesorios para conductores desnudos en líneas aéreas de AT, hasta 30 kV.
- AND010 → Conductores desnudos para líneas eléctricas aéreas de media tensión hasta 30 kV.
- AND013 → Interruptor-secc. trifásico de operación manual y corte y aislamiento en SF6 para línea aérea MT
- AND015 → Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes MT, hasta 36 kV.

- AND016 → Interruptor-seccionador trifásico exterior telemandado para líneas aéreas de MT
- GSCM003 → MV pole mounted switch-disconnectors.

1.7.2 Normativa complementaria UNE

- UNE 207017 → Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.
- UNE 50182 → Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE 207017 → Soporte para transformador de hasta 250kVA en apoyo metálico de celosía.
- UNE-EN 50102 → Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.

2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1 Cálculos eléctricos

2.1.1 Potencia máxima de transporte

La potencia máxima que se transportará por nuestra LAMT viene definida por la expresión:

$$P_{max} = \sqrt{3} * U * I_{max} * \cos\varphi \quad (1)$$

P_{max} → Potencia máxima de transporte de nuestra línea.

U → Tensión nominal de la línea (20 kV en este caso).

I_{max} → Intensidad máxima del conductor (2), según la ITC- LAT 07 Apartado 4.2, al tratarse de un LA-56 con una composición de 6+1 y 54,6mm de sección, se utilizará un coeficiente de reducción de 0,937

$$I_{max} = \sigma * S = 3,651 \frac{A}{mm^2} * 54,6mm^2 = 199,3 A \quad (2)$$

σ → Densidad max. del conductor, a partir de a tabla 11 de la ITC-LAT 07, obtenemos su valor, 3,651 A/mm².

S → Sección de nuestro conductor, LA-56, 54,6mm²

$\cos \varphi$ → Factor de potencia medio de la carga receptora (0,8)

A partir de estos datos obtenemos de la capacidad de transporte (3) de nuestra línea,

$$P_{max} = \sqrt{3} * 20kv * 199,3 A * 0,8 = 5,523 MW \quad (3)$$

En la tabla 2.1 se adjunta los valores de las secciones según el tipo de conductor, así como su intensidad máxima.

Conductor en zonas sin contaminación o con contaminación ligera	Sección (mm ²)	Alambres de aluminio	Alambres de acero	Imáx (A)
47AL1/8 - ST1A (LA-56)	54,6	6	1	199,3
94-AL1/22-ST1A (LA-110)	116,2	30	7	318
147-AL1/34 -ST1A (LA-180)	181,6	30	7	431

TABLA 2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CONDUCTORES

2.1.2 Caída de tensión máxima

El cálculo de la caída de tensión máxima (4) viene definido, según el RLAT, por la siguiente ecuación:

$$\Delta U = \frac{P * L}{U} * (R + X * tg \varphi) \quad (4)$$

$\Delta U \rightarrow$ Caída de tensión máxima (V)

$P \rightarrow$ Potencia máx de nuestra línea. (5,523 MW)

$\varphi \rightarrow 36,87^\circ$ ($\cos \varphi = 0,8$)

$L \rightarrow$ Longitud de nuestra línea en kilómetros (2,1858 kilómetros).

$U \rightarrow$ Tensión nominal de nuestra línea (20 kV).

$R_{50} \rightarrow$ Resistencia del conductor LA56 a 50 grados. Para el LA56 = 0,6136 Ω/km

$X \rightarrow$ Reactancia del conductor. $X = \omega L = 2\pi f L$ (5)

Para el cálculo del coeficiente de autoinducción (L) utilizamos la siguiente expresión:

$$L = \left(2 * 10^{-4} \ln \frac{D}{R'} \right) \quad (6)$$

$$D = \text{separación media geométrica conductores} = \sqrt[3]{d_1 * d_2 * d_3} \quad (7)$$

$$R' = \text{Radio mediogeométrico en mm.} \rightarrow R' = R * e^{-\frac{1}{4}} \quad (8)$$

En el cálculo de la separación media geométrica de los conductores se tiene que conocer la distancia entre los conductores. Así, en el apartado 2.2.1 se ha obtenido que la distancia entre conductores consecutivos es de 2,4 m y las crucetas miden 1,25 m, por lo que obtenemos las distancias entre conductores según la Figura 2.1.

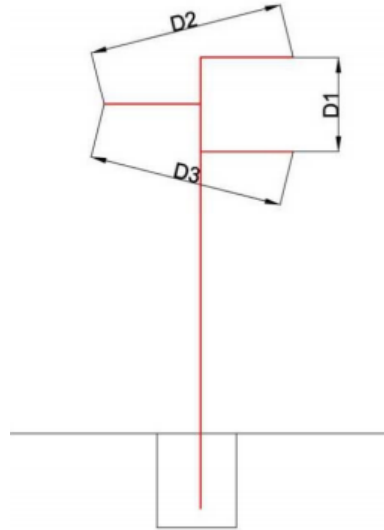


FIGURA 2.1 DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES

$$D_1 = 2.400 \text{ mm}$$

$$D_2 = 2.500 \text{ mm}$$

$$D_3 = 2.500 \text{ mm}$$

$$D = \sqrt[3]{D_1 * D_2 * D_3} = 2466,21 \text{ mm} \quad (9)$$

Con el valor de separación media geométrica (9) y el radio geométrico (10) del conductor L-56 podemos obtener el valor del coeficiente de autoinductancia:

$$R' = R * e^{-\frac{1}{4}} = 4,168 \text{ mm} * e^{-\frac{1}{4}} = 3,246 \text{ mm} \quad (10)$$

$$L = \left(2 * 10^{-4} \ln \frac{2466,21 \text{ mm}}{3,246 \text{ mm}} \right) = 0,001327 \frac{H}{Km} \quad (11)$$

El valor de la reactancia aparente será:

$$X = wL = 2\pi fL = 2 * \pi * 50 * 0,001327 = 0,416 \frac{\Omega}{Km} \quad (12)$$

Y la caída de tensión contemplando todos los valores anteriormente calculados sería:

$$\Delta U = \frac{P * L}{U} * (R + X * tg \varphi) \quad (13)$$

$$= \frac{5,523 \text{ MW} * 2,1858 \text{ Km}}{20 \text{ Kv}} * \left(0,6136 \frac{\Omega}{km} + 0,416 \frac{\Omega}{Km} * tg 36,87 \right)$$

$$\Delta U = 558,7 \text{ V} \quad (14)$$

2.1.3 Pérdida de potencia

Las pérdidas de potencia disipadas por el efecto Joule pueden ser calculadas a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3 * R * L * I^2 \quad (15)$$

- $\Delta P \rightarrow$ Pérdidas disipadas de potencia por efecto Joule.
- $R \rightarrow$ Resistencia del conductor LA56 a 50 grados. Para el LA56 = $0,6136 \Omega/km$.
- $L \rightarrow$ Longitud de la línea en kilómetros (2,1858 kilómetros)
- $I \rightarrow$ Intensidad de la línea, a partir de la tabla 3.1 de esta memoria, 7,2 A.

En nuestro caso al tratarse de un LA-56,

$$\Delta P = 3 * \frac{0,6136 \Omega}{km} * 2,1858 km * 7,2^2 = 208,58 \text{ W} \quad (16)$$

2.2 Cálculos mecánicos

2.2.1 Cálculo mecánico conductores

Para la realización de los cálculos mecánicos de los conductores, se ha tenido en cuenta el apartado 3 de la ITC-LAT 07 en el que las tensiones y flechas de cada vano vendrán definidas por la separación entre apoyos y la temperatura del conductor en el momento del tendido, considerando siempre que no superen los valores límites establecidos en la ITC-07 y se aplicarán los criterios descritos en el apartado 2.1.1.

2.2.1.1 Cargas permanentes.

Se considerarán como cargas permanentes todas las cargas verticales originadas por el peso de los elementos en suspensión de la LAMT, ya sean los herrajes, aisladores o conductores.

Se tendrán en cuenta como cargas permanentes todas esas cargas que se mantengan indistintamente de las hipótesis que se estén contemplando, por ejemplo, los desequilibrios permanentes.

Los pesos de los elementos de nuestra LAMT seguirán las normativas informativas AND010 para el peso de los conductores aéreos, AND009 para los herrajes y AND012 para los aisladores poliméricos.

2.2.1.2 Cargas ocasionadas por el viento.

Acorde al apartado 3.1.2.1 de nuestra ITC-LAT 07, las cargas ocasionadas por el viento en nuestros conductores LA-56, al tener diámetro inferior a 16mm y considerando un viento mínimo de referencia de 120km/h se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$q = 60 * \left(\frac{Vv}{120} \right)^2 daN/m^2 \quad (17)$$

Por lo que la acción total del viento viene definida por:

$$Pv = q * d \left(\frac{daN}{m} \right) \quad (18)$$

- $q \rightarrow$ Presión del viento en daN/m^2
- $d \rightarrow$ Diámetro del conductor en metros.

Obteniendo los siguientes resultados:

Denominación del conductor	Denominación antigua	Diámetro conductor (mm)	Pv para viento de 120 km/h	Pv para viento de 160km/h	Pv para viento de 180km/h
47AL1/8-ST1A	LA 56	9,45	0,567	1,008	1,276

TABLA 2.2 CARGAS OCASIONADAS POR EL VIENTO

Por lo que la acción total del viento vendrá definida por la suma vectorial del peso del viento más el peso propio del conductor, como podemos ver en la Figura 2.2.

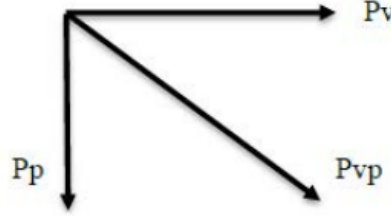


FIGURA 2.2 DESCOMPOSICIÓN DE CARGAS OCASIONADAS POR EL VIENTO

$$Pvp = \sqrt{Pp^2 + Pv^2} \quad (19)$$

$$Pp = 189,1 \frac{kg}{km} * 0,981 \frac{daN}{kg} * \frac{1 km}{1000 m} = 0,18551 \frac{daN}{m} \quad (20)$$

Con la carga del viento a 120km/h (Tabla 2.2) y el peso propio (20), sustituimos en (21), obteniendo el valor de la acción total del viento sobre los conductores.

$$Pvp = \sqrt{Pp^2 + Pv^2} = \sqrt{\left(0,18551 \frac{daN}{m}\right)^2 + \left(0,567 \frac{daN}{m^2}\right)^2} = 0,5966 \frac{daN}{m^2} \quad (21)$$

En el caso de la sobrecarga de presión por viento a mitad vendría definido por:

$$q\left(\frac{v}{2}\right) = \frac{60}{2} * \left(\frac{Vv}{120}\right)^2 = 30 \frac{daN}{m^2} \quad (22)$$

$$P\left(\frac{v}{2}\right) = q\left(\frac{v}{2}\right) * \left(\frac{Vv}{120}\right)^2 = 30 \frac{daN}{m} * \left(\frac{120}{120}\right)^2 = 0,2835 \frac{daN}{m} \quad (23)$$

Sustituyendo (23) y el peso propio (20) obtenemos la acción total en los conductores:

$$P\left(\frac{v}{2}\right)p = \sqrt{Pp^2 + P\left(\frac{v}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(0,18551 \frac{daN}{m}\right)^2 + \left(0,2835 \frac{daN}{m}\right)^2} = 0,3388 \frac{daN}{m^2} \quad (24)$$

2.2.1.3 Cargas ocasionadas por el hielo.

Al tener situados todos nuestros apoyos en altitudes inferiores a 500 metros, según el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07, no se contemplarán sobrecargas originarias por hielo. Se adjunta la tabla 2.3, que muestra el perfil topográfico:

Datos topográficos	Elevación (m)	Distancia (m)	Datos topográficos	Elevación (m)	Distancia (m)
1	364	0	25	396	863,9537
2	361	25,0005	26	402	888,5814
3	361	51,0581	27	407	914,2987
4	361	87,4184	28	407	947,1561
5	361	138,7632	29	407	975,5191
6	361	174,4101	30	403	1018,068
7	374	209,5809	31	403	1054,77
8	374	244,5576	32	393	1103,1
9	371	275,0149	33	390	1106,771
10	371	310,7153	34	389	1157,419
11	371	341,8275	35	388	1232,889
12	367	366,8969	36	389	1296,718
13	367	389,3021	37	386	1365,07
14	382	420,135	38	389	1432,263
15	384	445,2084	39	391	1513,919
16	384	483,3944	40	399	1590,311
17	383	538,3276	41	408	1672,514
18	380	586,019	42	405	1749,742
19	380	627,8274	43	413	1838,815
20	387	673,7773	44	419	1918,997
21	387	707,0478	45	416	1983,048
22	387	734,7051	46	401	2068,852
23	388	770,5507	47	391	2134,34
24	388	819,1965	48	391	2194,85

TABLA 2.3 PERFIL TOPOGRÁFICO (ZONA A)

2.2.1.4 Hipótesis de tracciones máximas.

Las hipótesis de tracciones máximas que se tendrán en cuenta para el cálculo de las tracciones máximas de los conductores vienen definidas en el apartado 3.2.1 de la ITC-LAT 07, considerando una velocidad de viento de 120 km/h. Al estar situados nuestros

apoyos en la zona A, se valorarán las especificaciones contempladas en la Tabla 4 de la instrucción 07 del RLAT.

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

TABLA 2.4 TABLA 4 ITC-LAT 07

Para el conductor LA-56 con un coeficiente de carga de rotura (Tabla 2.5) de 1629 daN, considerando un factor de seguridad de 3, la carga máxima de tracción admisible es de 543 daN.

Denominación del conductor	Denominación antigua	Carga de rotura (daN)	Tracción máxima admisible (daN)	Coeficiente de seguridad
47AL1/8-ST1A	LA 56	1629	543	3

TABLA 2.5 CARGA DE ROTURA Y TRACCIÓN MÁXIMA ADMISIBLE

2.2.1.5 Hipótesis de flechas máximas.

Se determinará la flecha máxima de los conductores a partir del apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, según las siguientes hipótesis:

-Hipótesis de viento → Los conductores se encuentran sometidos a su propio peso y a la sobre carga ocasionada por el viento según el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07 con una velocidad de viento de 120km/h y una temperatura de 15°C.

Hipótesis de temperatura → los conductores se someterán solamente a la carga ocasionada por su propio peso a una temperatura de 50°C.

Hipótesis de hielo → Al encontrarnos en todos nuestros apoyos en la zona A, no tenemos que contemplar sobrecargas ocasionadas por hielo.

2.2.1.6 Cálculo de las flechas máximas del conductor.

Tras el cálculo del valor de T2 (valor de tensión en daN en el estado final), se calculará la flecha máxima del conductor en cada vano de regulación a partir de la expresión:

$$f = (a_r^2 * \frac{p_p}{8 * T} * m) \quad (25)$$

- f → Flecha máxima del conductor
- ar → Longitud del vano de regulación en metros.
- T → Tensión en daN del estado de cálculo de la flecha.
- Pp → Peso del propio conductor en daN/m.
- M → Coeficiente de sobrecarga en las condiciones de cálculo

El cálculo del vano se obtendrá a partir de la serie de vanos comprendidos entre dos apoyos de amarre, en nuestro caso dispondremos de 2 vanos de regulación,

Principio de línea – Amarre en Ángulo. (Apoyo 1-8)

Amarre en Ángulo – Fin de Línea. (Apoyo 8-14)

2.2.1.7 Fenómenos vibratorios.

En el cálculo de nuestra LAMT, se contempla el fenómeno vibratorio denominado EDS, que contempla la carga a la que estarán sometidos los conductores a lo largo de los días.

Atendiendo al apartado 3.2.2 de la ITC-LAT 07, este valor se obtendrá a partir de que el cociente de la tracción del cable a 15°C entre la carga de rotura del cable, este valor no debe superar el 15% de la carga de rotura, en el caso de que superase este límite, debemos realizar un estudio de amortiguamiento aumentando este límite hasta el 22%.

Se contemplará también la tensión del conductor en horas frías (CHS), no supere el 20% del cociente de la tracción del cable.

2.2.2 Cálculo justificativo de los apoyos

El cálculo justificado de los apoyos para nuestra línea, se realizará teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Se fijará el coeficiente de seguridad en un valor como mínimo de 3 para el coeficiente de tracción máxima de los conductores.

- Para la hipótesis de sobrecarga se valorará el peso propio del conductor y todos los apartados que recoge la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.

- Se considerará un viento mínimo de 120km/h para todos los elementos que forma nuestra línea.

- En el cálculo de la distancia mínima de seguridad de los conductores, se incluirá el coeficiente de seguridad de oscilación (k), que figura en la tabla 16 en la ITC-LAT 07 apartado 5.4, este valor será:

Angulo de oscilación	Valor de coeficiente de oscilación (k)	
	U>30kV	U≤30kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40 y 65 grados	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

TABLA 2.6 COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE OSCILACIÓN (TABLA 16 ITC-LAT 07)

- Al tener todos nuestros apoyos situados en la zona de altitud A (altitud menor de 500 metros), los cálculos para sobrecargas se valorarán solamente para la zona A.

- Las hipótesis de cálculo, a partir del apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07, serán:

-1° Hipótesis de viento

-2° Hipótesis de hielo (no la valoramos ya que no tenemos que tener en cuenta sobrecargas por hielo debido a la zona en la que nos encontramos).

-3° Hipótesis de desequilibrio de tracciones.

-4° Hipótesis de rotura de conductor.

Todas estas hipótesis de cálculo vienen reflejadas en la Tabla 5 y 6 de la ITC-LAT 07. Al considerar en nuestra LAMT, un coeficiente de seguridad como mínimo de 3 para nuestros conductores y que cada 3km de línea, se instalará un apoyo de anclaje (debido a la longitud de nuestra línea no hace falta contemplarla), podemos prescindir de la **4° hipótesis: rotura de conductor.**

Para el estudio de las diferentes hipótesis de la Tabla 5 y 6 de la ITC-LAT 07 se recurrirá al modelo basado en el cambio de condiciones, relacionando las tensiones horizontales de un mismo vano de regulación en distintas condiciones partiendo de unas condiciones iniciales. Este modelo lineal de cambio de condiciones viene representado por la ecuación

$$\tau_2^2 * (\tau_2 + A) = B \quad (26)$$

Siendo:

$$A = \alpha * E * (\theta_2 - \theta_1) + K \quad (27)$$

$$B = \frac{a_r^2 * E * w^2 * m_2^2}{24} \quad (28)$$

$$K = \frac{a_r^2 * E * w^2 * m_1^2}{24 * \tau_1^2} - \tau_1 \quad (29)$$

$$\tau_1 = \frac{T_1 * \Gamma}{Sección} \quad (30)$$

$$\tau_1 = \frac{T_1 * \Gamma}{Sección} \quad (31)$$

$$\Gamma = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}} \quad (32)$$

Y cada término corresponde a:

- $a_r \rightarrow$ Longitud ficticia del vano de regulación.
- $\alpha \rightarrow$ Coeficiente de dilatación del conductor
- $E \rightarrow$ Modulo elástico del conductor
- $W \rightarrow$ Peso propio del conductor entre la sección de este.
- $\tau_1 \rightarrow$ Tracción horizontal por unidad de superficie del estado 1.
- $T_1 \rightarrow$ Tensión horizontal del estado 1.
- $\tau_2 \rightarrow$ Tracción horizontal por unidad de superficie del estado 2.
- $T_2 \rightarrow$ Tensión horizontal del estado 2.
- $\Theta_1 \rightarrow$ Temperatura en el estado 1.
- $\Theta_2 \rightarrow$ Temperatura en el estado 2.
- $m_1 \rightarrow$ p1/pp, peso del estado 1 entre el peso propio del conductor.
- $m_2 \rightarrow$ p2/pp, peso del estado 2 entre el peso propio del conductor.

En el anexo de cálculo N°4, se incluirá todos los resultados de los cálculos de cada apoyo.

2.2.3 Cálculo justificativo de la cadena de aisladores.

En apartado 3.4 de la ITC-LAT 07, establece que el coeficiente de seguridad mecánico de nuestra cadena de aisladores no puede ser inferior a 3, por lo que el cálculo de la cadena de aisladores vendrá en función de:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{\text{Carga de rotura del aislador}}{\text{Tensión máxima admisible}} \geq 3 \quad (33)$$

La carga de rotura del aislador, 7000 daN (Tabla 2.7) y la tensión máxima admisible del LA-56, 1629 daN entre el coeficiente de seguridad de 3.

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{7000 \text{ daN}}{\frac{1629 \text{ daN}}{3}} = 12,89 \text{ Coef.} > 3 \text{ OK} \quad (34)$$

Tipo de aislador	Carga de rotura (DaN)	Tracción máxima admisible (daN)	Tipo de conductor	Tensión nominal de la línea y valor de tensión máximo	Nivel de contaminación
U 40 BS (VIDR.)	4000	1333	LA 56	-	MEDIO
U 70 BS (VIDR.)	7000	2333	LA 56	-	MEDIO
U 100 BS (VIDR.)	10000	3333	LA 56	-	MEDIO
CS 70 AB(POLIM.)	7000	2333	LA 56	20/24	MEDIO-FUERTE
CS 100 EB (POLIM.)	10000	3333	LA 56	20/24	FUERTE

TABLA 2.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES AISLADORES

El tipo de aislador, así como la cantidad de aisladores por la que estará formada nuestra cadena vendrá definido según las normas EDE que contemplan:

- El valor de la tensión nominal de nuestra línea (20kV).
- El tipo de conductor utilizado (LA-56).
- El nivel de contaminación de la zona (la cual se considera media con una línea de fuga nominal mínima de 20mm/kV atendiendo a la Tabla 14 del apartado 5.1 de la ITC-LAT 07.
- A la tabla número 12 de la ITC-LAT 07 que contempla los niveles de aislamiento normalizados.

En nuestro caso hemos elegido el **CS 70 AB Polimérico** que cumple con todos los puntos descritos, y el número de aisladores por el que estará formada la cadena dependerá directamente de:

$$\text{Línea fuga mínima} = \text{Nivel contaminación de la zona} * \text{Tensión red} \quad (35)$$

$$\text{Línea fuga mínima} = \frac{20\text{mm}}{\text{kV}} * 20\text{kV} = 400\text{mm} \quad (36)$$

A partir de la tabla 1.8 de esta memoria, comprobamos que la línea de fuga del CS 70 AB es de 550mm por lo que la cadena de aisladores estaría formada por un solo aislador ya que es superior a la línea de fuga mínima.

En el anexo de cálculo N°4, se incluirá todos los resultados de los cálculos de cada cadena de aislador.

2.2.4 Desviación de la cadena de aisladores

Se realiza la comprobación de que no se producen desviaciones ni volteos en las cadenas, así como que se cumplen con las distancias de seguridad entre los aisladores, los conductores y las partes puestas a tierra.

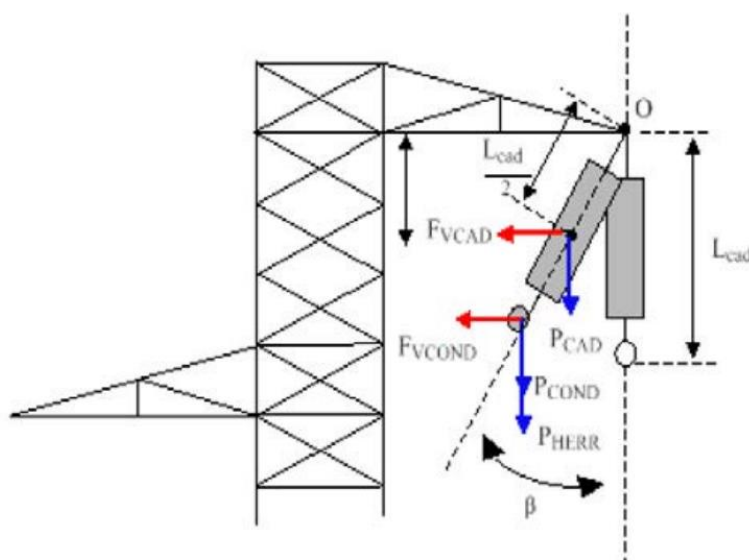


FIGURA 2.3 DESVIACIÓN DE LA CADENA DE AISLADORES

Para el cálculo de la desviación de la cadena de aisladores se realizará a partir del apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07 con una sobrecarga de viento a mitad y a una temperatura de -5 °C, y a partir de (37), expresión que se obtiene por trigonometría a partir de la figura 3.4.

$$\beta = \tan^{-1} \frac{\frac{F_{VCAD}}{2} + F_{VCOND}}{P_{COND} + \frac{P_{CAD}}{2}} \quad (37)$$

Siendo:

- P_{COND} → El peso del conductor más la acción del viento mitad
- P_{CAD} → Peso de la cadena de aisladores
- F_{VCAD} → Fuerza del viento sobre la cadena de aisladores según el apartado 3.1.2.2 ITC-07

$$F_{VCAD} = 70 * \left(\frac{60}{120} \right)^2 * Ai \quad (38)$$

- Ai → Área de la cadena de aisladores proyectada horizontalmente en m²
- F_{VCOND} → Fuerza del viento sobre el conductor

$$F_{VCOND} = 60 * \left(\frac{\frac{120}{2}}{120} \right) * D \quad (39)$$

- D → Diámetro del conductor

En la tabla 2.8 se recoge los ángulos máximos, así como los ángulos que adoptarán la cadena de aisladores,

Apoyo nº	Tipo	Apoyos de ángulo		Apoyos de suspensión	
		Ángulo mínimo posible (Grados)	Ángulo apoyo (Grados)	Ángulo desviación cadena máximo (Grados)	Ángulo desviación apoyo (Grados)
2	Ali-Sus	————	————	68,41	65,54
3	Ali-Sus	————	————	68,41	41,91
4	Ali-Sus	————	————	68,41	55,95
5	Ali-Sus	————	————	56,44	56,44
6	Ali-Sus	————	————	56,44	36,49
7	Ali-Sus	————	————	68,41	15,36
8	Áng-Anc	66,05	135,00	————	————
9	Ali-Sus	————	————	68,41	54,15
10	Ali-Sus	————	————	68,41	68,41
11	Ali-Sus	————	————	68,41	52,54
12	Ali-Sus	————	————	68,41	40,62
13	Ali-Sus	————	————	68,41	27,89

TABLA 2.8 ÁNGULOS DE CADENA DE AISLADORES

2.2.5 Herrajes

En el apartado 3.3 de la ITC-LAT 07, se contempla que los herrajes serán sometidos a la tensión mecánica de los propios conductores, por lo que se considerará un coeficiente de seguridad mecánica con un valor mínimo de 3 respecto a su carga de rotura mínima.

Las características de los herrajes utilizados para la cadena de los conductores vienen descritas en la norma informativa **AND009 Herrajes y accesorios para conductores desnudos de LAMT hasta 36kV**.

Utilizando la configuración más habitual: R-11 Rótula (Figura 2.4) GS-1 Grapa de suspensión (Figura 2.5) y AGN-11 Grillete recto (Figura 2.6). El esquema final de las cadenas de aisladores podemos verla en el apartado 1.3.6.1 “Formación de cadenas” de la memoria de este proyecto.

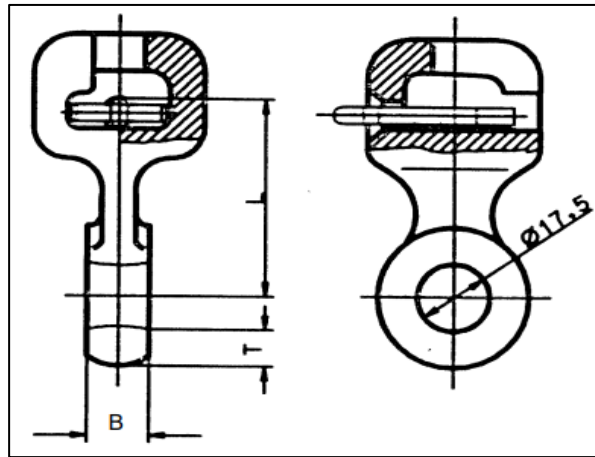


FIGURA 2.4 R-11 AND009

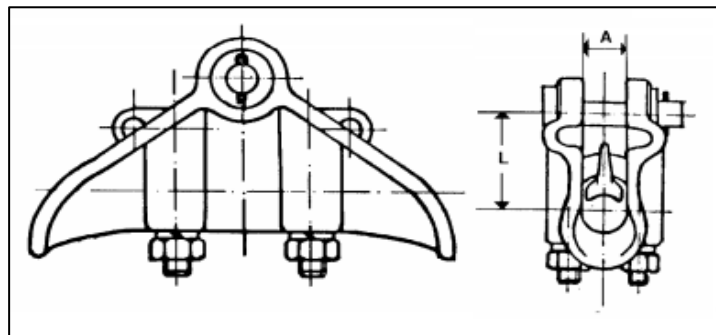


FIGURA 2.5 GS-1 AND009

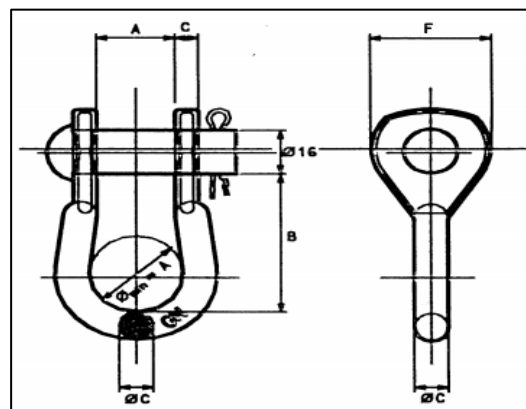


FIGURA 2.6 AGN-11 AND009

2.3 Cálculo de las cimentaciones

Las cimentaciones para nuestros apoyos se constituirán a partir de cimentaciones monobloque de hormigón y se calcularán a partir del método de vuelco según el método de Suizberger.

$$Mv = F * \left(h + \frac{2}{3}t\right) + Fv * \left(\frac{h}{2} + \frac{2}{3}t\right) \quad (40)$$

Y el momento de resistencia al vuelco:

$$Mr = M1 + M2 \quad (41)$$

Dónde:

$$M1 = 139 * K * a * t^4 \quad (42)$$

$M1 \rightarrow$ Momento de empotramiento lateral del terreno.

$$M2 = 880 * a^2 * t + 0,4 * p * a \quad (43)$$

$M2 \rightarrow$ Momento debido a las cargas verticales.

- $K \rightarrow$ Coeficiente de compresibilidad a 2 metros de profundidad del terreno (Kg/cm²x cm)
- $F \rightarrow$ Esfuerzo nominal del apoyo en kilogramos.
- $H \rightarrow$ Altura de aplicación del esfuerzo en metros.
- $Fv \rightarrow$ Esfuerzo provocado por el viento en la estructura en Kilogramos.
- $Ht \rightarrow$ Altura total del apoyo en metros.
- $a \rightarrow$ Anchura de la cimentación en metros.
- $t \rightarrow$ Profundidad de la cimentación en metros.
- $p \rightarrow$ Peso del conjunto: apoyo y herrajes en kilogramos.

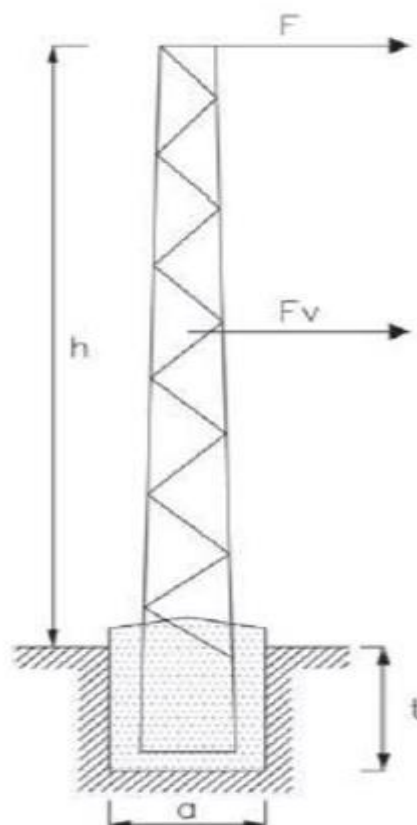


FIGURA 2.7 MOMENTO DE VUELCO

Teniendo en cuenta al apartado 3.6.1 de la ITC.LAT 07, en el que se exponen las características generales de la estabilidad de las cimentaciones monobloque, debe cumplirse que:

$$(M1 + M2) = Mr \rightarrow Mr \geq Mv \quad (44)$$

En el anexo N°4 se incluirá las dimensiones y volúmenes óptimos para cada apoyo.

2.4 Cálculo de la puesta a tierra de los apoyos

En el cálculo de la puesta a tierra de los apoyos, tensiones de paso y tensiones de contacto se realizarán a través del procedimiento de cálculo editado por UNESA, “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”

Los datos que necesitamos para realizar este cálculo son:

- La tensión nominal de nuestra red (20kV)
- Resistividad del terreno ($150 \Omega m$)

Identificar qué tipo de apoyo tenemos, ya sea frecuentado o no frecuentado, en nuestro caso, son considerados no frecuentados todos nuestros apoyos,

2.4.1 Determinación de la intensidad de defecto.

El cálculo de la intensidad de defecto a tierra es diferente según el tipo de sistema de puesta a tierra que instalemos en nuestra LAMT pudiendo elegir entre neutro aislado o neutro a tierra, en nuestro caso hemos optado por instalar neutro a tierra.

2.4.1.1 Neutro aislado

Para este caso, la intensidad de defecto es la capacitiva de la red respecto a la tierra, dependiendo de la longitud y características de la línea. Para el cálculo de la intensidad

máxima de puesta a tierra en una red con neutro aislado, se dispone de la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{c * \sqrt{3} * U * w * (Ca * La + Cc * Lc)}{\sqrt{1 + [w * (Ca * La + Cc * Lc)]^2 * (3 * Rt)^2}} \quad (45)$$

Siendo:

- $I_d \rightarrow$ Intensidad de defecto para neutro aislado en amperios.
- $c \rightarrow$ El factor de tensión, $c=1,1$
- $U \rightarrow$ Tensión nominal de la línea 20kV
- $W \rightarrow$ Pulsación de la corriente $w=2\pi f$ (rad/s)
- $Ca \rightarrow$ Capacitancia homopolar de la línea aérea en F/Km, se considera $Ca=0,006$ $\mu F/Km$.
- $La \rightarrow$ Longitud de la LAMT subsidiada con la misma transformación AT/MT, en Km.
- $Cc \rightarrow$ Capacitancia homopolar de la línea subterránea en F/Km, se considera $Cc=0,25$ $\mu F/Km$.
- $Lc \rightarrow$ Longitud de la línea subterránea subsidiada con la misma transformación AT/MT, en Km.
- $Rt \rightarrow$ Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta en Ω .

2.4.1.2 Neutro a tierra.

Para el cálculo de la intensidad de defecto en una instalación con neutro a tierra, solo consideraremos la impedancia de puesta a tierra del neutro de la red de media tensión y de la resistencia del electrodo de puesta a tierra, considerando nula la impedancia homopolar de los cables, por lo que tenemos la siguiente expresión para el cálculo de la intensidad de defecto.

$$I_d = \frac{c * U}{\sqrt{3} * \sqrt{Xn^2 + (Rn + Rt)^2}} \quad (46)$$

- $I_d \rightarrow$ Intensidad de defecto para neutro aislado en amperios.
- $c \rightarrow$ El factor de tensión, $c=1,1$.
- $U \rightarrow$ Tensión nominal de la línea 20kV.
- $R_t \rightarrow$ Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta en Ω .
- $R_n \rightarrow$ Resistencia de puesta a tierra del neutro en Ω .
- $X_n \rightarrow$ Reactancia de puesta a tierra del neutro en Ω .

2.4.2 Tiempo de duración del defecto a tierra

Todas las LAMT tienen que estar equipados de diferentes dispositivos de protección en el caso de que se produzca un defecto a tierra, despejando estos posibles defectos a tierra por medio de la apertura de un interruptor accionado por un relé que controla la intensidad de defecto. Estos relés pueden ser de dos tipos:

-De tiempo independiente $\rightarrow$ Su tiempo de actuación no depende de la sobreintensidad ocasionada, sino que está predefinida y es constante.

-De tiempo dependiente $\rightarrow$ El tiempo de actuación varía según su sobreintensidad, siendo el tiempo inversamente proporcional a esta sobreintensidad de defecto.

$$t = \frac{k}{\left(\frac{I_d}{I_a}\right)^a - 1} * K_v \quad (47)$$

Siendo:

- $T \rightarrow$ Tiempo de eliminación del defecto a tierra.
- k y $a \rightarrow$ Constantes asociadas a la curva de protección,

Constantes de disparo según la tendencia de su curva de protección			
Normal inversa $a=0,02$		Muy inversa $a=1$	Extremadamente Inversa $a=2$
k	0,13	13,5	96

TABLA 2.9 CONSTANTE DISPARO SEGÚN CURVA DE PROTECCIÓN

- $I_a \rightarrow$ Intensidad de ajuste de defecto del relé.
- $I_d \rightarrow$ Sobreintensidad ocasionada por el defecto a tierra.
- $K_v \rightarrow$ Factor de tiempo de ajuste de protección del relé.

2.4.3 Resistencia del electrodo de tierra

Esta resistencia que presenta los electrodos de puesta a tierra viene en función a su dimensión, de su geometría y de la resistividad del terreno. Clasificando en 3 tipos los electrodos de puesta a tierra:

Tipo	Resistencia (Ω)
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2\rho}{L}$
Malla	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

TABLA 2.10 TIPOS DE ELECTRODO DE TIERRA

Siendo:

- $R \rightarrow$ Resistencia del electrodo de tierra en Ω .
- $\rho \rightarrow$ Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.
- $L \rightarrow$ Longitud del electrodo en m.
- $R \rightarrow$ Radio en metros de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

2.5 Cálculo de puestas a tierra en apoyos no frecuentados

Para los apoyos de tipo no frecuentado, los electrodos para la puesta a tierra serán de tipo lineal con una o varias picas, en el caso de que se produzca un defecto a tierra, la resistencia de puesta a tierra debe ser de un valor suficientemente bajo para que garantice el correcto funcionamiento de las protecciones.

El diseño de la puesta a tierra se concluirá como correcto, si se garantiza que el tiempo de actuación de las protecciones es inferior a 1 segundo, si una vez calculadas las puestas a tierra, no se puede garantizar este tiempo de actuación, se debe de recalcular las puestas a tierra con otra configuración distinta.

2.5.1 Cálculo resistencia puesta a tierra en instalaciones con neutro aislado.

En primer lugar, las protecciones tienen que realizar la desconexión automática en un periodo inferior a 1 segundo y debe verificar que la intensidad de defecto (I_d) es mayor a la intensidad de ajuste del relé de protección (I_a), obteniendo así el mayor valor permisible de la resistencia de puesta a tierra.

$$I_d > I_a \quad (48)$$

$$I_d = \frac{c * \sqrt{3} * U * w * (Ca * La + Cc * Lc)}{\sqrt{1 + [w * (Ca * La + Cc * Lc)]^2 * (3 * Rt)^2}} > I_a \quad (49)$$

2.5.2 Cálculo resistencia puesta a tierra en instalaciones con neutro a tierra.

Las instalaciones con neutro a tierra, como es en nuestro caso, tiene que garantizar que la desconexión se realice en un periodo inferior a 1 segundo, por lo que:

$$t = \frac{k}{\left(\frac{I_d}{I_a}\right)^a - 1} * Kv < 1 \text{ segundo.} \quad (50)$$

Y el valor de máximo de la resistencia de puesta a tierra para apoyos no frecuentados será aquel que verifique esta expresión:

$$I_d = \frac{c * U}{\sqrt{3} * \sqrt{Xn^2 + (Rn + Rt)^2}} > I_a \quad (51)$$

2.6 Cálculo de puestas a tierra en apoyos frecuentados

Principalmente los electrodos que se utilizan en los apoyos frecuentados están formados por un anillo cerrado al que tiene conectadas cuatro picas a una profundidad mínima de 50 centímetros.

El cálculo de sistema de puesta a tierras estará perfectamente calculado, si se garantiza que el potencial del terreno es dos veces menor que la tensión de contacto,

$$U_e < 2 * U_c \quad (52)$$

En caso de no cumplirse esta premisa, tendremos que analizar que la tensión de contacto aplicada admisible (U_{ca}) que sea superior o igual a la tensión de contacto aplicada (U'_{ca}). Esta condición solamente se garantiza si la tensión de contacto (U'_c) es inferior o igual a la tensión de contacto admisible (U_c).

$$U'_{ca} \leq U_{ca} \quad (53)$$

$$U'_c \leq U_c \quad (54)$$

En el caso de no cumplir con ninguna de las expresiones anterior, no se podría dar por valido el diseño de la puesta a tierra, por lo que deberíamos de repetir los cálculos con otra configuración distinta, implementando algunas medidas de protección adicionales, sumándose otra condición que se debe cumplir para garantizar un buen funcionamiento de las protecciones. Esta condición es que la tensión de paso (U'_p) tiene que ser inferior a la tensión de paso admisible (U_p)

$$U'_p < U_p \quad (55)$$

2.6.1 Cálculo de tensiones de contacto máximas admisibles.

Para determinar la tensión de contacto máxima admisible se obtendrá a partir de la tensión de contacto aplicada admisible sobre el cuerpo humano según la duración de la falta, según se establece en la ITC-LAT 07 Tabla 18 Apartado 7.3.3.2.

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

TABLA 2.11 TENSIONES DE CONTACTO MÁXIMA ADMISIBLES

$$U_c = U_{ca} * (1 + \frac{Ra1 + 1,5 * g_s}{1000}) \quad (56)$$

$U_c \rightarrow$ Tensión de contacto máximo admisible, en voltios.

$U_{ca} \rightarrow$ Tensión de contacto aplicada admisible en voltios, que es función de la duración de la falta, ITC-LAT 07 Tabla 18.

$Ra1 \rightarrow$ Resistencia que ejerce el calzado cuya suela sea aislante, en ohmios, se considera $1k\Omega$.

$g_s \rightarrow$ Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.

2.6.2 Cálculo de tensiones de paso máximas admisibles.

Cuando las tensiones de contacto calculadas sean superiores a las tensiones de contacto máximos admisibles, se recurre al empleo de la medida de seguridad adicional para reducir posibles accidentes, por lo que atendiendo al Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, la tensión de paso admisible será:

$$U_p = 10 * U_{ca} * (1 + \frac{4000 + 6g_s}{1000}) \quad (57)$$

- $U_p \rightarrow$ Tensión de paso máxima admisible en voltios.
- $U_{ca} \rightarrow$ Tensión de contacto aplicada, que es función de la duración de la falta, ITC-LAT 07 Tabla 18.
- $\rho_s \rightarrow$ Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$.

2.6.3 Esquema cálculo de puestas a tierra

El procedimiento a seguir para hacer un correcto cálculo de las puestas a tierra tiene que ser según la Figura 2.8.

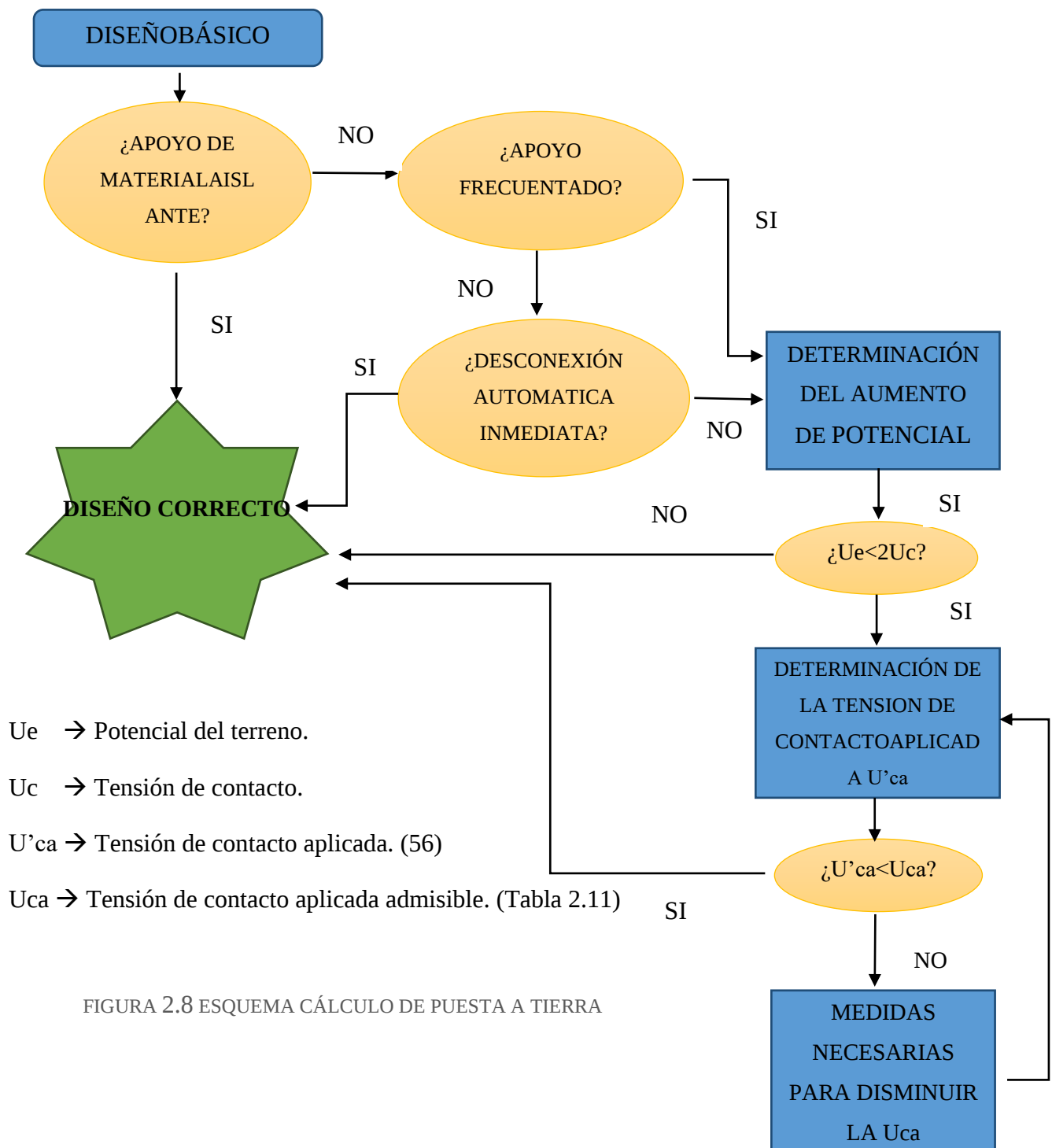


FIGURA 2.8 ESQUEMA CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

2.7 Justificación cálculo de puestas a tierra

2.7.1 Justificación cálculo de puesta a tierra de protección

El cálculo de la puesta a tierra de protección se diseñará atendiendo al tipo de apoyo, ya sea frecuentado o no frecuentado. Nuestra LAMT está formada por 14 apoyos, de los cuales todos son categorizados como no frecuentados debido a la situación en la que se encuentran, ya que no son de acceso público o el acceso de personas es bastante poco frecuente.

Según los datos suministrados por Endesa Distribución, para el cálculo de las puestas a tierra tenemos que tener en cuenta los siguientes parámetros.

- I_{max} de defecto a tierra $\rightarrow 300$ A.
- Tiempo máximo de desconexión automática en caso de defecto a tierra $\rightarrow 1$ segundo.

Justificando los cálculos a partir del apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, “Verificación del sistema de puesta a tierra”, en la aclaración número 3, al estar nuestra línea prevista de un sistema de desconexión automática inmediata con un tiempo inferior a 1 segundo y ser todos nuestros apoyos de clasificación no frecuentados, no tenemos que garantizar los valores de tensión de contacto inferiores a la tensión de contacto máxima admisible, ya que podemos considerar despreciable la probabilidad de acceso y la coincidencia con un fallo a tierra simultáneamente. Por lo que podemos considerar como válido nuestro sistema de tierra si la resistencia de puesta a tierra es lo suficientemente baja para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra.

A partir del libro de tierras de UNESA utilizamos la configuración de un sistema de una pica de acero cobrizado de 2 metros de longitud y 14 milímetros de diámetro, a una profundidad de 0,5 metros.

- $K_r \rightarrow 0,23 \Omega / \Omega \text{ m}$.
- Resistividad del terreno (ρ_t) $\rightarrow 150 \Omega \cdot \text{m}$.

Por lo que el valor de la resistencia de puesta a tierra y el potencial de tierra tendrán un valor definido por:

$$R_{pica} = K_r \cdot \rho \cdot t = 0,23 \frac{\Omega}{\Omega m} \cdot 150 \Omega m = 34,5 \Omega \quad (58)$$

$$U_t = R_t \cdot I_d = 300 A \cdot 34,5 \Omega = 10350 V \quad (59)$$

Resistencia pica < Resistividad del terreno → Configuración correcta.

2.7.2 Justificación cálculo de puesta a tierra de servicio

La tierra de servicio, al tener las medidas de seguridad de acera perimetral de 1 metro de ancho y 20 cm de altura (eliminando así posibles tensiones de paso) y un mallazo electrosoldado de retícula de 0,30x0,30m conectado a dos puntos del apoyo (eliminando así posibles tensiones de contacto, ya que creamos una superficie equipotencial), solamente tenemos que garantizar a partir ITC-LAT 07 del RLAT, “Verificación del sistema de puesta a tierra”, que la tensión de puesta a tierra de servicio no puede superar 24 V. Al estar la instalación receptora provisto da un diferencial con una sensibilidad de 650 mA, la resistencia máxima de la puesta a tierra es 37Ω, (37 Ω x 0,650 A = 24 V),

La configuración seleccionada es 5/32,

- Geometría: Picas en hilera.
- Profundidad del electrodo (m): 0.5 m.
- Número de picas: 3.
- Longitud de las picas (m): 2 m.
- Diámetro picas (m): 14 mm.
- Separación entre picas (m): 3 m.
- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega m) = 0.135$.

Sustituyendo valores:

$$R_{neutro} = K_r \cdot \rho = 0.135 \Omega/\Omega m \cdot 150 \Omega m = 20.25 \Omega \quad (60)$$

$$R_{neutro} < 37 \Omega \rightarrow \text{Configuración correcta} \quad (61)$$

La separación mínima entre los dos sistemas de puesta a tierra, general y servicio o neutro, para garantizar que no haya posibles tensiones peligrosas de traspaso, se calcula mediante la fórmula:

$$D > \frac{\rho \cdot I_e}{2 \cdot \pi \cdot U_i} \approx \frac{\rho \cdot I_e}{6283} \approx 6 \text{ metros} \quad (62)$$

Siendo:

- $D \rightarrow$ Distancia entre circuitos de puesta a tierra (m).
- $\rho \rightarrow$ Resistividad media del terreno 150 ($\Omega \cdot m$).
- $I_e \rightarrow$ Intensidad de defecto por el electrodo seleccionado 250 (A).
- $U_i \rightarrow$ Tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra de neutro (V). Se adopta $U_i = 1.000 \text{ V}$.

2.8 Justificación cálculos eléctricos del CTI

2.8.1 Intensidad en alta tensión

La intensidad del transformador trifásico en el circuito del primario se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{S}{1,732 \cdot U_p} = \frac{50KVA}{1,732 \cdot 20kV} = 1,44 \text{ A} \quad (62)$$

Siendo:

- S = Potencia del transformador en kVA: 50 kVA
- U_p = Tensión compuesta primaria en kV, 20KV.
- I_p = Intensidad primaria del transformador en A

2.8.2 Intensidad en baja tensión

Para el cálculo de la intensidad en los en lado de los bornes de baja tensión del centro de transformación se calcula a partir de la expresión (63),

$$I_s = \frac{S * 1000}{1,732 * U_p} = \frac{50KVA * 1000}{1,732 * 400V} = 72,17 A \quad (63)$$

Siendo:

- S = Potencia del transformador en kVA, 50KVA.
- Up = Tensión compuesta primaria en V, 400V.
- Is = Intensidad secundaria del transformador en A

2.8.3 Intensidad de cortocircuito

A partir del dato proporcionado por la empresa suministradora ENDESA, la potencia de cortocircuito es de 500MVA, por lo que según la expresión (64)y (65), calculamos las intensidades de cortocircuito en el primario y secundario,

$$I_{ccP} = \frac{S_{cc}}{1,732 * U_p} = \frac{500MVA}{1,732 * 20kV} = 14,43 kA \quad (63)$$

- IccP → Intensidad de cortocircuito en el primario kA.
- Up → Tensión compuesta primaria en V, 400V.
- Scc → Potencia de cortocircuito de la línea de suministro en MVA, 500MVA.

$$I_{ccS} = \frac{S * 100}{1,732 * U_{cc}(\%) * U_s} = \frac{50KVA * 100}{1,73 * 4\% * 400} = 1,81kA \quad (63)$$

- IccS → Intensidad de cortocircuito en el primario kA.
- Ucc → Tensión de cortocircuito del transformador en %, 4%.
- Us → Tensión del secundario en V, 400V

3 ANEXO MEMORIA

3.1 ANEXO 1: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente estudio de seguridad y salud tiene como objeto la previsión de los riesgos de posibles accidentes o enfermedades profesionales a la hora de la construcción o mantenimiento de nuestra línea aérea de media tensión, así como dar directrices para desarrollar la obra bajo el control del coordinador de seguridad y salud, de acuerdo al RD 1627/1997 del 24 de Octubre. Los trabajos que recoge el presente estudio de prevención son:

- Acondicionamiento del terreno
- Instalación Eléctrica

Este estudio básico de seguridad y salud, es de intervención para todos los puestos que intervendrán en el trascurso del proyecto, tales como,

- Operadores de grúas.
- Operadores de retroexcavadoras.
- Conductores de camiones.
- Técnicos electricistas.
- Técnicos de topografía.

3.1.1 *Trabajos de acondicionamiento del terreno*

Se hace referencia a todos los trabajos que se realizan para adecuar la zona donde se ubicará nuestra línea, ya sean de movimientos de tierras, cimentación, excavaciones.

Los riesgos evitables en este tipo de trabajo son:

- Nº 01 → Caídas de personas a distinto nivel.
- Nº 03 → Caídas de objetos por derrumbamiento o desplome.
- Nº 05 → Caída de objetos desprendidos.
- Nº 08 → Golpes y riesgos por objetos móviles.

Nº 09 → Golpes y cortes por objetos o herramientas.

Nº 11 → Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.

Nº 12 → Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.

Nº 16 → Contacto eléctrico.

Nº 23 → Atropellos o golpes con vehículos.

Los riesgos no evitables en este tipo de trabajo son:

Nº 04 → Caídas de objetos en manipulación.

Nº 06 → Pisadas sobre objetos.

Nº 07 → Golpes y choques contra objetos inmóviles.

Nº 29.1 → Trabajos a intemperie.

3.1.2 Trabajos de instalación eléctrica

Se incluyen todos los trabajos que requiera nuestra línea para el abastecimiento eléctrico, colocación de aparamenta, herrajes, conductores y centro de transformación.

Los riesgos evitables en este tipo de trabajo son:

Nº 01 → Caídas de personas a distinto nivel.

Nº 03 → Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.

Nº 05 → Golpes y riesgos por objetos móviles.

Nº 08 → Golpes y cortes por objetos o herramientas.

Nº 11 → Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.

Nº 12 → Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.

Nº 15 → Contactos térmicos.

Nº 16 → Contacto eléctricos.

Nº 20 → Explosiones.

Nº 21 → Incendios.

Los riesgos no evitables en los trabajos de instalación eléctrica son:

Nº 02 → Caídas de personas al mismo nivel.

Nº 04 → Caídas de objetos en manipulación.

Nº 06 → Pisadas sobre objetos.

Nº 07 → Golpes y choques contra objetos inmóviles.

Nº 29.1 → Trabajos a la intemperie.

3.1.3 Medidas para subsanar los riesgos evitables y atenuar los efectos de los riesgos no evitables

Las acciones para la prevención o atenuación de los riesgos valorados en nuestro proyecto son los siguientes:

Nº 01 → Caídas de personas a distinto nivel.

1. Estudio previo de la ejecución de trabajos, para evitar improvisaciones.
2. Supresión de trabajos si las condiciones meteorológicas no son las oportunas.
3. Se utilizará las EPIS reglamentarias (Casco, guantes y botas de seguridad SP3).
4. Utilización de arnés anticaída.

Nº 02 → Caídas de personas al mismo nivel.

1. Correcta señalización de las vías de circulación.
2. Iluminación adecuada en las zonas transcurridas (20 lux mínimo).
3. Eliminación de escombros o sobrantes de las zonas de trabajo.
4. Vías alternativas para la entrada a obra y salida de ella.

Nº 03 → Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.

1. Supresión de los trabajos exteriores si las condiciones meteorológicas no son las adecuadas.
2. Utilización de cascos y botas de seguridad SP3.
3. Verificación de la resistencia del sistema de encofrado, así como la sustitución de elementos que se encuentren deteriorados.

4. Reparto uniforme de las cargas entre los elementos resistentes.
5. Montaje uniforme.

Nº 04 → Caídas de objetos en manipulación.

1. Prohibir la permanencia de operarios en zonas de trabajo.
2. Utilización de sistemas de recogida de escombros (redes) impidiendo que caigan a niveles inferiores.
3. Formación al personal de obra, para un correcto manejo de cargas.
4. No sobrepasar la carga máxima reflejadas por el fabricante en las maquinarias de elevación.
5. Utilización de cascos y botas de seguridad SP3.

Nº 05 → Caídas de objetos desprendidos.

1. Habilitación de zonas de acopio de material, fuera de las zonas de concurrencia.
2. Correcto almacenamiento del material de obra, en los lugares señalados.

Nº 06 → Pisadas sobre objetos.

1. Se mantendrá la zona de trabajo libre de escombros y desperdicios producidos en la obra.
2. Correcta delimitación de las zonas de paso.
3. Utilización de botas de seguridad con suela anti perforación SP3.

Nº 07 → Riesgo de golpes y choques contra objetos inmóviles.

1. Orden y limpieza.
2. Señalización de las zonas de paso y de partes salientes de menos de 2 metros de altura.
3. Delimitación de zonas de paso con una altura superior a 1,8 metros y 60 centímetros de anchura.
4. Uso de casco de seguridad.

Nº 08 y 23 → Riesgo de golpes por objetos móviles o golpes con vehículos.

1. Uso de casco de seguridad, así como las EPIS reglamentarias.
2. Control del recorrido de las cargas por cada operador.

3. Correcta señalización de las zonas de tránsito de material.
4. Operarios con buena formación sobre el correcto manejo de cargas.

Nº 09 → Riesgo y cortes por objetos o herramientas.

1. Correcto uso de las herramientas según el trabajo a desempeñar.
2. Todo el material utilizado debe tener una revisión y mantenimiento adecuado.
3. Personal adecuado, en función de cada trabajo a desempeñar
4. Utilización de guantes de lona, así como ropa adecuada según el puesto de trabajo.
5. Utilización de cinturones portaherramientas.

Nº 11 y 12 → Riesgo de atrapamiento o aplastamiento entre objetos o por vuelco de máquinas o vehículos.

1. Las partes móviles de la maquinaria a utilizar, estará recubierta por unas carcasas de protección para evitar el atrapamiento.
2. Toda la maquinaria utilizada debe tener una revisión y mantenimiento adecuado.
3. Los operarios de maquinarias o vehículos, estarán formados por personal cualificado.

Nº 15 y 16 → Riesgo de contacto térmicos y eléctricos.

1. Uso de las EPIS reglamentarias, haciendo hincapié en botas de seguridad y los guantes de seguridad.
2. Guardar la distancia de seguridad de 3 metros entre nuestra línea de media tensión para evitar “arcos eléctricos”.
3. Correcta revisión del sistema de puesta a tierra de todas las maquinarias utilizadas.
4. Todas las herramientas eléctricas deben ser inspeccionadas por un especialista, al menos una vez cada 6 meses, desde su anterior uso.

Nº 20 → Riesgo de explosiones.

1. Para los trabajos de soldadura con botella, los sopletes dispondrán de válvulas anti retorno.

2. Los materiales altamente inflamables se almacenarán en una zona designada para ello, con una buena ventilación y convenientemente señalizado.
3. Colocación de carteles de prohibido fumar en las zonas de trabajo.

Nº 21 → Riesgo de incendios.

1. Colocación de equipos de extintores de polvo en las zonas de trabajo.
2. En los trabajos de soldadura, el operario deberá de tener especial cuidado en el transporte y comprobación de que no haya alrededor materiales altamente inflamables.

Nº 29.1 → Riesgo de trabajos a intemperie

1. Se instalarán toldos para evitar las radiaciones solares,
2. Utilización de ropa adecuada para prevenir los peligros de los trabajos a intemperie.
3. Cada 3 horas de trabajo continuo, se realizarán descansos de 10 minutos.

3.1.4 Protecciones individuales y colectivas

Se dotará de las siguientes protecciones individuales al personal de obra, según su puesto a desempeñar,

1. Cascos de seguridad para toda persona que esté en obra.
2. Guantes de protección
3. Guantes con protección eléctrica.
4. Botas de seguridad SP3.
5. Ropa adecuada de trabajo.
6. Gafas de protección de abrasivos.
7. Gafas para trabajos de oxicorte.
8. Pantallas de soldadura.
9. Protectores auditivos.
10. Mandiles y manguitos de soldador.
11. Chalecos reflectantes.

3.2 ANEXO 2: PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con el Real Decreto 105/2008 del 1 de Febrero, se presenta el siguiente Plan de Gestión de Residuos conforme al apartado 3 del RD, en la que se incluirá:

- Identificación de residuos a partir de la orden MAM/304/2002
- Estimación de generación de residuos que se generarán en obra
- Medidas "in situ" de segregación
- Reutilización de residuos en obra u otros emplazamientos
- Valoración "in situ" de las operaciones
- Emplazamiento para los residuos
- Instalación para almacenamiento de residuos
- Presupuesto para gestión de los residuos

Para la elaboración de este plan de gestión de residuos, se ha tenido en cuenta la siguiente normativa de aplicación:

- R.D 105/2008 de 1 de febrero → Regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Orden MAM/304/2002 del 8 de febrero → Operaciones de valoración y eliminación de residuos, así como su identificación
- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006 del 14 de Junio de 2001.

3.2.1 *Identificación de residuos a partir de la orden MAM/304/2002*

Dentro de la orden MAM/304/2002, los residuos de Construcción y Demolición (RCD) se clasifican en:

- RCDs de nivel 1 → Son los residuos generados por el propio desarrollo de nuestra LAMT, ya sean a nivel local o supramunicipal, siendo del resultado de los movimientos de excavación de tierra. Clasificando los de nivel 1 como RCDs de tierras, materiales pétreos, no contaminados procedentes de excavación o explanación de terrenos.
- RCDs de nivel 2 → Residuos generados principalmente por la demolición, adecuación del emplazamiento de la obra, estos residuos suelen ser propios del sector de la construcción.

Los residuos serán los descritos en la lista europea establecida en la orden MAM/304/2002, solamente se incluirán los materiales que superen el 1m³ y estos serán marcados con una X

A.1.: RCDs Nivel I

1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN

17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06
17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07

A.2.: RCDs Nivel II

RCD: Naturaleza no pétreo

1. Asfalto	
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01
2. Madera	
17 02 01	Madera
3. Metales	
17 04 01	Cobre, bronce, latón
17 04 02	Aluminio
17 04 03	Plomo
17 04 04	Zinc
17 04 05	Hierro y Acero
17 04 06	Estaño
17 04 06	Metales mezclados
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
4. Papel	
x 20 01 01	Papel
5. Plástico	
x 17 02 03	Plástico
6. Vidrio	
x 17 02 02	Vidrio
7. Yeso	
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01

RCD: Naturaleza pétreo		
1. Arena Grava y otros áridos		
	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
x	01 04 09	Residuos de arena y arcilla
2. Hormigón		
x	17 01 01	Hormigón
3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos		
	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.
4. Piedra		
	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
1. Basuras		
x	20 02 01	Residuos biodegradables
	20 03 01	Mezcla de residuos municipales
2. Potencialmente peligrosos y otros		
	17 01 06	mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas
	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitran de hulla
	17 03 03	Alquitran de hulla y productos alquitranados
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitran de hulla y otras SP's
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's
	17 06 04	Materiales de aislamientos distintos de los 17 06 01 y 03
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)
	16 01 07	Filtros de aceite
	20 01 21	Tubos fluorescentes
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas
	16 06 03	Pilas botón

TABLA 3.1.CLASIFICACIÓN DE RCDS

3.2.2 Estimación de generación de residuos que se generarán en obra

Al tratarse de una obra nueva, con ausencia de datos más contrastados, se considerará los parámetros estimativos de 10cm de altura de residuos por m² construido, con una densidad del orden de 1,5 a 05 Toneladas por m³. Por lo que la estimación de residuos en nuestra LAMT serán Tabla según la tabla 3.2 y 3.3

Estimación de residuos		
Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5 T/m ³)	0,5	Tn/m ³
Toneladas de residuos	0,118	Tn
Estimación de volumen de tierras procedentes de la excavación	40,23	m ³
Presupuesto estimado de la obra	30.000	€
Presupuesto de movimiento de tierras en proyecto	214,03	€

TABLA 3.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS

A.1.: RCDs Nivel I				
		Tn	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC		Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m ³ Volumen de Residuos
1. TIERRAS Y PÉTROOS DE LA EXCAVACIÓN				
Tierras y pétreos procedentes de la excavación estimados directamente desde los datos de proyecto		40,23	1	40,23
A.2.: RCDs Nivel II				
	%	Tn	d	V
Evaluación teórica del peso por tipología de RDC	% de peso)	Toneladas de cada tipo de RDC	Densidad tipo (entre 1,5 y 0,5)	m ³ Volumen de Residuos
RCD: Naturaleza no pétreo				
1. Asfalto	0,050	0,59	1,30	°
2. Madera	0,040	0,472	0,60	0,787
3. Metales	0,025	0,295	1,50	0,197
4. Papel	0,003	0,0354	0,90	0,039
5. Plástico	0,015	0,177	0,90	0,197
6. Vidrio	0,005	0,059	1,50	0,039
7. Yeso	0,002	0,0236	1,20	0,02
TOTAL estimación	0,140	0.01652		0.017
RCD: Naturaleza pétreo				
1. Arena Grava y otros áridos	0,040	0,472	1,50	0,315
2. Hormigón	0,120	1,416	1,50	0,944
3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos	0,540	6,372	1,50	4,248
4. Piedra	0,050	0,59	1,50	0,393
TOTAL estimación	0,750	0.0885		0.059
RCD: Potencialmente peligrosos y otros				
1. Basuras	0,070	0,826	0,90	0,918
2. Potencialmente peligrosos y otros	0,040	0,472	0,50	0,944
TOTAL estimación	0,110	0.01298		0.019

TABLA 3.3 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS DESGLOSADO

3.2.3 Medidas "in situ" de segregación

A partir del artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos deben ser separados en fracciones cuando la cantidad prevista supere los siguientes valores:

Hormigón	160,00 T
Ladrillos, tejas, cerámicos	80,00 T
Metales	4,00 T
Madera	2,00 T
Vidrio	2,00 T
Plásticos	1,00 T
Papel y cartón	1,00 T

TABLA 3.4 CANTIDAD DE RESIDUOS PARA REALIZAR FRACCIONES

Las medidas empleadas in situ serán:

x	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos
	Derribo separativo / segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plásticos + cartón + envases, orgánicos, peligrosos...). Solo en caso de superar las fracciones establecidas en el artículo 5.5 del RD 105/2008
	Derribo integral o recogida de escombros en obra nueva "todo mezclado", y posterior tratamiento en planta

TABLA 3.5 MEDIDAS IN SITU EMPLEADAS

Los contenedores empleados para la eliminación de los RCDs cumplirán las especificaciones del artículo 6 de la Orden 2690/2006 del 28 de Julio.

3.2.4 Reutilización de residuos en obra u otros emplazamientos

Se adjunta la Tabla 3.6, se recoge todas las operaciones previstas para los RCDs generados por la obra,

	OPERACIÓN PREVISTA	DESTINO INICIAL
x	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado	Externo
x	Reutilización de tierras procedentes de la excavación	Propia obra

TABLA 3.6 REUTILIZACIÓN DE RCDs

3.2.5 Valoración “in situ” de las operaciones

Se adjunta la Tabla 3.7 donde se recogen las operaciones previstas in situ de los residuos generados,

	OPERACIÓN PREVISTA
x	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado
	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas
	Regeneración de ácidos y bases
	Tratamiento de suelos, para una mejora ecológica de los mismos
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II.B de la Comisión 96/350/CE
	Otros (indicar)

TABLA 3.7 VALORACIONES IN SITU DE OPERACIONES

3.2.6 Destino previsto para los residuos no reutilizables

Las empresas encargadas de tratar con los residuos no reutilizables estarán autorizadas para la gestión de residuos no peligrosos, la terminología de los residuos no utilizables será:

- RCD → Residuos de la Construcción y la Demolición.
- RSU → Residuos Sólidos Urbanos.
- RNP → Residuos NO peligrosos
- RP → Residuos Peligrosos

A.1.: RCDs Nivel I					
1. TIERRAS Y PÉTROS DE LA EXCAVACIÓN			Tratamiento	Destino	Cantidad
	17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00
	17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07	Sin tratamiento esp.	Restauración / Vertedero	0,00

A.2.: RCDs Nivel II					
RCD: Naturaleza no pétreo			Tratamiento	Destino	Cantidad
1. Asfalto					
x	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,59
2. Madera					
x	17 02 01	Madera	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,472
3. Metales					
	17 04 01	Cobre, bronce, latón	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,295
	17 04 02	Aluminio	Reciclado		0,00
	17 04 03	Plomo			0,00
	17 04 04	Zinc			0,00
	17 04 05	Hierro y Acero	Reciclado		0,00
	17 04 06	Estaño			0,00
	17 04 06	Metales mezclados	Reciclado		0,00
	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	Reciclado		0,00
4. Papel					
x	20 01 01	Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,035
5. Plástico					
x	17 02 03	Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,177
6. Vidrio					
x	17 02 02	Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,05
7. Yeso					
x	17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNPs	0,02
RCD: Naturaleza pétreo			Tratamiento	Destino	Cantidad
1. Arena Grava y otros áridos					
	01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
x	01 04 09	Residuos de arena y arcilla	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,472
2. Hormigón					
x	17 01 01	Hormigón	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD	1,416
3. Ladrillos , azulejos y otros cerámicos					
x	17 01 02	Ladrillos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	6,372
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de reciclaje RCD	0,00
	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RCD	0,00
4. Piedra					
x	17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Reciclado		0,59

RCD: Potencialmente peligrosos y otros			Tratamiento	Destino	Cantidad
1. Basuras					
x	20 02 01	Residuos biodegradables	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,918
x	20 03 01	Mezcla de residuos municipales	Reciclado / Vertedero	Planta de reciclaje RSU	0,944
2. Potencialmente peligrosos y otros					
	17 01 06	mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
	17 02 04	Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas	Tratamiento Fco-Qco		0,00
	17 03 01	Mezclas bituminosas que contienen alquitran de hulla	Depósito / Tratamiento		0,00
	17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados	Depósito / Tratamiento		0,00
	17 04 09	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas	Tratamiento Fco-Qco		0,00
	17 04 10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitran de hulla y otras SP's	Tratamiento Fco-Qco		0,00
	17 06 01	Materiales de aislamiento que contienen Amianto	Depósito Seguridad		0,00
	17 06 03	Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas	Depósito Seguridad		0,00
	17 06 05	Materiales de construcción que contienen Amianto	Depósito Seguridad		0,00
	17 08 01	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con SP's	Tratamiento Fco-Qco		0,00
	17 09 01	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio	Depósito Seguridad	Gestor autorizado RPs	0,00
	17 09 02	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's	Depósito Seguridad		0,00
	17 09 03	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	Depósito Seguridad		0,00
	17 05 03	Tierras y piedras que contienen SP's	Tratamiento Fco-Qco		0,00
	17 05 05	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	Tratamiento Fco-Qco		0,00
	17 05 07	Balastro de vías férreas que contienen sustancias peligrosas	Depósito / Tratamiento		0,00
	15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos,...)	Depósito / Tratamiento		0,00
	13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor,...)	Depósito / Tratamiento		0,00
	16 01 07	Filtros de aceite	Depósito / Tratamiento		0,00
	20 01 21	Tubos fluorescentes	Depósito / Tratamiento		0,00
	16 06 04	Pilas alcalinas y salinas	Depósito / Tratamiento		0,00
	16 06 03	Pilas botón	Depósito / Tratamiento		0,00
	15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado	Depósito / Tratamiento		0,00
	08 01 11	Sobrantes de pintura o barnices	Depósito / Tratamiento		0,12
	14 06 03	Sobrantes de disolventes no halogenados	Depósito / Tratamiento		0,01
	07 07 01	Sobrantes de desencofrantes	Depósito / Tratamiento		0,00
	15 01 11	Aerosoles vacíos	Depósito / Tratamiento		0,03
	16 06 01	Baterías de plomo	Depósito / Tratamiento		0,00
	13 07 03	Hidrocarburos con agua	Depósito / Tratamiento		0,00
	17 09 04	RDCs mezclados distintos códigos 17 09 01, 02 y 03	Depósito / Tratamiento		0,00

TABLA 3.8 DESTINO PREVISTO PARA CADA TIPO DE RCD

3.2.7 Presupuesto para gestión de los residuos

Se adjunta la valoración del plan de residuos generados por la obra de nuestro proyecto,

A.- ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDs (calcula sin fianza)				
Tipología RCDs	Estimación (m³)	Precio gestión en Planta / Vestadero / Cantera / Gestor (€/m³)	Importe (€)	% del presupuesto de Obra
A1 RCDs Nivel I				
Tierras y pétreos de la excavación	40,23	4,00	160,92	0,5364%
				0,5364%
A2 RCDs Nivel II				
RCDs Naturaleza Pétreo	0,059	25,00	1,475	0,0049%
RCDs Naturaleza no Pétreo	0,017	25,00	0,433	0,0014%
RCDs Potencialmente peligrosos	0,019	25,00	0,465	0,0015%
				0,0324%
B.- RESTO DE COSTES DE GESTIÓN				
B1.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel I			0,00	0,0000%
B2.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel II			25,97	0,0865%
B3.- % Presupuesto de Obra por costes de gestión, alquileres, etc...			15,50	0,0516%
TOTAL PRESUPUESTO PLAN GESTION RCDs			204,763	0,5701%

TABLA 3.9 PRESUPUESTO PARA PLAN DE GESTIÓN RCDs

3.2.8 Conclusión

Al documento del Plan de Gestión de Residuos, se le debe de conceder un carácter orientativo, al inicio de la obra, se requerirá que el constructor adapte con la realidad de la obra, llegando a realizar uno nuevo si fuera necesario.

3.3 ANEXO 3: ANALISIS AMBIENTAL

3.3.1 *Objeto de la actividad*

La instalación de nuestra LAMT de 20 kV, se encuentra entre las incluidas en la Ley 7/2007 Anexo I, debiendo someterse al procedimiento de Calificación Ambiental. Este procedimiento será efectuado por el Ayuntamiento de Linares. La instalación está destinada a abastecer eléctricamente a una finca rural, situada al sur-oeste de Linares.

3.3.2 *Emplazamiento*

Se incluye en el apartado de planos de esta Proyecto, el plano de emplazamiento a escala 1/1000 en la que se señalan las distancias más próximas a nuestra instalación.

3.3.3 *Maquinaria y equipos para el proceso productivo*

La maquinaria y equipos que se utilizarán para la elaboración de nuestra LAMT, son los siguientes:

- Conductor de cobre desnudo de 54,6 mm² de aluminio con alma de acero (LA-56),
- Seccionadores unipolar de 24kV y 400 A.
- Base fusible CUT-OUT 24KV 200 A.
- Autoválvulas tipo POM 24/10, con una tensión máxima de servicio de 24 kV y 10 kA de corriente de descarga.
- Transformador de 50 kVA con una relación de transformación de 20 KV/400-230 V refrigerado por aceite mineral.
- Apoyos de celosía metálicos galvanizados en caliente.

3.3.4 Materiales empleados que puedan ser potencialmente perjudiciales para el medio ambiente

En el proceso que se desarrolla para construcción objeto de este Proyecto, no se almacenan ni se generan materiales que puedan considerarse potencialmente perjudiciales para el medio ambiente, a excepción, del aceite refrigerante del transformador de 50 kV, en caso de avería o derrumbamiento, este puede ser perjudicial en la zona donde se precipite.

3.3.5 Riesgos ambientales previsibles y medidas correctoras

Basándose en el cumplimiento del RD 1432/2008 del 29 de Agosto, que establece medidas de protección contra la electrocución de la avifauna, en nuestro caso no es de aplicación, debido a que nos encontramos fuera de la zona ZEPA (Zona especial de protección animal). Indicadas en el artículo 4 del RD. No obstante, tenemos que tener en cuenta el RD 178/2006 de 10 de Octubre que establece medidas mínimas de protección para minimizar los riesgos de mortalidad por electrocución de la avifauna.

Las medidas de protección adoptadas son:

- En los apoyos de amarre se colocará cinta de aislamiento manteniendo una distancia de seguridad entre la zona de posada y los elementos de tensión de 1 metro.
- Los seccionadores y las bases fusibles se proyectarán invertidas, así como elementos de unión entre diferentes elementos, se cubrirán de aislamiento mediante cintas de aislamiento de eficacia probada.

3.3.6 Medidas de control y seguridad.

Una vez puesta en marcha nuestra LAMT, tiene que contar con un contrato de mantenimiento por empresa autorizada, que verifique y compruebe el estado de los aislamientos proyectados, así como posibles fugas de aceite del transformador.

3.3.7 Conclusión

Con toda la documentación aportada, se debería proceder a la calificación ambiental favorable por medio del organismo ambiental del ayuntamiento de Linares.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'JAG' or similar, with a large loop at the start and a long horizontal stroke at the end.

Fdo. Javier Yeste García

Linares, JULIO de 2020

3.4 ANEXO 4: RESULTADOS CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

3.4.1 Cálculo de las tensiones de los conductores por fase

Tensiones en daN, Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

Zona A	Zona B	Zona C
-5°C+V(120km/h)	-10°C+V(120km/h), -15°C+H	-15°C+V(120km/h), -20°C+H

Tramo	Conductor	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Reg. (m)	Const. Caten.	E.D.S.			T.H.F. %	Tensiones y Flechas									
							Cálc.	Valor máxi.	Temp.		T.máxima viento	T.máxima hielo	T.máxima hielo+viento	T.Viento 1/2 (120km/h)	15°C+V (120km/h)		0°C+H		50°C	
							%	%	°C		T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (da N)	F (m)	T (da N)	F (m)	T (da N)	F (m)
1- 2	LA-56	A	222	7,59	179	1015	15,00	15,00	15	18,34	618	————	————	433	564	6,53	—	——	188	6,08
2- 3			193	10,60												4,94		——		4,60
3- 4			117	1,78												1,81		——		1,69
4- 5			171	2,46												3,87		——		3,60
5- 6			207	19,03												5,70		——		5,30
6- 7			114	0,30												1,72		——		1,60
7- 8			83	-16,26												0,93		——		0,86
8- 9	LA-56	A	133	1,09	192	1039	15,00	15,00	15	17,99	628	————	————	434	577	2,29	—	——	192	2,13
9- 10			216	1,63												6,04		——		5,62
10- 11			213	15,41												5,89		——		5,48
11- 12			212	10,58												5,83		——		5,42
12- 13			119	-2,71												1,83		——		1,70
13- 14			186	-25,49												4,52		——		4,20

TABLA 3.10 TENSIONES DE LOS CONDUCTORES DE FASE

3.4.2 Cálculo tabla de tendido nº 1

Tramo	Conductor	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	Tensiones y Flechas															
						-5°C		0°C			5°C	10°C		15°C		20°C					
						T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)				
1- 2	LA-56	A	221,51	7,59	179,47	300	284	269	4,24	257	4,45	245	4,66	234	4,87						
2- 3			192,51	10,60												2,88	3,04	3,21	3,37	3,53	3,69
3- 4			117,47	1,78												1,06	1,12	1,18	1,24	1,29	1,35
4- 5			171,16	2,46												2,26	2,39	2,51	2,64	2,77	2,89
5- 6			206,52	19,03												3,33	3,51	3,70	3,88	4,07	4,25
6- 7			114,16	0,30												1,00	1,06	1,12	1,17	1,23	1,28
7- 8			83,43	-16,26												0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69
8- 9	LA-56	A	132,78	1,09	191,92	294	280	267	1,53	255	1,60	245	1,67	235	1,74						
9- 10			216,26	1,63												3,68	3,86	4,05	4,23	4,41	4,59
10- 11			213,44	15,41												3,59	3,77	3,95	4,12	4,30	4,48
11- 12			211,59	10,58												3,55	3,73	3,90	4,08	4,26	4,43
12- 13			119,15	-2,71												1,12	1,17	1,23	1,28	1,34	1,39
13- 14			185,79	-25,49												2,75	2,89	3,03	3,17	3,30	3,44

TABLA 3.11 TENSIONES Y FLECHAS DESDE -5°C A 20°C

3.4.3 Cálculo tabla de tendido nº 2

Tramo	Conductor	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	Tensiones y Flechas											
						25°C		30°C			35°C	40°C		45°C		50°C	
						T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-56	A	221,51	7,59	179,47	225	5,08	216	5,29	208	5,49	201	5,69	194	5,88	188	6,08
2- 3			192,51	10,60			3,84		4,00		4,15		4,30		4,45		4,60
3- 4			117,47	1,78			1,41		1,47		1,52		1,58		1,63		1,69
4- 5			171,16	2,46			3,01		3,13		3,25		3,37		3,49		3,60
5- 6			206,52	19,03			4,43		4,61		4,79		4,96		5,13		5,30
6- 7			114,16	0,30			1,34		1,39		1,45		1,50		1,55		1,60
7- 8			83,43	-16,26			0,72		0,75		0,78		0,81		0,84		0,86
8- 9	LA-56	A	132,78	1,09	191,92	227	1,81	219	1,87	211	1,94	204	2,00	198	2,07	192	2,13
9- 10			216,26	1,63			4,77		4,95		5,12		5,29		5,45		5,62
10- 11			213,44	15,41			4,65		4,82		4,99		5,15		5,32		5,48
11- 12			211,59	10,58			4,60		4,77		4,94		5,10		5,26		5,42
12- 13			119,15	-2,71			1,45		1,50		1,55		1,60		1,65		1,70
13- 14			185,79	-25,49			3,57		3,70		3,83		3,96		4,08		4,20

TABLA 3.12 TENSIONES Y FLECHAS DESDE 25°C A 50°C

3.4.4 Cálculo de apoyos

3.4.4.1 Cálculo de apoyos nº1

Esfuerzos por fase.

Hipótesis de Hielo y Hielo+Viento nulas, debido a que todos los apoyos se sitúan en la zona A, despreciando efectos del hielo.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coeficien. de seguridad	Cond.	1ª Hipótesis Viento			2ª Hipótesis						3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones			4ª Hipótesis Rotura de conductores						
								Hielo			Hielo+Viento						Fases no afectadas			Fases afectadas			Esf.tor Appli. daN
					V daN	T daN	L daN	V daN	T daN	L daN	V daN	T daN	L daN	V daN	T daN	L daN	V daN	T daN	L daN	V daN	T daN	L daN	V daN
1	P.Línea	————	N	Fase	16	68	618	———	———	———	———	———	———	———	———	———	16	———	1237	———	———	———	1237
2	Ali-Sus	————	N	Fase	37	122	———	———	———	———	———	———	———	37	———	49	37	———	———	18	———	309	309
3	Ali-Sus	————	N	Fase	38	92	———	———	———	———	———	———	———	38	———	49	38	———	———	19	———	309	309
4	Ali-Sus	————	N	Fase	29	86	———	———	———	———	———	———	———	29	———	49	29	———	———	14	———	309	309
5	Ali-Sus	————	S	Fase	39	135	———	———	———	———	———	———	———	39	———	49	39	———	———	19	———	309	309
6	Ali-Sus	————	S	Fase	65	119	———	———	———	———	———	———	———	65	———	49	65	———	———	33	———	309	309
7	Ali-Sus	————	N	Fase	59	60	———	———	———	———	———	———	———	59	———	49	59	———	———	29	———	309	309
8	Áng-Anc	135	N	Fase	-14	544	———	———	———	———	———	———	———	-14	477	314	-14	477	———	-7	239	581	581
9	Ali-Sus	————	N	Fase	35	103	———	———	———	———	———	———	———	35	———	50	35	———	———	17	———	314	314
10	Ali-Sus	————	N	Fase	29	126	———	———	———	———	———	———	———	29	———	50	29	———	———	15	———	314	314
11	Ali-Sus	————	N	Fase	46	125	———	———	———	———	———	———	———	46	———	50	46	———	———	23	———	314	314
12	Ali-Sus	————	N	Fase	47	98	———	———	———	———	———	———	———	47	———	50	47	———	———	23	———	314	314
13	Ali-Sus	————	N	Fase	53	91	———	———	———	———	———	———	———	53	———	50	53	———	———	26	———	314	314
14	F.Línea	————	N	Fase	-7	58	628	———	———	———	———	———	———	———	———	———	-7	———	1257	———	———	———	1257

TABLA 3.13 ESFUERZOS VERTICALES/TRASVERSALES/LONGITUDINALES DE APOYOS

3.4.4.2 Cálculo de apoyos nº2

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo	Coeficien. de seguridad	Alt. cond. en perfil necesaria m	Altura conductor real m	Desviaci. cadena	Flecha máxima	Separaci. conduct.	Contrape.	Coeficientes L, N, S		
							m	m	daN	Semi suma vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente ángulo S
1	P.Línea	————	N	10,00	Apoyo existente					111,00	0,034	————
2	Ali-Sus	————	N	10,22	10,62	66	6,08	1,87	————	207,50	-0,021	————
3	Ali-Sus	————	N	12,56	14,54	42	4,60	1,67	————	155,00	0,040	————
4	Ali-Sus	————	N	10,84	12,57	56	3,60	1,52	————	144,00	0,001	————
5	Ali-Sus	————	S	9,43	10,41	86	5,30	1,81	36,21	189,00	-0,078	————
6	Ali-Sus	————	S	9,45	10,41	37	5,30	1,81	————	160,50	0,089	————
7	Ali-Sus	————	N	13,05	14,54	15	1,60	1,15	————	98,50	0,199	————
8	Áng-Anc	135	N	9,50	10,53	——	2,13	1,14	————	108,00	-0,204	0,765
9	Ali-Sus	————	N	12,48	14,54	54	5,62	1,81	————	174,50	0,001	————
10	Ali-Sus	————	N	12,64	14,54	77	5,62	1,81	10,00	214,50	-0,065	————
11	Ali-Sus	————	N	9,98	10,62	53	5,48	1,79	————	212,50	0,022	————
12	Ali-Sus	————	N	12,06	12,57	41	5,42	1,78	————	165,50	0,073	————
13	Ali-Sus	————	N	12,45	14,54	28	4,20	1,61	————	152,50	0,114	————
14	F.Línea	————	N	9,00	10,57	——	4,20	1,52	————	93,00	0,137	————

TABLA 3.14 RESULTADOS CÁLCULO DE APOYO

3.4.5 Elección de apoyos

3.4.5.1 Elección de apoyos nº1

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza · del apoyo %	Separ. fases norma · m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo						
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN				
1	P.Línea	—	N	A	10,00	Tres. 1,79	1ª Vien.	Fase	16	68	618	Apoyo existente	1ª Vien.	1,5		Fase							
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5		Fase							
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	—	—	—		3ª Dese. trac.	1,2		Fase							
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	8/16	—	1237		4ª Rotu. cond.	1,2		Fase							
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
2	Ali-Sus	—	N	A	10,22	Tres. 1,87	1ª Vien.	Fase	37	122	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,22	Fase	250	199	—	51,97	2,40	16,00	10,62
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	37	—	49		3ª Dese. trac.	1,2	2,17	Fase	250	—	248	19,04			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	18/37	—	309		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	—	840	36,80			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				

TABLA 3.15 ELECCIÓN DE APOYOS Nº1

3.4.5.2 Elección de apoyos nº2

Esfuerzos por fase.

Apoyo n°	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma · m	Altura de refere. m	Altu ra libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo						
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN				
3	Ali-Sus	—	N	A	12,56	Tres. 1,67	1ª Vien.	Fase	38	92	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,40	Fase	250	199	—	40,17	2,40	20,00	14,5 4
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	38	—	49		3ª Dese. trac.	1,2	2,17	Fase	250	—	248	19,17			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	19/38	—	309		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	—	840	36,80			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
4	Ali-Sus	—	N	A	10,84	Tres. 1,52	1ª Vien.	Fase	29	86	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,45	Fase	250	199	—	36,91	2,40	18,00	12,5 7
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	29	—	49		3ª Dese. trac.	1,2	2,18	Fase	250	—	248	18,53			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	14/29	—	309		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	—	840	36,80			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				

TABLA 3.16 ELECCIÓN DE APOYOS Nº 2

3.4.5.3 Elección de apoyos nº3

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza. del apoyo %	Sepa r. fases nor ma. m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo						
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN				
5	Ali-Sus	—	S	A	9,43	Tres. 1,81	1ª Vien.	Fase	39	135	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,875	2,40	Fase	250	149	—	71,84	2,40	16,00	10,41
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,875	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	39	—	49		3ª Dese. trac.	1,2	2,17	Fase	250	—	248	19,18			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	19/39	—	309		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	—	840	36,80			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
6	Ali-Sus	—	S	A	9,45	Tres. 1,81	1ª Vien.	Fase	65	119	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,875	2,50	Fase	250	149	—	66,42	2,40	16,00	10,41
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,875	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	65	—	49		3ª Dese. trac.	1,2	2,15	Fase	250	—	248	20,97			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	33/65	—	309		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	—	840	36,80			
								Tie.1	—	—	—					Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				

TABLA 3.17 ELECCIÓN DE APOYOS Nº3

3.4.5.4 Elección de apoyos nº4

Esfuerzos por fase.

Apoyo n°	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo								Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma. m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo							
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN					
7	Ali-Sus	—	N	A	13,05	Tres. 1,15	1ª Vien.	Fase	59	60	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,57	Fase	250	199	—	28,93	2,40	20,00	14,54	
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—				
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
							3ª Dese. trac.	Fase	59	—	49		3ª Dese. trac.	1,2	2,15	Fase	250	—	248	20,51				
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
							4ª Rotu. cond.	Fase	29/59	—	309		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	—	840	36,80				
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
8	Áng- Anc	135	N	A	9,50	Tres. 1,14	1ª Vien.	Fase	-14	544	—	Unesa A C-2000	1ª Vien.	1,5	2,00	Fase	250	770	—	66,96	2,40	16,00	10,53	
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—				
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
							3ª Dese. trac.	Fase	-14	477	314		3ª Dese. trac.	1,2	1,31	Fase	250	477	350	91,04				
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						
							4ª Rotu. cond.	Fase	-7/-14	239/477	581		4ª Rotu. cond.	1,2	1,96	Fase	250/250	716/716	1560	36,91				
								Tie.1	—	—	—				Tie.1	—	—	—						
								Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—						

TABLA 3.18 ELECCIÓN DE APOYOS Nº4

3.4.5.5 Elección de apoyos nº5

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma · m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo						
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN				
9	Ali-Sus	—	N	A	12,48	Tres. 1,81	1ª Vien.	Fase	35	103	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,34	Fase	250	199	—	44,30	2,40	20,00	14,54
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	35	—	50		3ª Dese. trac.	1,2	2,17	Fase	250	—	248	19,18			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	17/35	—	314		4ª Rotu. cond.	1,2	1,95	Fase	250/250	—	840	37,41			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
10	Ali-Sus	—	N	A	12,64	Tres. 1,81	1ª Vien.	Fase	29	126	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,21	Fase	250	199	—	52,97	2,40	20,00	14,54
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	29	—	50		3ª Dese. trac.	1,2	2,17	Fase	250	—	248	18,82			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	15/29	—	314		4ª Rotu. cond.	1,2	1,95	Fase	250/250	—	840	37,41			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				

TABLA 3.19 ELECCIÓN DE APOYOS Nº5

3.4.5.6 Elección de apoyos nº6

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma · m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo						
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN				
11	Ali-Sus	—	N	A	9,98	Tres. 1,79	1ª Vien.	Fase	46	125	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,19	Fase	250	199	—	53,85	2,40	16,00	10,62
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	46	—	50		3ª Dese. trac.	1,2	2,16	Fase	250	—	248	19,94			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	23/46	—	314		4ª Rotu. cond.	1,2	1,95	Fase	250/250	—	840	37,41			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
12	Ali-Sus	—	N	A	12,06	Tres. 1,78	1ª Vien.	Fase	47	98	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,35	Fase	250	199	—	43,25	2,40	18,00	12,57
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	47	—	50		3ª Dese. trac.	1,2	2,16	Fase	250	—	248	20,01			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	23/47	—	314		4ª Rotu. cond.	1,2	1,95	Fase	250/250	—	840	37,41			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				

TABLA 3.20 ELECCIÓN DE APOYOS Nº6

3.4.5.7 Elección de apoyos nº7

Esfuerzos por fase.

Apoyo n°	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza · del apoyo %	Separ. fases norma. m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Esfuerzo				Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo						
									Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN						Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN				
13	Ali-Sus	—	N	A	12,45	Tres. 1,61	1ª Vien.	Fase	53	91	—	Unesa A C-500	1ª Vien.	1,5	2,39	Fase	250	199	—	40,75	2,40	20,00	14,54
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	53	—	50		3ª Dese. trac.	1,2	2,16	Fase	250	—	248	20,39			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	26/53	—	314		4ª Rotu. cond.	1,2	1,95	Fase	250/250	—	840	37,41			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
14	F.Línea	—	N	A	9,00	Tres. 1,52	1ª Vien.	Fase	-7	58	628	Unesa A C-2000	1ª Vien.	1,5	1,73	Fase	250	115	655	84,49	2,40	16,00	10,57
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							2ª Hielo	Fase	—	—	—		2ª Hielo	1,5	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							3ª Dese. trac.	Fase	—	—	—		3ª Dese. trac.	1,2	—	Fase	—	—	—	—			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				
							4ª Rotu. cond.	Fase	-4/-7	—	1257		4ª Rotu. cond.	1,2	1,47	Fase	250/250	—	1620	77,59			
								Tie.1	—	—	—				—	Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—				—	Tie.2	—	—	—				

TABLA 3.21 ELECCIÓN DE APOYOS Nº7

3.4.6 Cálculo cadenas de aisladores

Apoyo n°	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo cm/kV	Calculado cm/kV	C. rotura daN	Pesos daN	T. máxima daN	C. normal.	C. anorma.
1	P.Línea	LA56-20kV-ANC-SIM-POL	1,80	3,03	4000	16	618	244,20	6,47
2	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	37	309	68,31	8,09
3	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	38	309	64,96	8,09
4	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	29	309	86,26	8,09
5	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-DOB-POL	1,80	3,03	2500	39	309	64,72	8,09
6	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-DOB-POL	1,80	3,03	2500	65	309	38,24	8,09
7	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	59	309	42,72	8,09
8	Áng-Anc	LA56-20kV-ANC-SIM-POL	1,80	3,03	4000	1	581	4000	6,89
9	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	35	314	72,26	7,96
10	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	29	314	85,53	7,96
11	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	46	314	54,47	7,96
12	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	47	314	53,21	7,96
13	Ali-Sus	LA56-20kV-SUS-SIM-POL	1,80	3,03	2500	53	314	47,44	7,96
14	F.Línea	LA56-20kV-ANC-SIM-POL	1,80	3,03	4000	1	628	4000	6,36

TABLA 3.22 CÁLCULO DE CADENA DE AISLADORES

3.4.7 Cálculo de cimentaciones

Apoyo n°	Tipo	Características de los apoyos			Viento sobre apoyos		Momentos de vuelco				Compr. (daN/m²)	Cimentación				
		Esfuerzo útil daN	Altura sobre terreno				Conduct or (daNm)	Viento sobre apoyos daNm	Total (daNm)	Total absorbido cimentación daNm		Lado A (m)	Lado B (m)	Alto (m)	Volúmenes	
			Cogolla(m)	Resu.conduc. (m)	Esfuerzo(daN)	Altura(m)									Excavacm³	Hormigónm³
1	P.Línea				Apoyo existente											
2	Ali-Sus	598	14,22	11,82	340	8,19	7774	2783	10557	10757	8	1,20	1,20	1,78	2,56	2,85
3	Ali-Sus	598	18,14	15,74	435	10,24	10148	4456	14605	14718	8	1,35	1,35	1,86	3,39	3,75
4	Ali-Sus	598	16,17	13,77	374	9,22	8959	3448	12407	12518	8	1,25	1,25	1,83	2,86	3,17
5	Ali-Sus	448	14,34	11,61	340	8,11	5691	2756	8447	8472	8	1,20	1,20	1,66	2,39	2,68
6	Ali-Sus	448	14,34	11,61	340	8,11	5691	2756	8447	8472	8	1,20	1,20	1,66	2,39	2,68
7	Ali-Sus	598	18,14	15,74	435	10,24	10148	4456	14605	14718	8	1,35	1,35	1,86	3,39	3,75
8	Áng-Anc	2482	13,53	11,73	445	8,65	33196	3851	37047	37252	8	1,25	1,25	2,47	3,86	4,17
9	Ali-Sus	598	18,14	15,74	435	10,24	10148	4456	14605	14718	8	1,35	1,35	1,86	3,39	3,75
10	Ali-Sus	598	18,14	15,74	435	10,24	10148	4456	14605	14718	8	1,35	1,35	1,86	3,39	3,75
11	Ali-Sus	598	14,22	11,82	340	8,19	7774	2783	10557	10757	8	1,20	1,20	1,78	2,56	2,85
12	Ali-Sus	598	16,17	13,77	374	9,22	8959	3448	12407	12518	8	1,25	1,25	1,83	2,86	3,17
13	Ali-Sus	598	18,14	15,74	435	10,24	10148	4456	14605	14718	8	1,35	1,35	1,86	3,39	3,75
14	F.Línea	2309	13,57	11,77	445	8,62	30918	3839	34757	35033	8	1,25	1,25	2,43	3,80	4,11

TABLA 3.23 CÁLCULO DE CIMENTACIONES

3.4.8 Anexo mediciones de cálculo

Numero		Medida	
1	Excavación para cimentación de apoyos	m³	40,23
2	Hormigonado para cimentación de apoyos	m³	44,46
3	Longitud total de la línea	m	2194,85
4	Tipo de conductor		LA-56
5	Longitud de conductor	m	6584,54
6	Peso total del conductor	kg	1244,48
7	Cadenas de amarre de vidrio		0
8	Cadenas de amarre poliméricas		9
9	Cadenas de suspensión de vidrio		0
10	Cadenas de suspensión poliméricas		39
11	Toma de tierra con picas		13
12	Toma de tierra en anillo		0
13	Peso de los apoyos	kg	6710,00
14	Nº de tramos		2
15	Nº vanos de regulación		2
16	Tipo de apoyos (Andel)		Unesa A
17	Nº de apoyos a instalar		13
18	Zona de tendido A	m	2194,85
19	Zona de tendido B	m	0,00
20	Zona de tendido C	m	0,00

TABLA 3.24 MEDICIONES GENERALES

3.4.9 Anexo de cálculos eléctricos

Intensidad máxima							Caída de tensión						Potencias máximas		Pérdidas de potencia	
Densidad máxima corriente A/mm²	Sección conduct. mm²	Intensid. A	Frecuenc. de la red Hz	Distancia media geométr. mm	Diámetro del conduct. mm	Reactanc. Ohm/km	Resisten. eléctrica conduct. Ohm/km	Tensión de la línea kV	Intensid. de la Línea A	Longitud de la línea km	Factor de potencia	Caída de tensión máxima (V)	Por intensid. máxima MW	Por c.tensi ^o n (5%) MW	Valor kW	Porcenta. %
3,651	54,60	199,34	50	2643	9,449	0,413	0,614	20,00	7,2	2,186	0,800	558,7	5,5	9,9	0,21	0,10

TABLA 3.25 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

3.4.10 Apoyos y crucetas normalizadas ANDEL S.A

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003,

Apoyo nº	Apoyo elegido				Armado y cruceta elegida						
	Referencia del apoyo según catálogo del fabricante	Altura normaliz. m	Recrecido cabeza daN	Altura total daN	Armado base	Longitud crucetas m	Referenc. armado	Separación crucetas m	Separación conductores m	Referencia cruceta	Cruceta tipo
Apoyo existente.											
2	Unesa A C-500	16,00	—	16,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
3	Unesa A C-500	20,00	—	20,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
4	Unesa A C-500	18,00	—	18,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
5	Unesa A C-500	16,00	—	16,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
6	Unesa A C-500	16,00	—	16,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
7	Unesa A C-500	20,00	—	20,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
8	Unesa A C-2000	16,00	—	16,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
9	Unesa A C-500	20,00	—	20,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
10	Unesa A C-500	20,00	—	20,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
11	Unesa A C-500	16,00	—	16,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
12	Unesa A C-500	18,00	—	18,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
13	Unesa A C-500	20,00	—	20,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12
14	Unesa A C-2000	16,00	—	16,00	Tresbolillo	1,25	TB-12	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12

TABLA 3.26 CARACTERÍSTICAS GENERALES APOYOS Y CRUCETAS

3.4.11 Relación de apoyos y armados para presupuesto

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003,

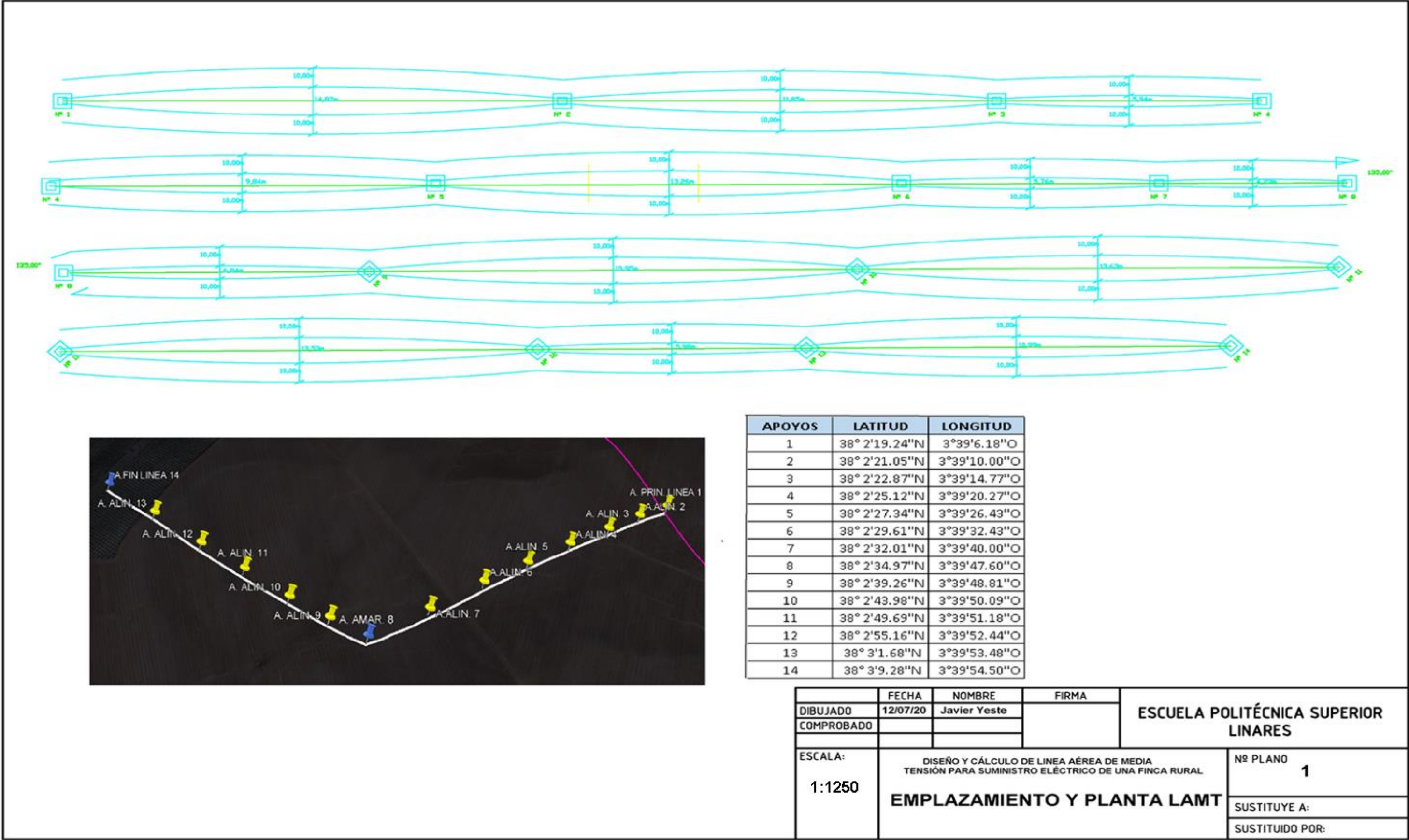
Cantidad	Apoyo elegido			
	Referencia del apoyo según catálogo del fabricante	Altura normaliz. m	Recrecido cabeza daN	Altura total daN
2	Unesa A C-2000	16,00	—	16,00
4	Unesa A C-500	16,00	—	16,00
2	Unesa A C-500	18,00	—	18,00
5	Unesa A C-500	20,00	—	20,00

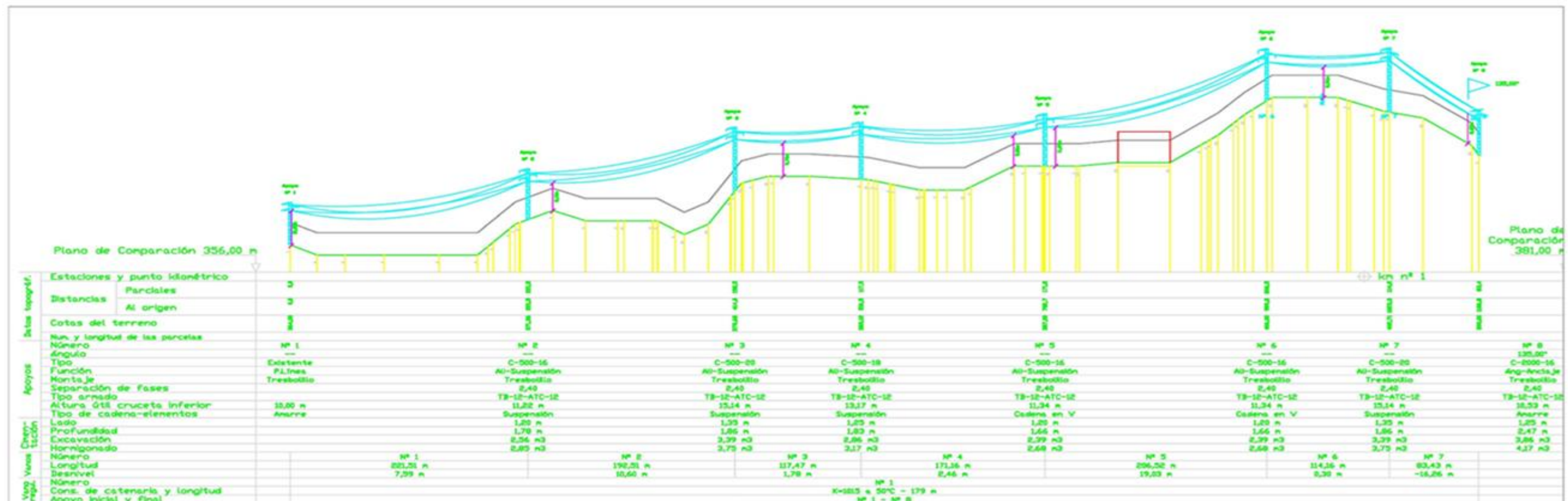
TABLA 3.27 CARACTERÍSTICAS GENERALES APOYOS TABLA

Cantidad	Armado y cruceta elegida						
	Armado base	Referenc. armado	Longitud d crucetas m	Separación crucetas m	Separación conductores m	Referencia cruceta	Cruceta tipo
14	Tresbolillo	TB-12	1,25	1,20	2,40	TB45-S12	ATC-12

3.28 CARACTERÍSTICAS GENERALES ARMADOS

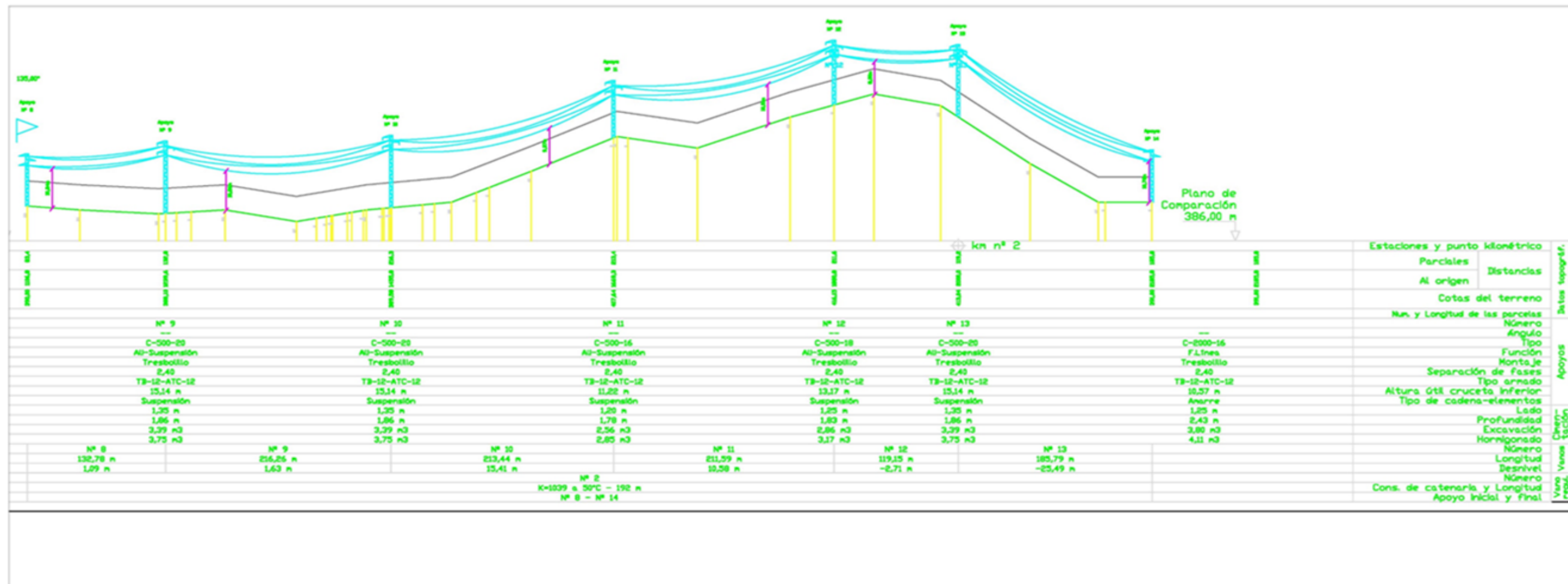
4 PLANOS



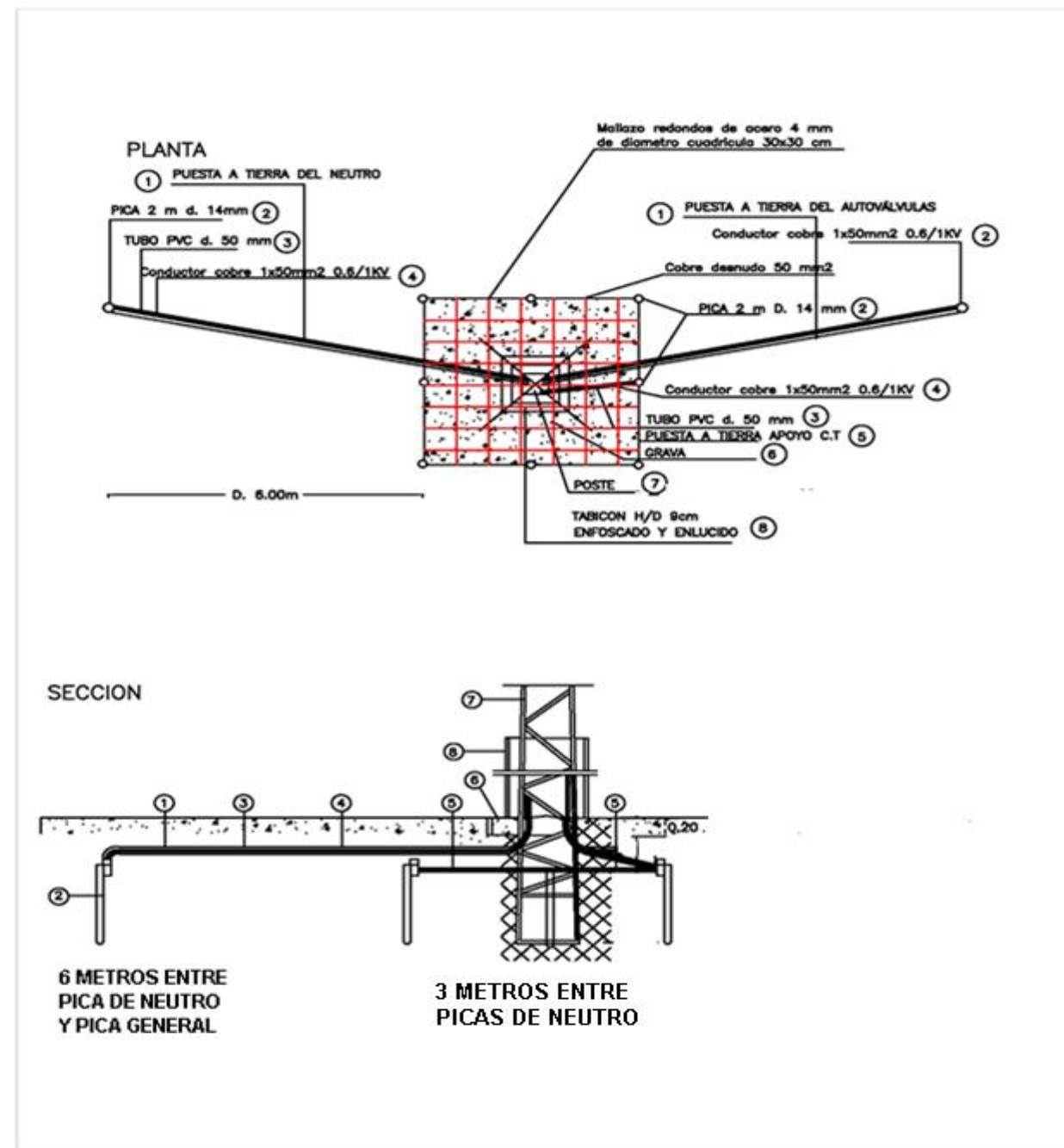
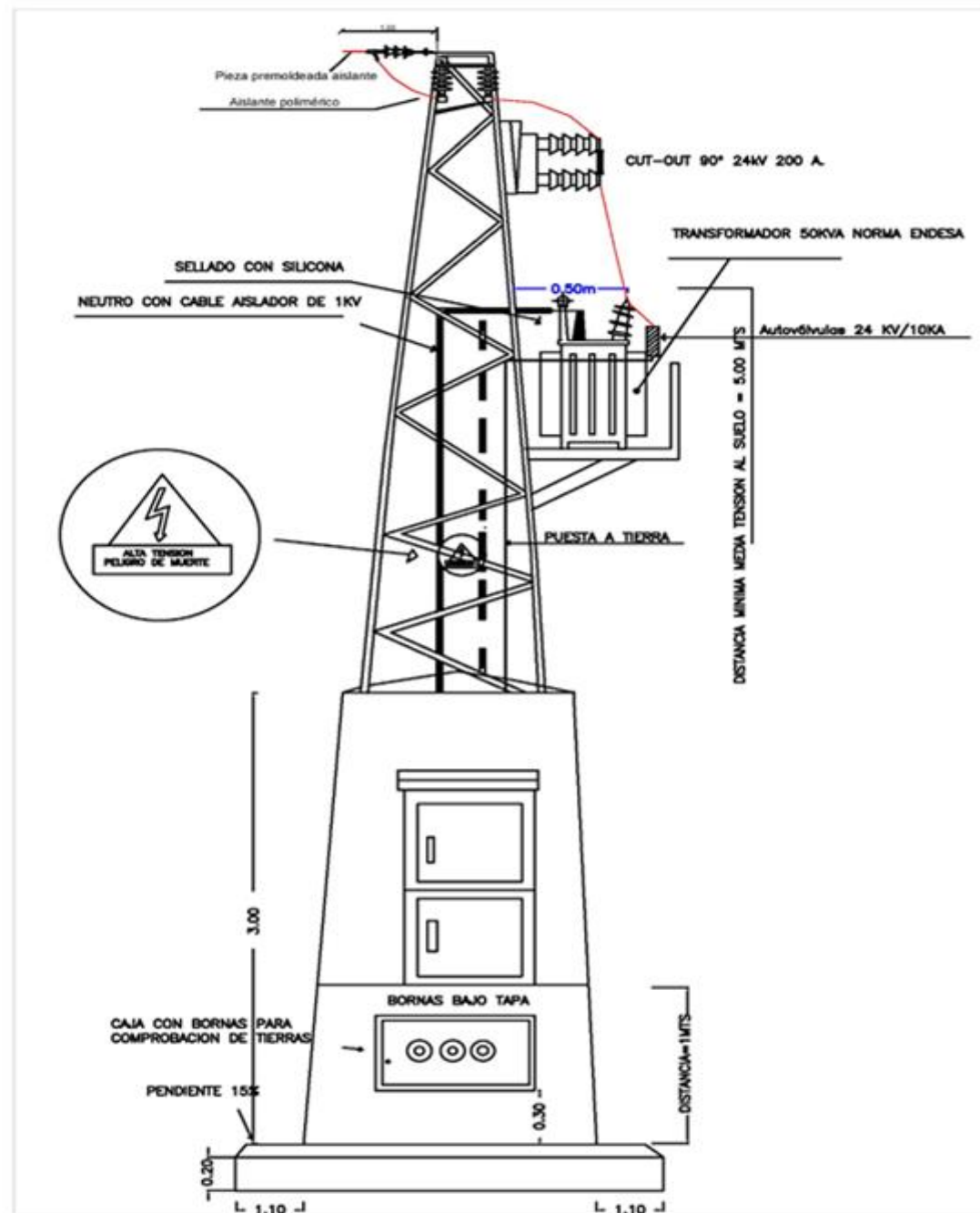


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	12/07/20	Javier Yeste		
COMPROBADO				
ESCALA:	DISEÑO Y CÁLCULO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL. PERFIL LAMT (1/2)			Nº PLANO 2
H=1:2000 V=1:500				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

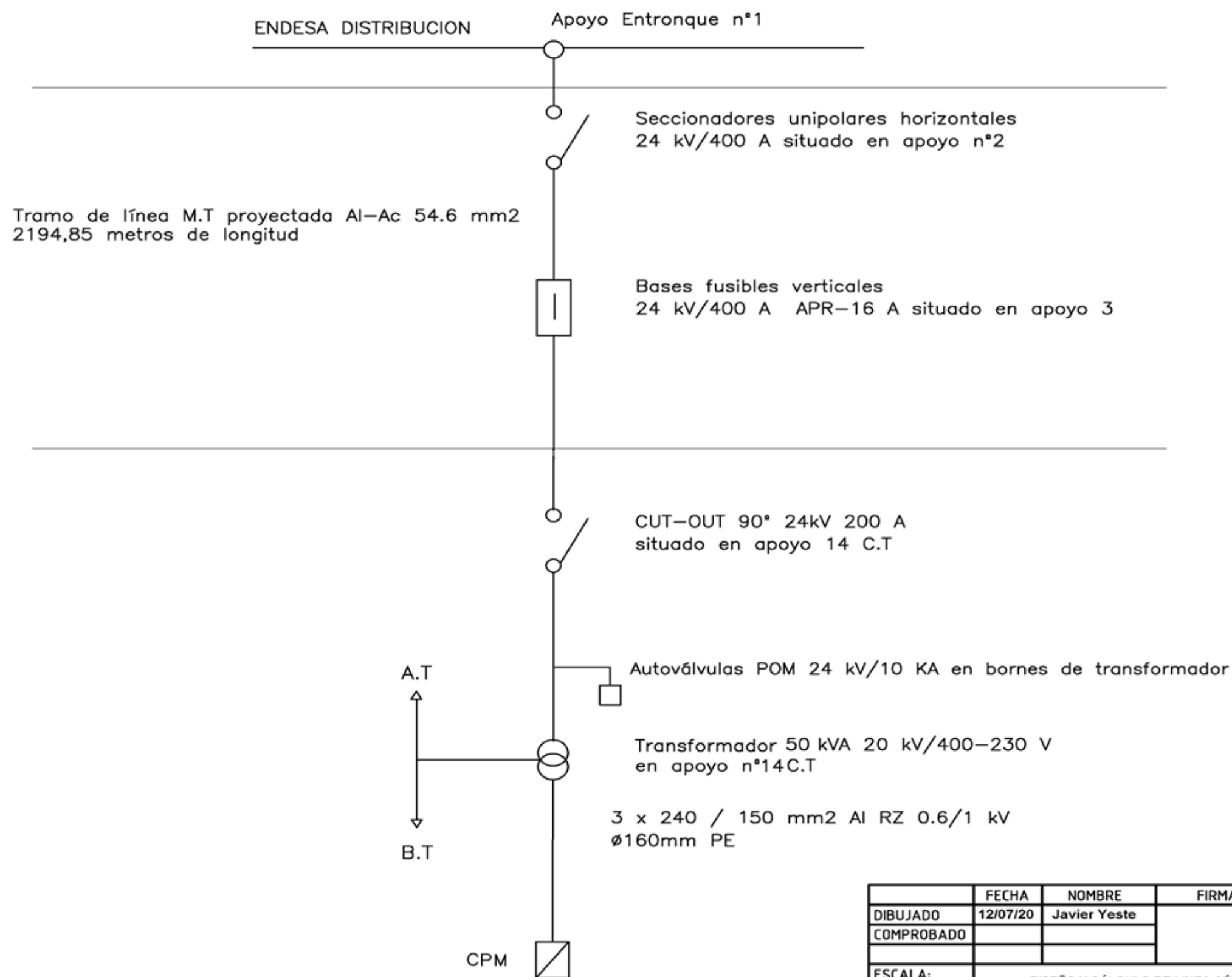
PERFIL LAMT (1/2)



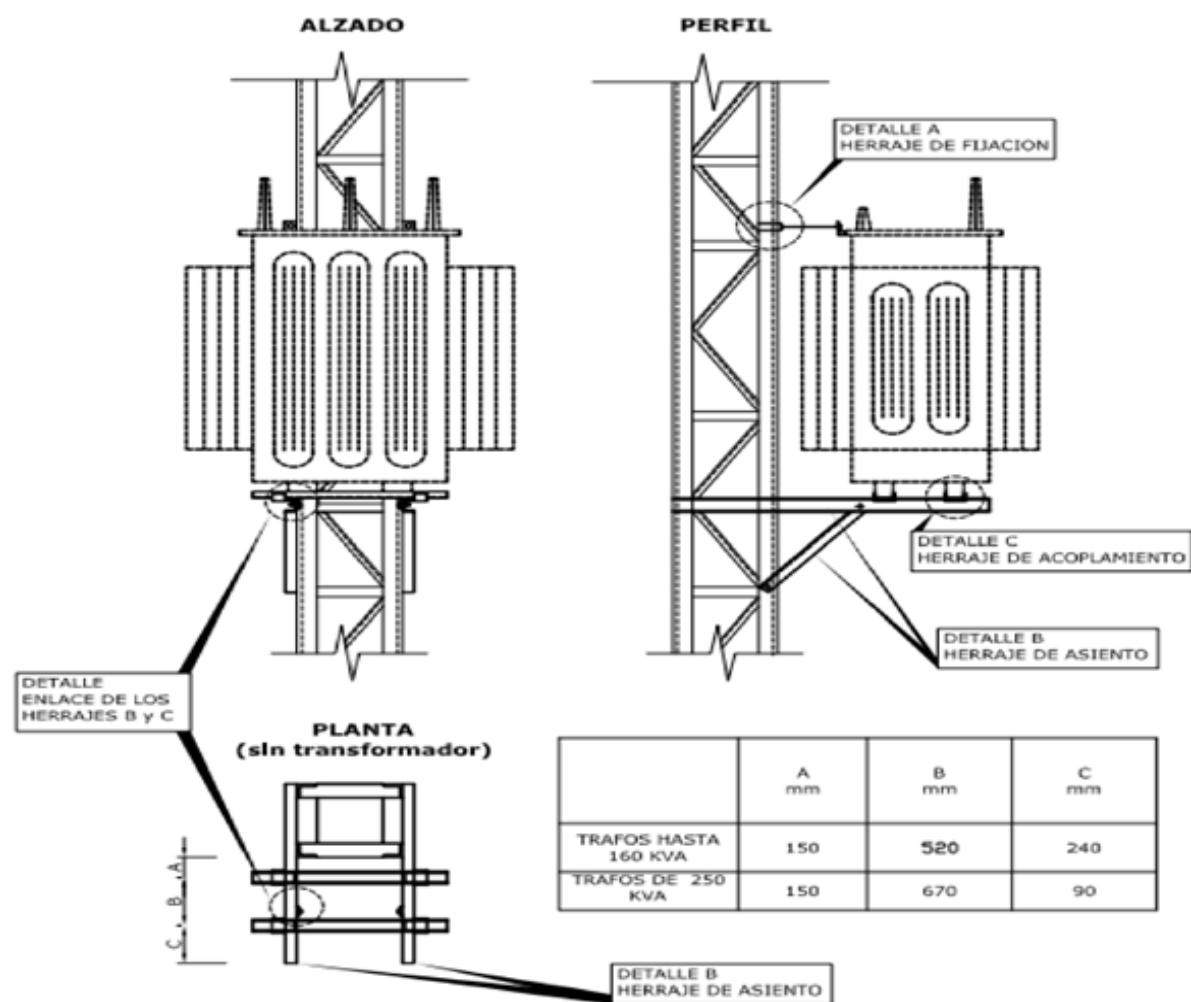
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	12/07/20	Javier Yeste		
COMPROBADO				
ESCALA:	DISEÑO Y CÁLCULO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL.			Nº PLANO
H=1:2000 V=1:500	PERFIL LAMT (2/2)			3
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



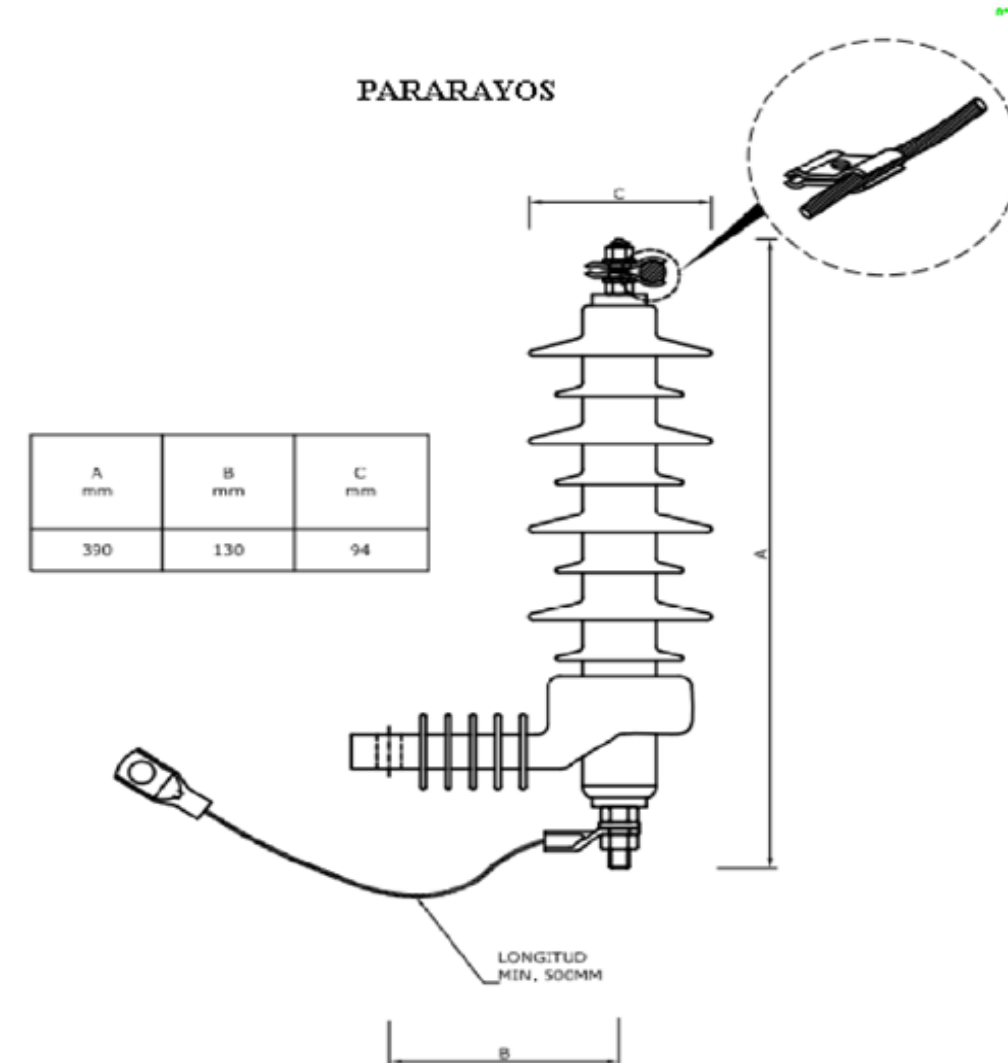
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	12/07/20	Javier Yeste		
COMPROBADO				
ESCALA:	DISEÑO Y CÁLCULO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSION PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL.			Nº PLANO
1:100	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PUESTA A TIERRA CT			4
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



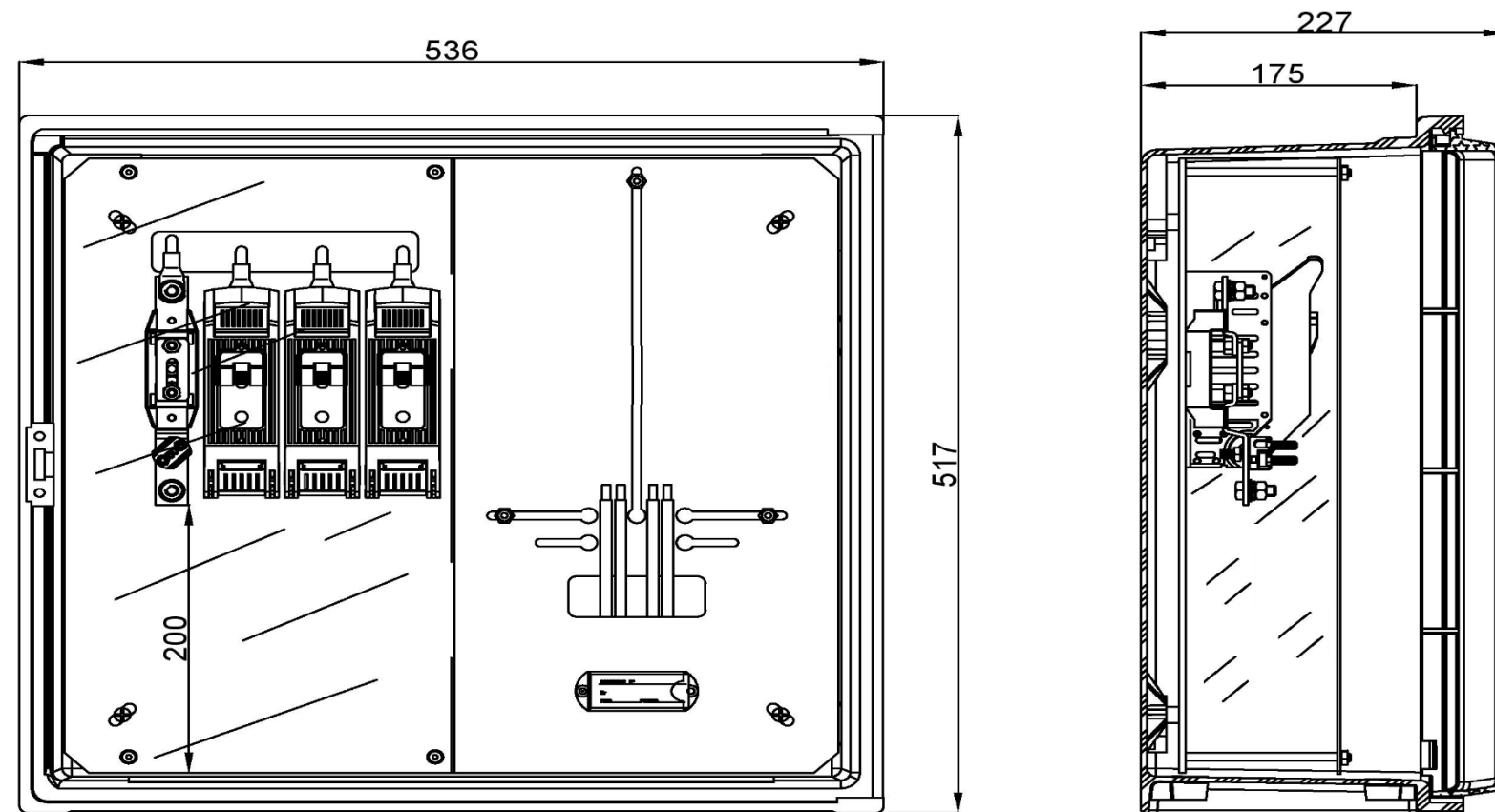
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	12/07/20	Javier Yeste		
COMPROBADO				
ESCALA:	DISEÑO Y CÁLCULO DE LINEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL			Nº PLANO 5
	ESQUEMA UNIFILAR			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



HERRAJES FIJACIÓN CT INTEMPERIE



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	12/07/20	Javier Yeste		
COMPROBADO				
ESCALA:	DISEÑO Y CÁLCULO DE LINEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL			Nº PLANO 6
	HERRAJES FIJACIÓN CT AUTOVÁLVULAS POM 24KV/10KA			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



REFERENCIA ENDESA : 6706522

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	12/07/2020	JAVIER YESTE		
COMPROBADO				
ESCALA:	DISEÑO Y CÁLCULO DE LINEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN PARA SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FINCA RURAL			Nº PLANO 7
1:45				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

CPM-MF4

5 PLIEGO DE CONDICIONES

5.1 Condiciones generales

Este documento tiene como objeto el establecimiento de los requisitos y acciones que debe cumplir nuestra LAMT a la hora de su ejecución para garantizar la:



FIGURA 5.1 REQUISITOS DE OBLIGATORIEDAD DE CUMPLIMIENTO

5.2 Condiciones técnicas de ejecución de obra y montaje

En el desarrollo de nuestra LAMT, se deberá supervisar que se está realizando acorde a nuestra memoria, esta supervisión puede ser realizada directamente por el personal de ENDESA o por una Ingeniería designada. La secuencia que se seguirá para el ensamble de nuestro proyecto será:

1. Transporte y almacenaje a pie de obra.
2. Verificación de los apoyos.
3. Explanación y excavación.
4. Instalación de puestas a tierra de los apoyos.
5. Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos.
6. Instalación de los apoyos.
7. Tensado e instalación de los conductores desnudos.
8. Instalación de elementos auxiliares

5.3 Transporte y almacenaje a pie de obra

En el transporte de los apoyos se realizarán de forma fraccionada con camiones abatibles por los lados para facilitar la descarga de los apoyos una vez en obra. Los apoyos estarán apilados en tacos de madera garantizando una perfecta separación entre ellos, evitando así que sufran posibles deformaciones o golpes que puedan deteriorarlos. Una vez en obra se procederá al montaje por completo de los apoyos.

5.4 Verificación de los apoyos

Esta verificación se realizará a partir de los planos de nuestra LAMT presentes en este proyecto. Determinando así los diferentes apoyos, así como su ubicación. Para la señalización de los emplazamientos de los ejes de las cimentaciones donde irán colocados los apoyos se realizará con la colocación de estacas en la siguiente disposición:

-3 estacas para todos los apoyos que se encuentran en alineación, estando alineados en la dirección de la alineación de nuestra LAMT, siendo la estaca central el punto donde irá colocado el eje vertical de nuestro apoyo.

-5 estacas para los apoyos en ángulo, formando una cruz más las bisectrices del ángulo que forma la línea (en nuestro caso $90+45^\circ$), la intersección central de nuestra cruz determina la proyección vertical de nuestro apoyo.

5.5 Explanación y excavación.

El proceso de excavación y explanación del terreno se realizará con objeto de nivelación de la zona donde se realizará la cimentación de los apoyos, cuidando el marcado de las estacas impuestas en la fase de verificación de los apoyos. Se tendrán presentes las siguientes instrucciones:

- -Para la explanación del terreno se tendrá que en las zonas donde el terreno presente grandes pendientes se realizará una explanación del terreno correspondiente a la estaca central.

- -Debemos evitar que las explanaciones definitivas presenten una pendiente inadecuada ya que esto podría generar que el agua se estanque en zonas próximas de la cimentación.
- Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán en lo máximo posible a los datos de la memoria que justifica los metros cúbicos que tiene que tener cada cimentación.
- La excavación y el hormigonado tiene que realizarse de forma casi simultánea para evitar que por causas meteorológicas se produzca el derrumbamiento de las excavaciones o la acumulación de agua dentro de este.
- El terreno sobrante debido a las extracciones se extenderá a lo largo de la superficie del terreno natural y en el caso de que esto no sea posible se trasladará a un vertedero autorizado.

Una vez realizado el proceso de excavación y explanación del terreno se procederá a introducir nuestros apoyos fijándolos con anclajes al suelo.

5.6 Instalación de puestas a tierra de los apoyos

En nuestro caso, como todos nuestros apoyos son considerados como no frecuentados, se clavarán un electrodo de puesta a tierra definidos en los cálculos justificativos de nuestro proyecto.

Estas picas se clavarán en una zona próxima a la excavación del apoyo, disponiéndose en posición vertical con el fin de que llegue a la zona donde presenta el terreno mayor humedad y se unirán a través de un conductor del diámetro adecuado al apoyo,

Una vez finalizada la instalación de puesta a tierra se facilitará un documento acreditativo con las resistencias de puesta a tierra de cada apoyo y el organismo que revise nuestra instalación (ENDESA o una ingeniería autorizada) debe verificar.

5.7 Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos

Se incluye el hormigonado de los macizos monobloque de todos los apoyos, así como el transporte de los materiales necesarios para la realización del hormigonado. El tiempo que debe transcurrir entre la excavación y el hormigonado no puede exceder más de 10 días naturales para evitar que las paredes de los hoyos se derrumben.

5.7.1 Hormigón

Se utilizará hormigón estructural prefabricado en plantas especializadas de hormigón de una resistencia característica mínima de 20 N/mm² (HM-20).

5.7.2 Proceso de hormigonado en obra.

Antes de iniciar el proceso de hormigonado se debe verificar la limpieza de la excavación y en el caso de que hubiese acumulaciones de agua, eliminarlas y verificar que los apoyos están en su correcta posición. El hormigón se verterá siempre y cuando la temperatura ambiente oscile entre 0°C y 40°C para garantizar un correcto fraguado del hormigón, este será vertido por capas y posteriormente será vibrado evitando desplazamientos del apoyo realizando comprobaciones periódicas de la base del apoyo y a los anclajes de fijación.

Una vez pasada 24 horas de fermentación del hormigón, se finalizará el hormigonado con una peana en forma de tronco de pirámide de 5 cm de altura.

5.8 Instalación de los apoyos

Respecto al transporte se seguirá las pautas expuestas en el apartado 5.3 del Pliego de condiciones, evitando que estén en planta excesivo tiempo sin ser instalados.

La tornillería se irá fijando en la medida que se vayan necesitando y se limpiarán escrupulosamente antes de utilizarlos. El apriete de la tornillería debe ser lo suficiente para garantizar una correcta unión entre las partes que se están fijando.

Una vez verificada el correcto montaje de la tornillería, se procederá a un apriete final con una llave dinamométrica y realizar un graneteado del conjunto de la tornillería y para evitar posibles oxidaciones se debe aplicar una capa de pintura de galvanizado en frío.

5.9 Tensado e instalación de los conductores desnudos

No se podrá realizar el tensado e instalación de los conductores desnudos hasta no transcurrir un tiempo mínimo de 7 días desde el hormigonado de los apoyos. Marcándose como fecha optima 28 días.

Previamente a la instalación de los conductores se deberá realizar un chequeo de que todos los apoyos cumplen con las condiciones que recogen en nuestra memoria.

El proceso de colocación de los conductores desnudos se realizará a partir de una máquina de tiro y una máquina de frenado.

La maquinaria de tiro estará accionada por un motor autónomo que dispondrá de rebobinadora para los cables piloto y la máquina de frenado para permitir el enrollamiento en espiral del conductor.

En el proceso de tendido será necesario la utilización de dispositivos de medición de los esfuerzos ocasionados por los conductores en los extremos de la máquina de tiro y freno. En todo momento tiene que comprobarse que el conductor se desliza suavemente sin obstrucciones que puedan deteriorar nuestro conductor LA-56. Tras la operación de tendido del conductor se procede al tensado de este, para conseguir las regulaciones de flecha calculadas previamente en esta memoria para cada apoyo.

Esta operación de tensado se realizará con un cabrestante u otro tipo de maquinaria que pueda resultar adecuada para el tensado, colocándolo a una distancia horizontal mínima del apoyo que se quiere realizar su tensado y a una altura igual a dos veces la altura nominal del conductor, formando así un ángulo superior a 150° entre la entrada y salida del conductor, evitando que se produzcan deterioros o roturas por el tense.

Una vez se haya fijado y se haya producido el asentamiento de los conductores se procede a la regulación de las flechas máximas para la temperatura que hay en el proceso de tense. Tras verificar que las flechas son las indicadas en nuestra memoria, procedemos a engrapar los conductores.

5.10 Instalación de cadenas de aisladores

En el anexo de cálculos mecánicos de esta memoria 1.3.6, se identifica los tipos de cadena de aisladores para cada apoyo, la colocación y elevación de estos se realizarán de forma que no sufran colisiones entre ellas o contra otra superficie dura que pueda ocasionar esfuerzos de flexión entre los vástagos que unen entre sí la cadena de aisladores, provocando la rotura o el doblado permanente de los mismos.

5.11 Instalación de elementos auxiliares

En todos los apoyos de nuestra LAMT, se instalarán placas normalizadas de “Riesgo eléctrico” y estos estarán equipados de una placa identificativa con el número de apoyo.



FIGURA 6.2 PLACA RIESGO ELÉCTRICO INSTALADA EN LOS APOYOS

6 PRESUPUESTO

CAP 1: LINEA AÉREA MEDIA TENSION Y CT INTEMPERIE DE 50KVA

1.01 →M3 DE EXCAVACIÓN REALIZADOS CON MEDIOS MECANICOS, INCLUIDO EXTRACCIÓN DE BORDES Y PERFILADO DE FONDOS MÁS LATERALES.

CODIGO	RESUMEN	UNIDADES	LONGITUD (M)	ANCHURA (M)	ALTURA (M)	VOLUMEN (M3)	PRECIO (€/M3)	IMPORTE
1.01	APOYO 1			Existente				
	APOYO 2	1	1,2	1,2	1,78	2,56		
	APOYO 3	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 4	1	1,25	1,25	1,83	2,86		
	APOYO 5	1	1,2	1,2	1,66	2,39		
	APOYO 6	1	1,2	1,2	1,66	2,39		
	APOYO 7	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 8	1	1,25	1,25	2,47	3,86		
	APOYO 9	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 10	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 11	1	1,2	1,2	1,78	2,56		
	APOYO 12	1	1,25	1,25	1,83	2,86		
	APOYO 13	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 14	1	1,25	1,25	2,43	3,80		
						40,23	5,32 €	214,03 €

1.02→M3 DE HORMIGÓN H EN ZAPATAS, INCLUIDO TRANSPORTE SEGÚN LAS INSTRUCCIONES EHE 08 HM-20

CODIGO	RESUMEN	UNIDADES	LONGITUD (M)	ANCHURA (M)	ALTURA (M)	VOLUMEN (M3)	PRECIO (€/M3)	IMPORTE
1.02	APOYO 1			Existente				
	APOYO 2	1	1,2	1,2	1,78	2,56		
	APOYO 3	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 4	1	1,25	1,25	1,83	2,86		
	APOYO 5	1	1,2	1,2	1,66	2,39		
	APOYO 6	1	1,2	1,2	1,66	2,39		
	APOYO 7	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 8	1	1,25	1,25	2,47	3,86		
	APOYO 9	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 10	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 11	1	1,2	1,2	1,78	2,56		
	APOYO 12	1	1,25	1,25	1,83	2,86		
	APOYO 13	1	1,35	1,35	1,86	3,39		
	APOYO 14	1	1,25	1,25	2,43	3,80		
						40,23	55,46 €	2.231,16 €

1.03→UNIDADES DE APOYO TIPO UNESA SEGÚN ESFUERZO EN PUNTA Y ALTURA.

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>TIPO</i>	<i>ALTURA (M)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.03	APOYO 1			Existente		
	APOYO 2	1	Unesa A C-500	16	620 €	620 €
	APOYO 3	1	Unesa A C-500	20	721 €	721 €
	APOYO 4	1	Unesa A C-500	18	675 €	675 €
	APOYO 5	1	Unesa A C-500	16	620 €	620 €
	APOYO 6	1	Unesa A C-500	16	620 €	620 €
	APOYO 7	1	Unesa A C-500	20	721 €	721 €
	APOYO 8	1	Unesa A C-2000	16	1.340 €	1.340 €
	APOYO 9	1	Unesa A C-500	20	721 €	721 €
	APOYO 10	1	Unesa A C-500	20	721 €	721 €
	APOYO 11	1	Unesa A C-500	16	620 €	620 €
	APOYO 12	1	Unesa A C-500	18	675 €	675 €
	APOYO 13	1	Unesa A C-500	20	721 €	721 €
	APOYO 14	1	Unesa A C-2000	16	1.340 €	1.340 €
						10.115 €

1.04→METROS DE CONDUCTOR 47AL/1/8 ST1A (LA 56) DE 54,6 MM2 DE SECCIÓN

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>LONGITUD (M)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.04	LA 56	3	2194,84	0,19 €	
					1.251,06 €

1.05→TENDIDO, TENSADO Y EMPRESILLADO DEL CONDUCTOR LA-56 EN MONTAJE EN CIRCUITO SENCILLO

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>LONGITUD (M)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.05	LA 56	3	2194,84	0,32 €	
					2.107,04 €

1.06→PLACAS DE PELIGRO DE RIESGO ELECTRICO

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.06	PLACAS DE PELIGRO DE RIESGO ELECTRICO	14	5 €	
				120 €

1.07→SECCIONADOR UNIPOLAR DE 20KV Y 400 A CON ICC 10KA, INCLUIDO COLOCACIÓN, APOYO 2 Y BASE FUSIBLE APR 16 DE 24KV 400 A EN APOYO 3

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.07	SECCIONADOR UNIPOLAR. 24KV 400A	3	140,37 €	
	BASE FUSIBLES APR 16 24KV 400 A	3	164,32 €	
				304,69€

1.08→CIRCUITO FUSIBLES CUT OUT 24KV 200 A A PARTIR DE NORMA ENDESA AND007, INSTALADA Y PROBADA EN APOYO 14 CT

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.08	CUT OUT 24 KV	3	150,00 €	
				900,00 €

1.09→PUSTAS A TIERRA CON CODUCTOR DE 50MM2 Y PICAS DE ACERO COBRIZADO DE 14 MM DE DIAMETRO Y 2 METROS DE LONGITUD, INCLUIDO INSTALACIÓN.

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.09	PUSTA A TIERRA DE LOS APOYOS	13	194,69	
				2.530,97 €

1.10→AUTOVÁLVULAS TIPOPOM 24/10, DE 24KV DE TENSIÓN MAXIMA DE SERVICIO Y 10 KA DE INTENSIDAD DE DESCARGA.

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.10	AUTOVÁLVULAS POM 24/10	3	126,46	
				379,38 €

1.11→ TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 50KVA REDUCTOR DE 24KV/400-230V, CON NEUTRO ACCESIBLE DESDE EL SECUNDARIO, REFRIGERACIÓN POR BAÑO DE ACEITE MINERAL

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNID)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.11	TRANSFORMADOR 50KVA	1	2649 €	
				2.649 €

1.12→ CONEXIÓN DE BT ENTRE EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y CGP DE LA FACHA DE LA FINCA DE ALUMINIO 0,6/1KV CON AISLAMIENTO DE POLIETILENO RETICULADO UNIPOLARES DE SECCIÓN DE 150MM2

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (METROS)</i>	<i>PRECIO (€/METRO)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.12	INTERCONEXIÓN LABT Y LSBT	365	1,24 €	
				452,6 €

1.13→ CPM HOMOLOGADA POR ENDESA FORMADO POR CGP DE 250/APR 250A INSTALADO EN PUERTA NICHOS HOMOLOGADO POR ENDESA SITUADO EN INTEMPERIE BAJO POSTE.

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNI)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.13	CPM + 2 CGP 250/APR	1	2.464 €	
				2.464 €

1.14→ CADENAS POLIMERICAS FORMADAS POR HORQUILLA BOLA HB-11, ANILLA BOLA AB-11, AISLADOR POLIMERICO CS 70 AB 125/445, GRAPA DE SUSPENSIÓN GA-1 Y RÓTULA CORTA R-11.

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>CANTIDAD (UNI)</i>	<i>PRECIO (€/UNID)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.14	CADENA POLIMÉRICA DE SUSPENSIÓN	9	74 €	666 €
	CADENA POLIMÉRICA DE AMARRE	39	37 €	1.443 €
				2.109 €

1.15→ EXCAVACIÓN ZANJA PARA LSBT DE CONEXIÓN DE CPM Y CGP. HORMIGONADO. EHE 08Y RECUBRIMIENTO DE TUBO DE 160 MM.

<i>CODIGO</i>	<i>RESUMEN</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>LONGITUD (M)</i>	<i>ANCHURA (M)</i>	<i>ALTURA (M)</i>	<i>VOLUMEN (M3)</i>	<i>PRECIO (€/M3)</i>	<i>IMPORTE</i>
1.15	EXCAVACIÓN, HORMIGONADO Y TUBO 160 MM		360	0,2	0,9			
						64,8	5 €	324 €

RESUMEN PRESUPUESTO

CODIGO	IMPORTE	DESCRIPCIÓN
1.01	214,03 €	M3 DE EXCAVACIÓN POR MEDIOS MECANICOS
1.02	2.231,16 €	M3 DE HORMIGÓN HM-20
1.03	10.115,00 €	UNIDADES DE APOYOS TIPO UNESA
1.04	1.251,06 €	METROS DE CONDUCTOR LA-56
1.05	2.107,04 €	TENSADO,TENDIDO Y EMPRESILLADO CONDUCTOR
1.06	120,00 €	PLACAS DE PELIGRO RIESGO ELÉCTRICO
1.07	304,69€	SECCIONADOR UNIPOLAR DE 20KV Y FUSIBLES APR DE 24KV 400 A
1.08	900,00 €	BASE FUSIBLES CUT OUT 24KV
1.09	2.530,97 €	PUESTAS A TIERRAS APOYOS
1.10	379,38 €	AUTOVÁLVULAS PARARAYO
1.11	2.649,00 €	TRANSFORMADOR TRIFASICO 50KVA INTEMPERIE BAJO POSTE
1.12	452,60 €	CONEXIONADO LABT Y LSBT
1.13	2.464,00 €	CPM- MF4 + 2 CGP 250/APR
1.14	2.109,00 €	CADENAS POLIMERICAS AMARRE/SUSPENSIÓN
1.15	324,00 €	EXCAVACIÓN, HORMIGONADO Y TUBO PARA LSBT
TOTAL	29.068,84 €	

1 LINEA AÉREA MEDIA TENSION Y CT INTEMPERIE DE 50KVA 28.151,93 €

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL 29.068,84€

SEGURIDAD Y SALUD..... 310,00€
GESTION DE RESIDUOS 204,76€

SUMA 514,76€

TOTAL PRESUPUESTO 29.583,6€

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de:

VEINTINUEVE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y TRES CON SESENTA CÉNTIMOS.

En Linares, a 19/10/2020.

El proyectista: Javier Yeste García

