

Nº Proyecto: BJP200007

**ANEXO AL PROYECTO DE EJECUCIÓN
DE REFORMA DE LAMT A 15(20) KV “PUEBLA_S.P” DE
SUB. “ZAFRA”, ENTRE CS 47350 “CDATSCTO.
ALCONERA” Y CD 47103 “BURGUILLOS_1”, SITO
EN LOS TT.MM. DE ALCONERA Y BURGUILLOS DEL
CERRO (BADAJOZ).**

**COORDENADAS UTM (WGS84)
HUSO: 29**

**NUEVO APOYO (1)
HUSO: 29
X(m): 710545
Y(m): 4251048**

**NUEVO APOYO (74)
HUSO: 29
X(m): 702227
Y(m): 4252022**

Badajoz, junio de 2020

Documentos del Proyecto

- 1.- Memoria**
- 2.- Cálculos Justificativos**
- 3.- Presupuesto**
- 4.- Planos**

Documento 1

MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1	OBJETO DEL ANEXO	5
1.1	TITULAR DEL ANEXO.....	5
1.2	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	5
2	DECLARACIÓN DE RESPONSABLE	6
3	EMPLAZAMIENTO	6
4	Descripción y características de la instalación	7
4.1	DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO	7
5	RESUMEN DE DATOS	8

1 OBJETO DEL ANEXO

Se redacta el presente Anexo con objeto de describir una modificación en el trazado de la reforma de la línea aérea de media tensión objeto del proyecto presentado en Industria con nº de referencia **17742 AT** en fecha 14/02/2018, visado por D. José Miguel Paredes Sánchez del COPITI Sevilla con nº 64/67 el 9/01/2017.

El motivo de esta modificación se origina como respuesta al informe negativo de la Dirección General de Bibliotecas, Museos y Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura e Igualdad de la Junta de Extremadura, con fecha de 11/03/2019. El trazado inicial discurría por la zona del Conjunto Histórico de Burguillos del Cerro, hecho que se subsana y se refleja en el presente Anexo.

EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L. Unipersonal proyecta la reforma de LAMT a 15(20) kV "PUEBLA_S.P" de SUB. "ZAFRA", entre CS 47350 "CDATSCTO. ALCONERA" y CD 47103 "BURGUILLOS_1", sito en los TT.MM. de ALCONERA y BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ), con el objeto de mejorar la calidad de suministro de la zona.

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

1.1 TITULAR DEL ANEXO

El titular de las instalaciones es EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L. Unipersonal, con C.I.F.: B-82.846.817 y domicilio social en calle Ribera del Lora, nº60, Madrid y a efectos de notificaciones en Parque de Castelar nº2; CP: 06.001 Badajoz (Badajoz).

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El alcance del presente Anexo al proyecto es establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la ejecución de la instalación y al mismo tiempo exponer ante los Organismos Competentes que la L.A.M.T. que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la **Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción** de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha instalación.

El proyecto original constaba de una nueva línea aérea de media tensión con 74 apoyos en total, 69 de ellos nuevos, dividido en dos tramos. La parte de línea que se nos obliga a modificar está incluido en el tramo 1 y va desde el nuevo apoyo nº2 hasta el nuevo apoyo nº8, ambos inclusive. Tras esta modificación el número de apoyos seguirá siendo el mismo y tampoco varía el conductor elegido originalmente, LA-110. Sí se modifica el trazado y la ubicación de los 7 apoyos arriba

mencionados. Por lo tanto, es alcance del presente Anexo, describir y calcular únicamente las características del nuevo trazado y sus apoyos para el tramo que va desde el apoyo nº2 al apoyo nº8 (se estudiará colateralmente el apoyo nº1 y el apoyo nº9), obviando todos los apartados del proyecto original que no se vean alterados por la presente modificación.

El Anexo consiste en:

- Desde el nuevo apoyo nº1 a instalar hasta el nuevo apoyo nº2 a instalar, se tenderá nuevo conductor LA-110 en doble circuito, siendo un total de 96 metros, y se instalará 1 nuevo apoyo sustituyendo la L.A.M.T. existente.
- Desde el nuevo apoyo nº2 a instalar hasta el apoyo existente s/n (pasando por el apoyo existente A180713) se retensará el conductor actual C-16 en simple circuito.
- Desde el nuevo apoyo nº2 a instalar hasta el nuevo apoyo nº9 a instalar, se tenderá nuevo conductor LA-110 en simple circuito, siendo un total de 870 metros, y se instalarán 6 nuevos apoyos sustituyendo la L.A.M.T. existente.

2 DECLARACIÓN DE RESPONSABLE

El objeto del Anexo al proyecto de **REFORMA DE LAMT A 15(20) KV "PUEBLA_S.P" DE SUB. "ZAFRA", ENTRE CS 47350 "CDATSCTO. ALCONERA" Y CD 47103 "BURGUILLOS_1", SITO EN LOS TT.MM. DE ALCONERA Y BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ).**, es establecer y justificar todos los datos constructivos que permitan la ejecución de la instalación y al mismo tiempo exponer ante los Organismos Competentes que la instalación, que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener **la Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción**, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicha instalación.

3 EMPLAZAMIENTO

La presente modificación a la reforma de la línea aérea objeto de este Anexo se ubicará en el T.M de Burguillos del Cerro (Badajoz).

A continuación se indican las coordenadas UTM de las instalaciones implicadas:

INSTALACIÓN	COORDENADAS X	COORDENANDAS Y	SISTEMA/HUSO
APOYO Nº2	710511,94	4251141,00	ETRS 89 HUSO 29
APOYO Nº3	710606,13	4251228,50	ETRS 89 HUSO 29
APOYO Nº4	710732,17	4251258,95	ETRS 89 HUSO 29
APOYO Nº5	710856,56	4251289,00	ETRS 89 HUSO 29

APOYO N°6	710985,99	4251382,01	ETRS 89 HUSO 29
APOYO N°7	711058,96	4251480,02	ETRS 89 HUSO 29
APOYO N°8	711131,18	4251577,01	ETRS 89 HUSO 29

4 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

Desde el nuevo apoyo n°1 a instalar hasta el nuevo apoyo n°2 a instalar, se tenderá nuevo conductor LA-110 en doble circuito, siendo un total de 96 metros, y se instalará 1 nuevo apoyo sustituyendo la L.A.M.T. existente.

Desde el nuevo apoyo n°2 a instalar hasta el apoyo existente s/n (pasando por el apoyo existente A180713) se retensará la derivación actual con el conductor C-16 en simple circuito manteniendo las condiciones actuales.

Desde el nuevo apoyo n°2 a instalar hasta el nuevo apoyo n°9 a instalar, se tenderá nuevo conductor LA-110 en simple circuito, siendo un total de 870 metros, y se instalarán 6 nuevos apoyos sustituyendo la L.A.M.T. existente.

Los valores de tense y flecha para el tendido de los conductores en cada vano quedan reflejados en las tablas de tendido para las distintas temperaturas.

La energía procede de los distintos centros productores, propiedad de la Compañía Peticionaria, enlazados entre sí, por medio de su red general de transporte.

A efecto de sobrecarga y según la clasificación especificada en el punto 3.1.3. de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T., el trazado de esta línea discurre por:

Zona A: Situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar. No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.

5 RESUMEN DE DATOS

LAMT. Línea principal doble circuito.

1. Tipo	Línea aérea de media tensión
2. Finalidad	Alimentación CS. 47.489 "BROVALES"
3. Origen	Nuevo apoyo nº1
4. Final	Nuevo apoyo nº2
5. Términos municipales afectados	BURGUILLOS DEL CERRO
6. Tensión	15 kV
7. Longitud Total	96 m
8. Número de circuitos	Dos circuitos
9. Número de cables	Tres por circuito
10. Material conductor	Aluminio
11. Conductor	LA-110

LAMT. Línea principal simple circuito.

1. Tipo	Línea aérea de media tensión
2. Finalidad	Alimentación CS. 47.489 "BROVALES"
3. Origen	Nuevo apoyo nº2
4. Final	Nuevo apoyo nº9
5. Términos municipales afectados	BURGUILLOS DEL CERRO
6. Tensión	15 kV
7. Longitud Total	870 m
8. Número de circuitos	Un circuito
9. Número de cables	Tres por circuito
10. Material conductor	Aluminio
11. Conductor	LA-110

Badajoz, junio de 2020

El Ingeniero Técnico Industrial,
 Ángel Blanco García
 Colegiado 1.162 COITI Huelva

Documento 2

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE GENERAL

- CÁLCULO ELÉCTRICOS
- CÁLCULOS MECÁNICOS
- CÁLCULOS DE LAS CIMENTACIONES
- PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS
- RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS
- TABLAS DE TENDIDO

Índice cálculos justificativos de la LAMT

1	Cálculos eléctricos	12
2	Cálculos mecánicos de la LAMT	13
2.1	<i>CÁLCULOS MECÁNICOS DE LOS CONDUCTORES DESNUDOS</i>	<i>13</i>
2.1.1	Cargas permanentes.....	13
2.1.2	Carga de viento.....	13
2.1.3	Carga de hielo	14
2.1.4	Hipótesis de flechas máximas.....	16
2.1.5	Determinación de la tracción en los conductores	17
2.1.6	Determinación de las flechas.....	17
2.1.7	Fenómenos vibratorios.....	18
2.1.8	Cálculo de apoyos.....	18
2.2	<i>AISLAMIENTO Y HERRAJES</i>	<i>25</i>
2.2.1	Aisladores	25
2.2.2	Herrajes	25
3	Cálculo de las Cimentaciones de la LAMT.....	27
4	Puesta a tierra de la LAMT.....	28
4.1	<i>DATOS INICIALES</i>	<i>28</i>
4.2	<i>CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS.....</i>	<i>29</i>
4.2.1	Apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados	29
4.2.2	Investigación de las características del terreno. Resistividad.....	30
4.2.3	Determinación de la intensidad de defecto	32
4.2.4	Tiempo de eliminación del defecto	33
4.2.5	Resistencia de tierra de los electrodos.....	34
4.2.6	Cálculo de tierras en apoyos no frecuentados	36
4.2.7	Cálculo de tierras en apoyos frecuentados	38
4.2.8	Resultados de los cálculos de la puesta a tierra.	41
5	Resultados de los cálculos de la LAMT	42
5.1	<i>DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN</i>	<i>42</i>
5.2	<i>DISTANCIAS DE SEGURIDAD</i>	<i>42</i>
5.2.1.	Distancias de los conductores al terreno	42
5.2.2.	Distancias de los conductores entre sí.....	43
5.2.3.	Distancias de los conductores al apoyo	44
5.3	<i>ÁNGULO DE DESVIACIÓN DE LA CADENA DE SUSPENSIÓN.....</i>	<i>44</i>
5.4	<i>TABLAS RESUMEN DE CÁLCULOS</i>	<i>46</i>

1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Como se ha comentado en el apartado de la memoria 1.2, el conductor elegido es el mismo que se proyectó originalmente (LA-110), por lo tanto la capacidad de transporte de este es el mismo. Por otro lado, la longitud del tramo modificado queda tan solo con 50 metros menos que el mismo tramo equivalente original, por lo tanto la caída de tensión y pérdida de potencia de toda la línea proyectada puede darse por correcta tal y como se calculó originalmente.

2 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LAMT

Para el cálculo mecánico y el dimensionamiento de los apoyos objetos del presente proyecto, en cualquier caso se tendrá en cuenta las solicitaciones debidas a los conductores eléctricos.

2.1 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LOS CONDUCTORES DESNUDOS

Los criterios de cálculo mecánico de conductores desnudos (en adelante conductores) se establecen en base a lo especificado en el apartado 3 de la ITC-LAT 07.

Las tensiones mecánicas y las flechas con que debe tenderse el conductor dependen de la longitud del vano y de la temperatura del conductor en el momento del tendido, de forma que al variar ésta, la tensión del conductor en las condiciones más desfavorables no sobrepase los límites establecidos. En el cálculo mecánico de los conductores se aplicarán los criterios de diseño indicados en el apartado 1.2.1.1 y siguientes.

2.1.1 Cargas permanentes

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

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

2.1.2 Carga de viento

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

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

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

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

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

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

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

Siendo:

- **d** = diámetro del conductor en m.
- **q** = presión del viento.

Resultando una presión de viento de:

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

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

2.1.3 Carga de hielo

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

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

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

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

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

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

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

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

Hipótesis de tracciones máximas

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

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

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

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

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

La tracción máxima de los conductores no resultará superior a su carga de rotura mínima, dividida por 3, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la **Tabla 4** en función de que la zona sea A, B o C, estos son los siguientes:

Tabla 4. Tensiones máximas aplicables a los conductores

Denominación conductor	Denominación antigua	Carga de rotura (daN)	Máxima tracción admisible (daN)	Coefficiente de seguridad
47AL1/8-ST1A	LA 56	1.629	543	3,00
94-AL1/22-ST1A	LA 110	4.317	1.439	3,00
147-AL1/34-ST1A	LA 180	6.494	2.164	3,00
47-AL1/8-20SA	LARL 56	1.707	569	3,00
67-AL1/11-20SA	LARL 78	2.312	770	3,00
107-AL1/18-A20SA	LARL 125E	3.502	1.167	3,00
119-AL1/28-A20SA	LARL 145 E	5.669	1.889	3,00
147-AL1/34-A20SA	LARL 180	6.700	2.233	3,00
148-AL3	D-145	4.368	1.456	3,00
C 35		1.342	447	3,00
C 50 E		1.902	634	3,00
C 70		2.735	911	3,00
C 95		3.525	1.175	3,00

2.1.4 Hipótesis de flechas máximas

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

- Hipótesis de viento:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según apartado 3.1.2. ITC-LAT 07 a la temperatura de +15°C, con una velocidad de 120 km/h.
- Hipótesis de temperatura:** Sometidos a la acción de su peso propio a la temperatura de +50°C.
- Hipótesis de hielo:** Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de

hielo según zona, según apartado 3.1.3 ITC-LAT 07, a la temperatura de 0°C.

Sobre carga de hielo según zona:

- No se considera para zona A.
- $018 \cdot \sqrt{d}$ daN/m para zona B.
- $036 \cdot \sqrt{d}$ daN/m para zona C.

Siendo “d” el diámetro del cable en milímetros.

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

2.1.5 Determinación de la tracción en los conductores

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

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

Dónde:

E = Módulo de elasticidad en daN/mm².

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

S = Sección del conductor en mm².

a = Vano en m.

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

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

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

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

2.1.6 Determinación de las flechas

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

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

f = Máxima flecha del conductor.

a = Vano en m.

T_2 = Tenses en daN en los estados inicial y final.

p_2 = Peso del conductor en los estados inicial y final en daN/m.

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

$$VANO_{regulación} = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

Para los diferentes vanos comprendidos entre los apoyos de amarre, las flechas de regulación se determinarán a partir de la expresión:

$$FLECHA_{vano.a.regular} = FLECHA_{vano.regulacion} \left(\frac{VANO_{a.regular}}{VANO_{regulacion}} \right)^2$$

2.1.7 Fenómenos vibratorios

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

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

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

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

2.1.8 Cálculo de apoyos

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

- El coeficiente de seguridad para la tracción máxima admisible de los conductores será como mínimo de 3, considerando las diferentes hipótesis de sobrecargas establecidas en la tabla 4 de la ITC-LAT 07,
- Aparte del peso propio de los conductores, se contemplaran las hipótesis de sobrecarga que establece la ITC-LAT 07, Apdo. 3.1,
- En cumplimiento de la ITC-LAT 07, Apdo. 3.1.2 se considerará un viento mínimo de 120 km/h sobre los elementos de la línea.

- Para el cálculo de la distancia mínima entre los conductores se considerará un coeficiente de oscilación k , que figura en la Tabla 16, Apdo. 5.4 de la ITC-LAT 07, correspondiente a una $U_n \leq 30$ kV,
- Los cálculos se realizarán para las sobrecargas según zona (A, B, C),
- Las hipótesis de cálculo, según la ITC-LAT 07, Apdo. 3.5.3, serán las siguientes:
 - 1ª hipótesis: viento.
 - 2ª hipótesis: hielo.
 - 3ª hipótesis: desequilibrio tracciones.
 - 4ª hipótesis: rotura de conductores.
- En caso de cruces o paralelismos, según el apartado 5.3 ITC-LAT 07, el coeficiente de seguridad apoyos, crucetas y cimentaciones deberá ser un 25% superior a lo establecido en el caso de hipótesis normales 1H, 2H y 3H (3H solamente en caso de prescindir de la 4H).

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

Tabla 5. Tabla de cálculo apoyos según hipótesis reglamentarias

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

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

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

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

V = esfuerzo vertical

T = esfuerzo transversal

L=esfuerzo longitudinal

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

En las líneas de tensión nominal objeto del presente proyecto, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6.600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

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

2.2 AISLAMIENTO Y HERRAJES

2.2.1 Aisladores

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

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

En el caso que nos ocupa tenemos una cadena de aisladores con un coeficiente de seguridad de:

Mirar tabla de cálculos

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

Tabla 6. Conductores admisibles según cadena de aisladores

Aislador	Carga de rotura (daN)	Tracción máxima admisible (daN)	Conductores admisibles	Tensión nominal / Tensión más elevada	Nivel contaminación
C3670EBAV	7000	1.333	LA 30, LA 56, LA 110, LARL 56, LARL 78, LARL 125E	--	Medio

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

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

2.2.2 Herrajes

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

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

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

Las cadenas de **amarre** para este conductor estarán formadas por:

ELEMENTO	DENOMINACIÓN	LONGITUD (mm)
Grillete GN	GN	70
Aisladores	C3670EBAV 36kV 70kN	1005
Rótula	R 16	60
Grapa de amarre	GA 2	80
TOTAL		1215

A efectos del presente proyecto y dado que las longitudes indicadas son aproximadas tomaremos valores de $L = 1215$ mm, lo cual nos sitúa siempre por el lado de la seguridad, en lo que se refiere al vano máximo por separación de conductores y cumple con las características y dimensiones tales que garantizan las distancias mínimas de seguridad entre las zonas de posada de las aves y las partes con tensión eléctrica de la instalación.

Las cadenas de **suspensión** para este conductor estarán formadas por:

ELEMENTO	DENOMINACIÓN	LONGITUD (mm)
Grillete GN	GN	70
Aisladores	C3670EB A 36kV 70kN	568
Rótula	R 16	60
Grapa de amarre	GSA-125E	104
TOTAL		802

A efectos del presente proyecto y dado que las longitudes indicadas son aproximadas tomaremos valores de $L = 800$ mm, lo cual nos sitúa siempre por el lado de la seguridad, en lo que se refiere al vano máximo por separación de conductores y cumple con las características y dimensiones tales que garantizan las distancias mínimas de seguridad entre las zonas de posada de las aves y las partes con tensión eléctrica de la instalación.

La carga de rotura mínima de una cadena será la menor de entre los elementos que la componen; aisladores, herrajes y grapas.

Estas cargas de rotura, anteriormente especificadas se tendrán en cuenta en relación con el tense de los conductores, ya que, según la ITC-LAT-07, deberán tener un coeficiente de seguridad no inferior a 3.

3 CÁLCULO DE LAS CIMENTACIONES DE LA LAMT

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

El momento de vuelco será:

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

Y el momento resistente al vuelco:

$$M_r = M_1 + M_2$$

Dónde:

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

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

Siendo:

K

Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad (Kg/cm²x cm)

F

Esfuerzo nominal del apoyo en kg.

h

Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.

F_v

Esfuerzo de viento sobre la estructura en kg.

h_t

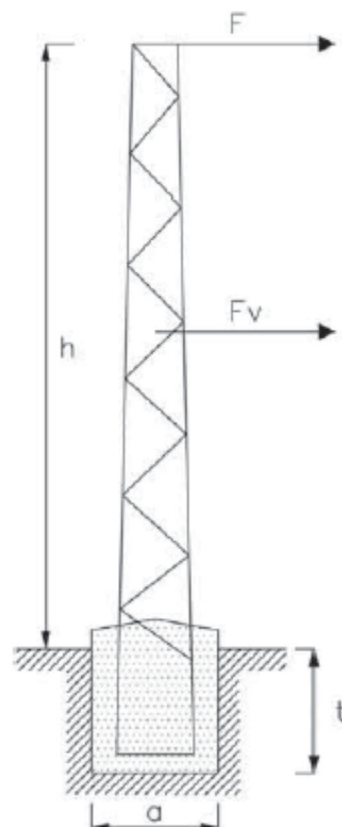
Altura total del apoyo en m.

a Anchura de la cimentación en m.

t

Profundidad de la cimentación en m.

p Peso del apoyo y herrajes en kg.



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

$$M1 + M2 \geq MV$$

El coeficiente de seguridad resultante entre el momento estabilizador y el momento de vuelco no será inferior a 1,5 en las hipótesis normales (1H y 2H) ni inferior a 1,2 en las demás hipótesis (3H y 4H), excepto en aquellos casos en que se ha prescindido de la 4H por lo que el coeficiente de seguridad para los apoyos en alineación y ángulo en la hipótesis 3H no será inferior a 1,5.

En los correspondientes planos se indican las dimensiones y volúmenes aproximados de excavación de los apoyos, calculadas para 3 tipos de terreno diferentes con coeficientes de compresibilidad de 8, 12 y 16 Kg/cm²·cm.

4 PUESTA A TIERRA DE LA LAMT

4.1 DATOS INICIALES

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

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

- **U** Tensión de servicio de la red (V).
- **ρ** Resistividad del terreno (Ω·m).

Duración de la falta:

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

- **I_a'** Intensidad de arranque del relé de desconexión inicial (A).
- **t'** Relé de desconexión inicial a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s).
- **K', n'** Relé de desconexión inicial a tiempo dependiente. Constantes del relé que dependen de su curva característica intensidad-tiempo.

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

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

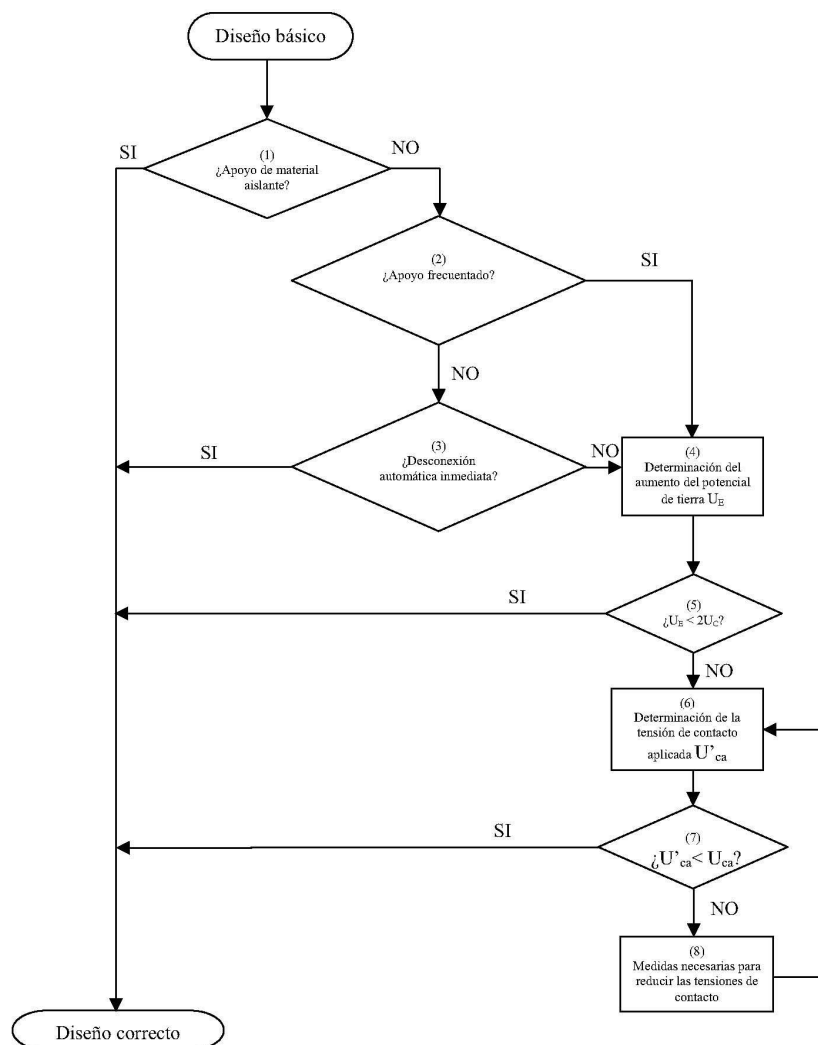
- **t''** Relé a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s) tras en reenganche rápido.
- **K'', n''** Relé tiempo dependiente. Constantes del relé.
 - Para el caso de red con neutro aislado:
- **C_a** Capacidad homopolar de la línea aérea (F/Km). Normalmente se adopta $C_a=0,006 \mu\text{F/Km}$.
- **L_a** Longitud total de las líneas aéreas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).
- **C_c** Capacidad homopolar de la línea subterránea (F/Km). Normalmente se adopta $C_c=0,25 \mu\text{F/Km}$.
- **L_c** Longitud total de las líneas subterráneas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).
- **ω** Pulsación de la corriente ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ rad/s}$).
- Para el caso de red con neutro a tierra:
- **R_n** Resistencia de la puesta tierra del neutro de la red (Ω).
- **X_n** Reactancia de la puesta tierra del neutro de la red (Ω).

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

4.2 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

4.2.1 Apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados

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



4.2.2 Investigación de las características del terreno. Resistividad.

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

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

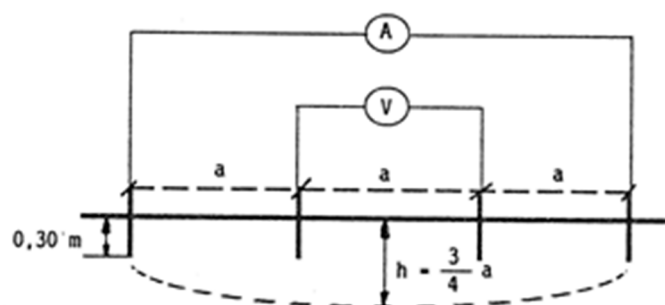
Tabla 7. Resistividad del terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150

Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Balasto o grava	3000 a 5000

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

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



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

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

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

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

Si denominamos r a la lectura del aparato:

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

La resistividad quedará:

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

Siendo:

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

4.2.3 Determinación de la intensidad de defecto

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

4.2.3.1 **Neutro aislado**

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

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

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

En la que:

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

El resto de variables tienen la definición y unidades dadas en el apartado 1.4.1. Esto mismo es aplicable para el resto de referencias del presente documento.

4.2.3.2 Neutro a tierra

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

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

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

Siendo:

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

4.2.4 Tiempo de eliminación del defecto

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

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

Relés a tiempo independiente:

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

$$t' = cte.$$

Relés a tiempo dependiente:

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

$$t' = \frac{k}{\left(\frac{I_d'}{I_a'}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v$$

Siendo:

- I_d' Intensidad de defecto (A)
- I_a' Intensidad de ajuste del relé de protección (A)
- α, k Constantes características de la curva de protección
- k_v Factor de tiempo de ajuste de relé de protección
- t' Tiempo de actuación del relé de protección (s)

En la tabla siguiente se dan valores de la constante k y α para los tipos de curva más habituales.

Tabla 8. Curvas de disparo habituales

	Normal inversa ($\alpha = 0,02$)	Muy inversa ($\alpha = 1$)	Extremadamente inversa ($\alpha = 2$)
k	0,13	13,5	96

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

Relé a tiempo independiente:

$$t'' = cte.$$

Relé a tiempo dependiente:

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

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

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

4.2.5 Resistencia de tierra de los electrodos

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

Tabla 9. Resistencia electrodos habituales

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

Siendo:

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

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

Electrodos con picas en anillo

A-B / C / DE

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

Electrodos con picas alineadas

A / BC

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

- B Número de picas.
C Longitud de las picas (m).

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

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

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

$$R' = \rho \cdot K_r$$

Siendo:

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

Una vez identificado el valor de la resistencia de tierra del electrodo de puesta a tierra se calcula la intensidad de defecto en dicho apoyo.

$$\text{Para neutro aislado: } I'_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R'_t)^2}}$$

$$\text{Para neutro a tierra: } I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R'_t)^2 + X_n^2}}$$

4.2.6 Cálculo de tierras en apoyos no frecuentados

El electrodo a utilizar en este tipo de apoyos será de tipo lineal, con una o varias picas, de forma que la resistencia de puesta a tierra tengan un valor suficientemente bajo que garantice la actuación de las protecciones, en caso de defecto a tierra.

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

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

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

4.2.6.1 Cálculo resistencia de puesta a tierra máxima para asegurar la actuación de las protecciones en un tiempo inferior a 1 segundo

En primer lugar se debe verificar que $I_d' > I_a'$

Siendo:

I_d' Intensidad de defecto a tierra en el apoyo objeto de cálculo (A)

I_a' Intensidad de ajuste del relé de protección (A).

4.2.6.1.1 Instalaciones con neutro aislado

Teniendo en cuenta que el ajuste de las protecciones dispone de desconexión automática inmediata (inferior a 1 segundo), el valor de la resistencia de puesta a tierra máximo para apoyos no frecuentados será aquel que verifique:

$$I_d' > I_a'$$

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

4.2.6.1.2 Instalaciones con neutro a tierra

Considerando que el tiempo de disparo debe ser inferior a 1 segundo:

$$t' = \frac{k}{\left(\frac{I_d'}{I_a'}\right)^\alpha - 1} \cdot k_v < 1 \text{ segundo}$$

El valor de la resistencia de puesta a tierra máximo para apoyos no frecuentados será aquel que verifique:

$$\frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t')^2 + X_n^2}} > I_a' \sqrt{k \cdot k_v + 1}$$

4.2.7 Cálculo de tierras en apoyos frecuentados

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

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

$$U_E < 2 \cdot U_C$$

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

$$U'_c \leq U_c$$

Siendo:

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

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

$$U'_p < U_p$$

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

4.2.7.1 **Determinación del aumento de potencial ante un defecto a tierra**

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

$$U_E = I_d \cdot R'$$

Siendo:

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

4.2.7.2 Determinación de las tensiones contacto máximas admisibles

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

Tabla 10. Tensión de contacto aplicada admisible, Tabla 18 ITC-LAT 07

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

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1.000} \right]$$

Siendo:

- **U_c**: Tensión de contacto máxima admisible, en V.
- **U_{ca}**: Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta según tabla 18 ITC-LAT 07, en V.
- **R_{a1}**: Resistencia del calzado de un pie cuya suela sea aislante, en Ω . Se puede emplear como valor 2.000 Ω . Se considerará nula esta resistencia cuando las personas puedan estar descalzas (piscinas, campings, áreas recreativas...)
- **R_{a2}**: Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno.
 - Se considera que $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_s$.
- **ρ_s** : Resistividad superficial del terreno en $\Omega \cdot m$.

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

4.2.7.3 Determinación de las tensiones paso máximas admisibles

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

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

$$U_p = 10U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{4.000 + 6\rho_s}{1.000} \right]$$

Siendo:

- **U_p**: Tensión de paso máxima admisible, en V,
- **U_{pa}**: Valor admisible de la tensión de paso aplicada 10 **U_{ca}**, siendo **U_{ca}** función de la duración de la corriente de falta según tabla 18 ITC-LAT 07, en V.
- **ρ_s**: Resistividad superficial del terreno en Ω·m.

4.2.7.4 Determinación de las tensiones de contacto y de paso

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

$$U'_c = I'_d \cdot \rho \cdot Kc$$

Siendo:

- **U'_c**: Tensión de contacto calculada, en V,
- **I'_d**: Intensidad de defecto en A,
- **ρ**: Resistividad del terreno en Ω·m,
- **Kc**: Factor de tensión de contacto V/Ω·m.

El valor de la tensión de paso se obtendrá como:

$$U'_p = I'_d \cdot \rho \cdot Kp$$

Siendo:

- **U'p:** Tensión de paso calculada,
- **I'd:** Intensidad de defecto en A,
- **p:** Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$,
- **Kp:** Factor de tensión de paso en $V/\Omega \cdot m$.

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

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

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

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

$$U'_p \leq U_p$$

4.2.8 Resultados de los cálculos de la puesta a tierra.

TIPO DE PUESTA A TIERRA	TIERRA SEPARADAS	
PARÁMETROS	VALORES	
Tensión de servicio	Us (kV)	15.000
Resistividad del terreno considerada	ps (Ωxm)	150
Resistencia de puesta a tierra del neutro	RN (Ω)	40
Reactancia de puesta a tierra del neutro	XN (Ω)	0
Nivel de aislamiento de BT	Vbt (V)	10.000

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA SELECCIONADO.- APOYOS NO FRECUENTADOS		
Código de la Configuración de la Puesta a Tierra seleccionada (UNESA)	N/A	
Parámetros del sistema	Kr	0,23

Como se ha indicado en este proyecto, en caso de no verificarse el cumplimiento de las condiciones expuestas para la tensión de contacto, el diseño del sistema de puesta a tierra no es válido y será necesario implementar algunas de las medidas adicionales propuestas en el apartado “Clasificación de los apoyos según su ubicación” para eliminar el riesgo de contacto.

Igualmente, en este último caso se deberá comprobar que las tensiones de paso son inferiores a las máximas admisibles.

5 RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE LA LAMT

La línea se explotará a 15 kV y su nivel de aislamiento será 24 kV.

5.1 DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

- Tensión de la línea: 15 kV
- Tensión más elevada del material: 24 kV
- Zona: A

CONDUCTOR.

Características aislador	LA-110 (94-AL1/22-ST1A).
Sección	116,2 mm ²
Diámetro	14 mm
Carga de Rotura	4310 daN
Módulo de elasticidad	8000 daN/mm ²
Coeficiente de dilatación lineal	17.8 • 10 ⁻⁶
Peso propio	0.425 daN/m
Peso propio más sobrecarga de viento	0.941 daN/m
Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento	0.598 daN/m
Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B)	1.098 daN/m
Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona C)	1.772 daN/m

5.2 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

5.2.1. Distancias de los conductores al terreno

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

$$dst_{des} = Dadd + Del = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m.}; \text{mínimo } 6\text{m.}$$

$$dst_{des} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{ais} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{rec} = 6 \text{ m.}$$

Siendo:

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

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

5.2.2. Distancias de los conductores entre sí

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

$$D_{des} = k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp}$$

$$D_{rec} = 1/3 \cdot k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

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

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

F = Flecha máxima (m).

D_{pp} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

apoyo 9

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,69 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 0,97 \text{ m}$$

apoyo 8

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,7 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 0,97 \text{ m}$$

apoyo 7

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,8 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,19 \text{ m}$$

apoyo 6

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,8 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,19 \text{ m}$$

apoyo 5

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,9 + 0,63)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,14 \text{ m}$$

apoyo 4

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,9 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,01 \text{ m}$$

apoyo 3

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,89 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,01 \text{ m}$$

apoyo 2

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,16 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 0,83 \text{ m}$$

5.2.3. Distancias de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo será de:

$d_{sa} = D_{el} = 0,22 \text{ m.}; \text{mínimo } 0,2 \text{ m.}$

$d_{sa} = 0,22 \text{ m.}$

Siendo:

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

5.3 ÁNGULO DE DESVIACIÓN DE LA CADENA DE SUSPENSIÓN

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

$\text{tg } \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de alineación.

$\text{tg } \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-X^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de ángulo.

Siendo:

$\text{tg } \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

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

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

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

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

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

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

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

$G = E_{tv} / \text{tg } \mu - P_t$

Apoyos con cadenas de suspensión.

apoyo 5

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma &= (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-5^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (54,35 + 3,18/2) / (34,35 + 1,28/2) = 1,6. \\ \gamma &= 57,97^{\circ} \quad \mu = 68,5^{\circ} \end{aligned}$$

5.4 TABLAS RESUMEN DE CÁLCULOS

Nota: Cálculos realizados con el programa **Dmelect**.

TENSIONES Y FLECHAS EN HIPÓTESIS REGLAMENTARIAS.

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima						
					-5°C+V Toh(daN)	-10°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)	-15°C+H+V Toh(daN)	-15°C+V Toh(daN)	-20°C+H Toh(daN)	-20°C+H+V Toh(daN)
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,2	5,29	121,2	1.226,4						
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,21	7,48	121,21	1.224,2						
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	159,42	10,12	159,42	1.221,8						
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,33	2,64	129,37	1.228,3						
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,41	-0,91	129,37	1.228,3						
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128,96	5,9	128,96	1.225,8						
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	97,9	6,77	97,9	1.224,4						
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	44,65	5,1	44,65	1.154,7						

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
					15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C F(m)	-15°C F(m)	-20°C F(m)
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)			
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,2	5,29	121,2	1.032,8	1,68	462,3	1,69			0,78		
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,21	7,48	121,21	1.031	1,68	461,3	1,7			0,79		
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	159,42	10,12	159,42	1.069,1	2,8	484,7	2,79			1,55		
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,33	2,64	129,37	1.043,8	1,89	469,2	1,89			0,91		
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,41	-0,91	129,37	1.043,8	1,89	469,2	1,9			0,92		
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128,96	5,9	128,96	1.041,3	1,88	467,8	1,89			0,91		
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	97,9	6,77	97,9	1.001,8	1,13	440,9	1,16			0,48		
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	44,65	5,1	44,65	865,1	0,27	327,5	0,33			0,1		

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores		
					-5°C+V Th(daN)	-10°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	-15°C+V Th(daN)	-20°C+H Th(daN)	-5°C+V/2 Th(daN)	-10°C+V/2 Th(daN)	-15°C+V/2 Th(daN)
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,2	5,29	121,2	1.226,4					1.069,3		
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,21	7,48	121,21	1.224,2					1.067		
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	159,42	10,12	159,42	1.221,8					994,3		
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,33	2,64	129,37	1.228,3					1.055,3		
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,41	-0,91	129,37	1.228,3					1.055,3		
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128,96	5,9	128,96	1.225,8					1.053,6		
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	97,9	6,77	97,9	1.224,4					1.112,8		
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	44,65	5,1	44,65	1.154,7					1.125,6		

TENSIONES Y FLECHAS DE TENDIDO.

Vano	Conductor	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-20°C		-15°C		-10°C		-5°C		0°C	
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,2	5,29	121,2							995,5	0,78	928,4	0,84
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	121,21	7,48	121,21							993,3	0,79	926,2	0,84
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	159,42	10,12	159,42							872,9	1,55	820,8	1,65
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,33	2,64	129,37							971,6	0,91	907,1	0,98
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129,41	-0,91	129,37							971,6	0,92	907,1	0,98
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128,96	5,9	128,96							970,3	0,91	905,8	0,98
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	97,9	6,77	97,9							1.065,2	0,48	991,7	0,51
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	44,65	5,1	44,65							1.115,3	0,1	1.034,8	0,1

Vano	Conductor	Long. (m)	Desn. (m)	V.Reg. (m)	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C	
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)
8-9	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	121,2	5,29	121,2	864,1	0,9	803	0,97	745,7	1,05	692,5	1,13	643,6	1,21
7-8	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	121,21	7,48	121,21	862	0,91	801,1	0,98	744	1,05	690,8	1,13	642	1,22
6-7	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	159,42	10,12	159,42	772,2	1,75	727,3	1,86	686,1	1,97	648,4	2,09	614,1	2,2
5-6	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	129,33	2,64	129,37	845,8	1,05	787,9	1,13	733,9	1,21	684,1	1,3	638,4	1,39
4-5	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	129,41	-0,91	129,37	845,8	1,05	787,9	1,13	733,9	1,21	684,1	1,3	638,4	1,39
3-4	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	128,96	5,9	128,96	844,4	1,05	786,6	1,12	732,6	1,21	682,7	1,3	637	1,39
2-3	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	97,9	6,77	97,9	920,1	0,55	850,9	0,6	784,5	0,65	721,6	0,71	662,8	0,77
1-2	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	44,65	5,1	44,65	954,9	0,11	875,5	0,12	797	0,13	719,7	0,15	644	0,17

Vano	Conductor	Long. (m)	Desn. (m)	V.Reg. (m)	30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
					T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	
8-9	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	121,2	5,29	121,2	599	1,3	558,9	1,4	522,9	1,49	490,8	1,59	462,3	1,69	17,3
7-8	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	121,21	7,48	121,21	597,7	1,31	557,6	1,4	521,8	1,5	489,8	1,6	461,3	1,7	17,26
6-7	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	159,42	10,12	159,42	582,9	2,32	554,7	2,44	529,1	2,56	505,8	2,68	484,7	2,79	15,92
5-6	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	129,33	2,64	129,37	596,9	1,49	559,5	1,59	526	1,69	496	1,79	469,2	1,89	17,03
4-5	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	129,41	-0,91	129,37	596,9	1,49	559,5	1,59	526	1,69	496	1,79	469,2	1,9	17,03
3-4	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	128,96	5,9	128,96	595,5	1,49	558,1	1,59	524,6	1,69	494,6	1,79	467,8	1,89	17
2-3	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	97,9	6,77	97,9	608,5	0,84	559,1	0,91	514,8	0,99	475,5	1,07	440,9	1,16	18,2
1-2	LA-110 (94- AL1/22- ST1A)	44,65	5,1	44,65	570,8	0,19	501,1	0,21	436,3	0,24	378	0,28	327,5	0,33	18,49

CÁLCULO DE APOYOS.

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sex.	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H			
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)
9	Fin Línea		153,8	172	3.679,3					
8	Alin. Am		192,4	344,2						
7	Ang. Am.	81,3°; apo.2	189,8	1.494,8	7,1					
6	Ang. Am.	78,9°; apo.3	120,9	1.815,1	19,1					
5	Alin. Susp.		123,1	386,4						
4	Ang. Am.	75°; apo.7	260,4	2.256,6	7,2					
3	Ang. Am.	56,3°; apo.10	191,3	3.898,5	3,1					
2	Anc. Alin.		162,9	193,2						

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sex.	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Lt (m)	Dist.Min. Cond. (m)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
9	Fin Línea						103,8			817,6	1,5	0,97
8	Alin. Am		192,4		551,9							0,97
7	Ang. Am.	81,3°; apo.2	189,8	1.024,2	544,6							1,19
6	Ang. Am.	78,9°; apo.3	120,9	1.316,3	542,3							1,19
5	Alin. Susp.		123,1		329,9							1,14
4	Ang. Am.	75°; apo.7	260,4	1.762,6	534							1,01
3	Ang. Am.	56,3°; apo.10	191,3	3.378,8	411,4							1,01
2	Anc. Alin.		162,9		1.623,4		93,7			1.020,4	1,5	0,83

APOYOS ADOPTADOS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Segur.	Angulo gr.sex.	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf.punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver. s.Tors. (daN)	Esf.Ver. c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)	Peso (daN)
9	Fin Línea	Celosia recto	N		18	4.500			800	800	1.400	1,5	
8	Alin. Am	Celosia recto	N		20	1.000			600	600	700	1,5	
7	Ang. Am.	Celosia recto	N	162,7°	18	2.000			600	600	1.400	1,5	
6	Ang. Am.	Celosia recto	N	157,7°	18	3.000			800	800	1.400	1,5	
5	Alin. Susp.	Celosia recto	N		16	1.000			600	600	700	1,5	
4	Ang. Am.	Celosia recto	N	150°	18	3.000			800	800	1.400	1,5	
3	Ang. Am.	Celosia recto	N	112,7°	20	9.000			1.200	1.200	2.500	1,5	
2	Anc. Alin.	Celosia recto	N		18	4.500			800	800	1.400	1,5	

CRUCETAS ADOPTADAS.

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e D.eje jabalcón (m)	f D.ref. jabalcón (m)	g Altura Tirante (m)	Peso (daN)
9	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal Atir.	1	1						0,6	50
8	Alin. Am	Celosia recto	Horizontal Atir.	1	1						0,6	50
7	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal Atir.	1,24	1,25						0,6	55
6	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal Atir.	1,23	1,25						0,6	55
5	Alin. Susp.	Celosia recto	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1	0,6		195
4	Ang. Am.	Celosia recto	Horizontal Atir.	1,21	1,25						0,6	55
3	Ang. Am.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,4	1,25	1,25	1,5	1,2			0,6	82,5
2	Anc. Alin.	Celosia recto	Tresbolillo Atir.	2,33	1	1	1,25	1,2			0,6	75

CÁLCULO DE CIMENTACIONES.

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
9	Fin Línea	4.500	15,5	69.750	567,7	6,76	3.835,6	73.585,6
8	A.lin. Am	1.000	18,3	18.300	582,9	7,89	4.595,9	22.895,9
7	Ang. Am.	2.000	16	32.000	536,2	6,95	3.729,1	35.729,1
6	Ang. Am.	3.000	15,75	47.250	598,3	6,86	4.101,6	51.351,6
5	A.lin. Susp.	1.000	14,4	14.400	458	6,29	2.881,4	17.281,4
4	Ang. Am.	3.000	15,75	47.250	598,3	6,86	4.101,6	51.351,6
3	Ang. Am.	9.000	17,3	155.700	916,7	7,04	6.454	162.154
2	Anc. Alin.	4.500	15,5	69.750	567,7	6,76	3.835,6	73.585,6

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen. A(m)	Alto Cimen. H(m)	MONOBLOQUE		ZAPATAS AISLADAS									
				Coefic. Comp. (daN/m³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)	Volum. Horm. (m³)	Peso Horm. (daN)	Volum. Tierra (m³)	Dens. Tierra (Kg/m³)	Peso Tierra (daN)	Esf.Roz. Tierra (daN)	Esf. Montan. (daN)	Esf. Vert. (daN)	Coef. Seg.	Res.Cálc. Tierra (daN/cm²)
9	Fin Línea	1,43	2,75	10	122.092,84										
8	Alin. Am	1,51	1,95	10	37.881,41										
7	Ang. Am.	1,45	2,25	10	59.118,25										
6	Ang. Am.	1,43	2,5	10	85.431,3										
5	Alin. Susp.	1,41	1,85	10	28.796,84										
4	Ang. Am.	1,43	2,5	10	85.431,3										
3	Ang. Am.	2,22	2,95	10	268.677,22										
2	Anc. Alin.	1,43	2,75	10	122.092,84										

CÁLCULO DE CADENAS DE AISLADORES.

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Isl. (mm)	Lif (mm)	Long. Isl. (m)	Peso Isl. (daN)
9	Fin Línea	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
8	Alin. Am	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
7	Ang. Am.	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
6	Ang. Am.	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
5	Alin. Susp.	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
4	Ang. Am.	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
3	Ang. Am.	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28
2	Anc. Alin.	CS70AB-125/550	7.000	200	550	0,46	1,28

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
9	Fin Línea	3 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	51,26	136,55	1.227,49	5,7
8	Alin. Am	6 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	61,25	114,29	1.226,43	5,71
7	Ang. Am.	6 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	70,32	99,55	1.233,58	5,67
6	Ang. Am.	6 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	40,12	174,47	1.239,73	5,65
5	Alin. Susp.	3 C.Su.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	41,03	170,6	108,73	64,38
4	Ang. Am.	6 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	54,08	129,44	1.242,95	5,63
3	Ang. Am.	6 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	60,4	115,89	1.251,42	5,59
2	Anc. Alin.	6 C.Am.	CS.70A.B-1.25/.550	1	1,7	0,63		1,28	6,37	70,41	99,42	1.224,43	5,72

CÁLCULO DE ESFUERZOS VERTICALES SIN SOBRECARGA.

Apoyo	Tipo	Esf.Vert. -20°C (daN)	Esf.Vert. -15°C (daN)	Esf.Vert. -5°C (daN)
9	Fin Línea			211,6
8	Alin. Am.			216,1
7	Ang. Am.			169,3
6	Ang. Am.			85,2
5	Alin. Susp.			88,7
4	Ang. Am.			326,4
3	Ang. Am.			240,4
2	Anc. Alin.			260,1

Badajoz, junio de 2020

El Ingeniero Técnico Industrial,
Ángel Blanco García
Colegiado 1.162 COITI Huelva

Documento 3

PRESUPUESTO

1 DESCRIPCIÓN DEL PRESUPUESTO

El Anexo consiste en:

- Desde el nuevo apoyo nº1 a instalar hasta el nuevo apoyo nº2 a instalar, se tenderá nuevo conductor LA-110 en doble circuito, siendo un total de 96 metros, y se instalará 1 nuevo apoyo sustituyendo la L.A.M.T. existente.
- Desde el nuevo apoyo nº2 a instalar hasta el apoyo existente s/n (pasando por el apoyo existente A180713) se retensará el conductor actual C-16 en simple circuito.
- Desde el nuevo apoyo nº2 a instalar hasta el nuevo apoyo nº9 a instalar, se tenderá nuevo conductor LA-110 en simple circuito, siendo un total de 870 metros, y se instalarán 6 nuevos apoyos sustituyendo la L.A.M.T. existente.

El tramo modificado descrito en el presente Anexo difiere muy poco con respecto al original en cuanto a longitud de la línea y tipo de apoyos. En conjunto, el presupuesto se estima que tan solo difiere un 1% aproximadamente, por lo que se considera un cambio no sustancial y no será objeto del presente Anexo.

Badajoz, junio de 2020

El Ingeniero Técnico Industrial,
Ángel Blanco García
Colegiado 1.162 COITI Huelva

Documento 4

PLANOS

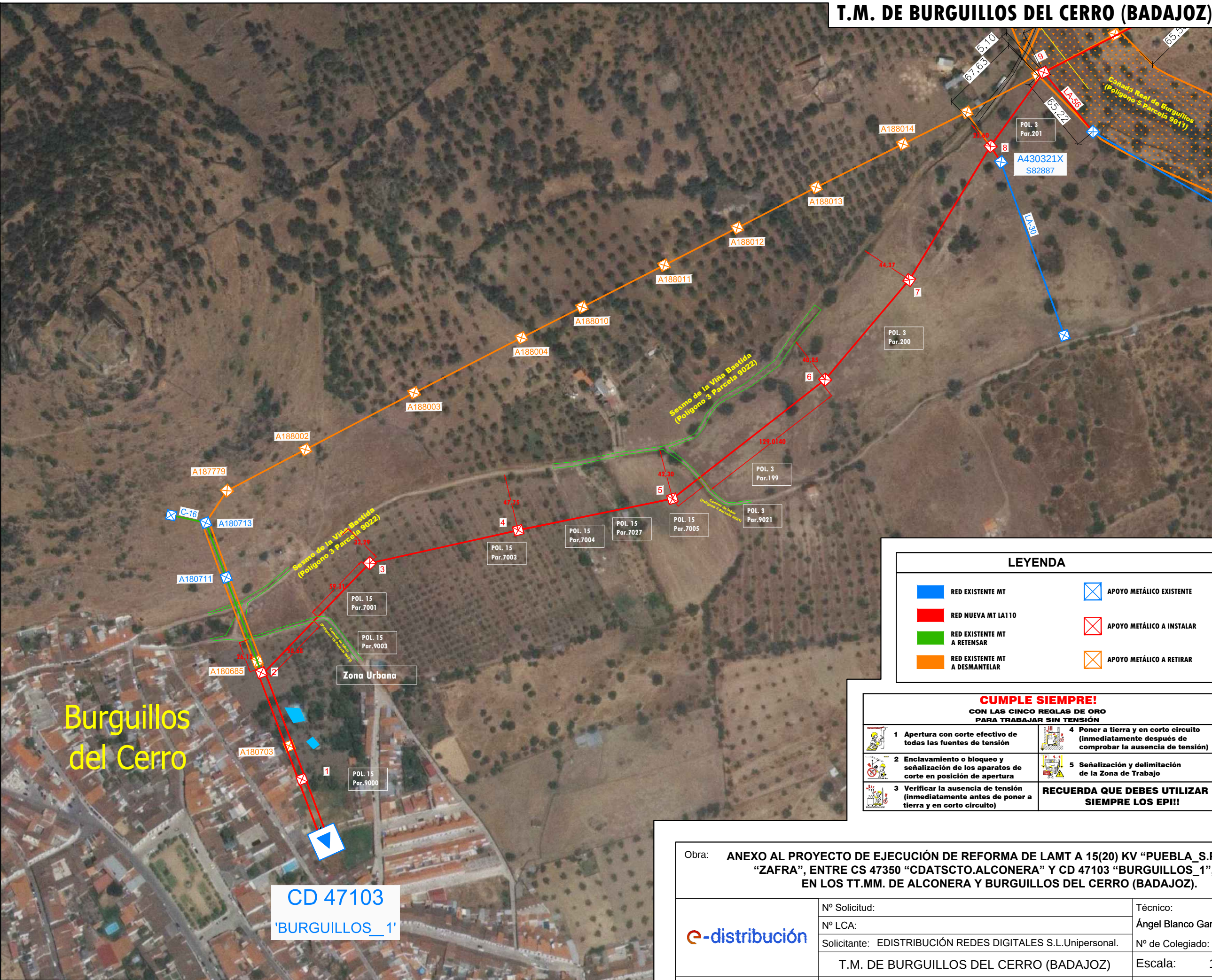
ÍNDICE PLANOS

- 5.1 PLANO DE EMPLAZAMIENTO – ESTADO REFORMADO MODIFICADO.
- 5.2 PLANO DE PLANTA – PERFIL. LAMT MODIFICADO I.
- 5.3 PLANO DE PLANTA – PERFIL. LAMT MODIFICADO II.
- 5.4 PLANO DE PLANTA – PERFIL. LAMT MODIFICADO III.

Badajoz, junio de 2020

El Ingeniero Técnico Industrial,
Ángel Blanco García
Colegiado 1.162 COITI Huelva

T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)



Burguillos
del Cerro

CD 47103
'BURGUILLOS_1'

LEYENDA

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| RED EXISTENTE MT | APOYO METÁLICO EXISTENTE |
| RED NUEVA MT LA110 | APOYO METÁLICO A INSTALAR |
| RED EXISTENTE MT A RETENEAR | APOYO METÁLICO A RETIRAR |
| RED EXISTENTE MT A DESMANTELAR | |

CUMPLE SIEMPRE!

CON LAS CINCO REGLAS DE ORO
PARA TRABAJAR SIN TENSION

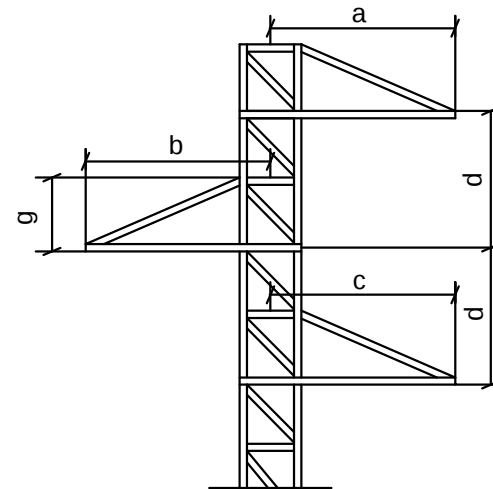
- | | |
|---|---|
| 1 Apertura con corte efectivo de todas las fuentes de tensión | 4 Poner a tierra y en corto circuito (inmediatamente después de comprobar la ausencia de tensión) |
| 2 Enclavamiento o bloqueo y señalización de los aparatos de corte en posición de apertura | 5 Señalización y delimitación de la Zona de Trabajo |
| 3 Verificar la ausencia de tensión (inmediatamente antes de poner a tierra y en corto circuito) | RECUERDA QUE DEBES UTILIZAR SIEMPRE LOS EPI!! |

Obra: ANEXO AL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA DE LAMT A 15(20) KV "PUEBLA_S.P" DE SUB. "ZAFRA", ENTRE CS 47350 "CDATSCTO.ALCONERA" Y CD 47103 "BURGUILLOS_1", SITO EN LOS TT.MM. DE ALCONERA Y BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ).

	Nº Solicitud:	Técnico:
	Nº LCA:	Ángel Blanco García
	Solicitante: EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.Unipersonal.	Nº de Colegiado: 1.162
Fecha: junio 2020	T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)	Escala: 1/1250
	EMPLAZAMIENTO - ESTADO REFORMADO MODIFICADO	Nº Plano: 01

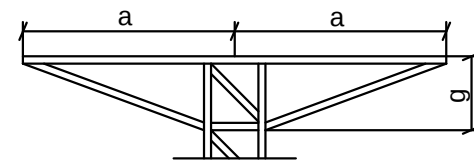
T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO

N.M.



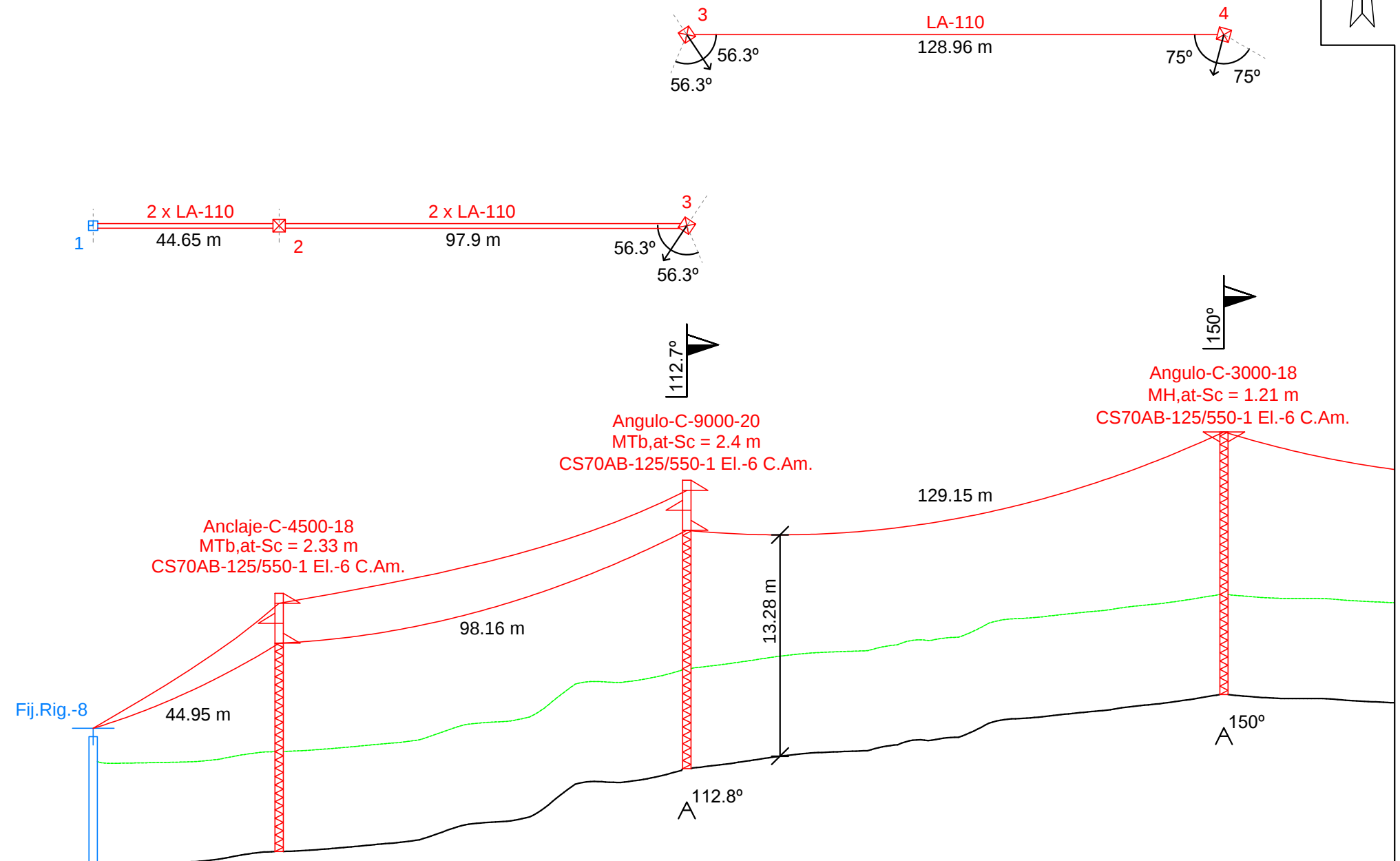
Montaje Tresbolillo Atirantado

APOYOS	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	g(m)
3	1.25	1.25	1.5	1.2	0.6
2	1	1	1.25	1.2	0.6



Montaje Horizontal Atirantado

APOYOS	a(m)	g(m)
4	1.25	0.6



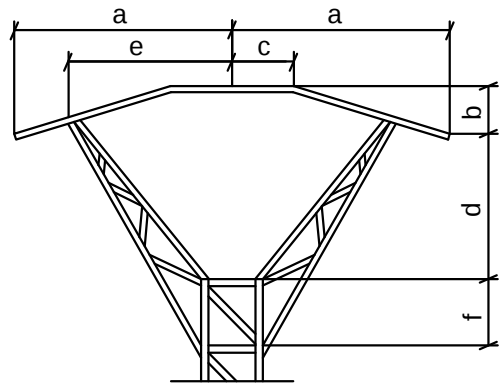
PLANO

COMPARACIÓN = 405.74 m

APOYO	1	2	3	4
COTAS DEL TERRENO m	410.84	411.44	416.42	420.87
DESNIVEL m		0.6	4.97	4.45
DISTANCIAS PARCIALES m		44.65	97.9	128.96
DISTANCIAS AL ORIGEN m	0	44.65	142.55	271.51
LONGITUD VANO m		44.65	97.9	128.96
ZONA		A	A	A

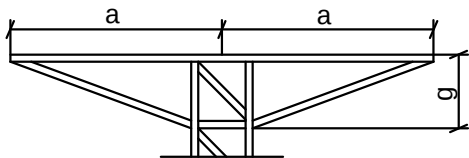
Obra: ANEXO AL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA DE LAMT A 15(20) KV "PUEBLA_S.P" DE SUB. "ZAFRA", ENTRE CS 47350 "CDATSCTO.ALCONERA" Y CD 47103 "BURGUILLOS_1", SITO EN LOS TT.MM. DE ALCONERA Y BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ).

e-distribución	Nº Solicitud:	Técnico:
	Nº LCA:	Ángel Blanco García
	Solicitante: EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.Unipersonal.	Nº de Colegiado: 1.162
	T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)	Escala: 1/1250
Fecha: junio 2020	PLANTA-PERFIL. LAMT MODIFICADO I	Nº Plano: 02



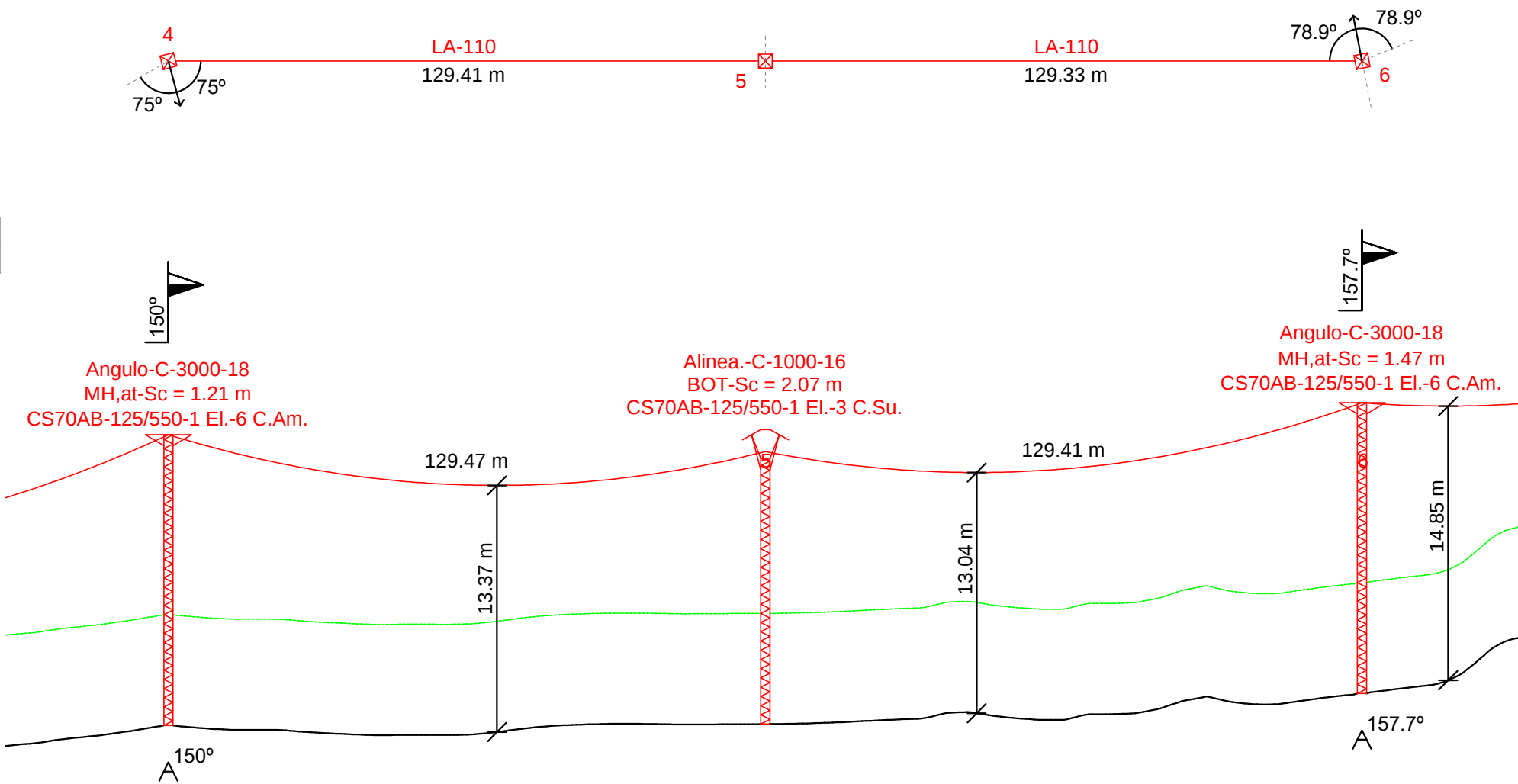
Montaje Bóveda Triangular

APOYOS	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	e(m)	f(m)
5	2	0.55	0.6	1	1.1	0.6



Montaje Horizontal Atirantado

APOYOS	a(m)	g(m)
4	1.25	0.6
6	1.5	0.6



PLANO

COMPARACIÓN = 405.74 m

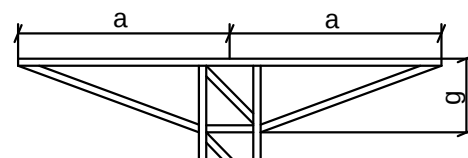
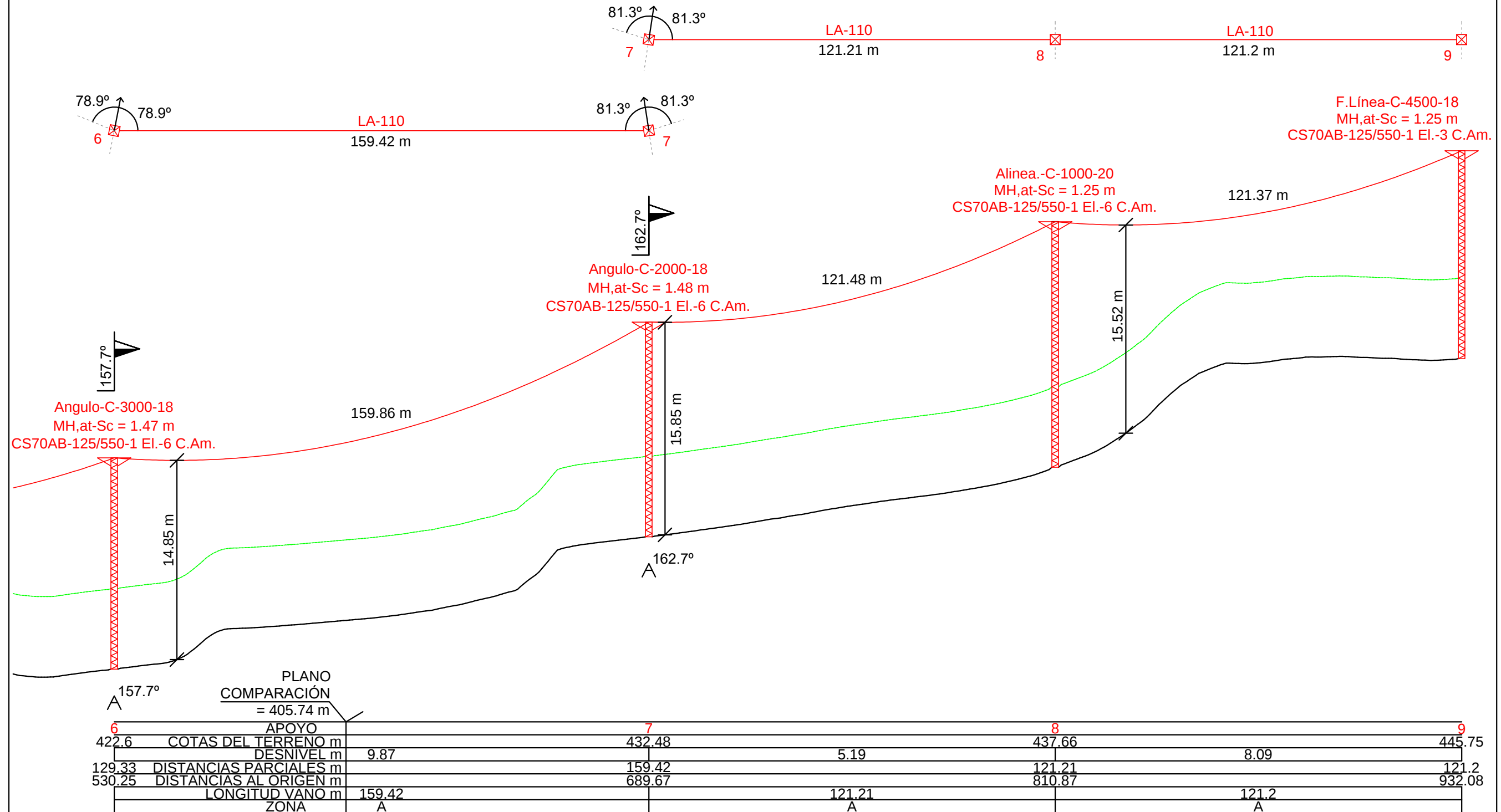
APOYO	4	5	6
COTAS DEL TERRENO m	420.87	420.94	422.6
DESNIVEL m		0.07	1.66
DISTANCIAS PARCIALES m	128.96	129.41	129.33
DISTANCIAS AL ORIGEN m	271.51	400.92	530.25
LONGITUD VANO m	129.41	129.33	
ZONA	A	A	

Obra: ANEXO AL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA DE LAMT A 15(20) KV “PUEBLA_S.P” DE SUB. “ZAFRA”, ENTRE CS 47350 “CDATSCTO.ALCONERA” Y CD 47103 “BURGUILLOS_1”, SITO EN LOS TT.MM. DE ALCONERA Y BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ).

	Nº Solicitud:	Técnico:
	Nº LCA:	Ángel Blanco García
	Solicitante: EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.Unipersonal.	Nº de Colegiado: 1.162
	T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)	Escala: 1/1250
Fecha: junio 2020	PLANTA-PERFIL. LAMT MODIFICADO II	Nº Plano: 03

T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO

N.M.



Montaje Horizontal Atirantado

APOYOS	a(m)	g(m)
6	1.5	0.6
7	1.5	0.6
8	1.25	0.6
9	1.25	0.6

Obra: ANEXO AL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE REFORMA DE LAMT A 15(20) KV "PUEBLA_S.P" DE SUB. "ZAFRA", ENTRE CS 47350 "CDATSCTO.ALCONERA" Y CD 47103 "BURGUILLOS_1", SITO EN LOS TT.MM. DE ALCONERA Y BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ).

e-distribución	Nº Solicitud:	Técnico:
	Nº LCA:	Ángel Blanco García
	Solicitante: EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.Unipersonal.	Nº de Colegiado: 1.162
	T.M. DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)	Escala: 1/1250
Fecha: junio 2020	PLANTA-PERFIL. LAMT MODIFICADO III	Nº Plano: 04