

DECLARACIÓN RESPONSABLE TECNICO PROYECTISTA

D. VICTORIANO GONZALEZ LEMOS con DNI 34.945.119-T y siendo la ubicación de su lugar de trabajo en C/ Carlos Colmeiro Laforet nº 8 bajo, en la localidad de Vigo, código postal 36203 provincia de Pontevedra, en posesión de la titulación de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad electricidad, con número de colegiado 2980.

Declaro bajo mi responsabilidad que:

1. Poseo la titulación indicada anteriormente
2. De acuerdo con las atribuciones profesionales de esta titulación tengo competencia para la redacción y firma del proyecto técnico denominado: ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)
3. No estoy inhabilitado ni administrativa ni judicialmente para la redacción y firma de dicho proyecto
4. El citado proyecto cumple con toda la normativa que le es de aplicación.
5. El proyecto no se encuentra contemplado en el artículo 2 del Real decreto 1000/2010.
6. Dispongo del correspondiente seguro de responsabilidad civil profesional o garantía equivalente.

Y para que conste y produzca los efectos oportunos, se expide y firma esta declaración responsable de la veracidad de los datos e información anteriores.

En A Coruña, 10 de febrero de 2025



VICTORIANO GONZALEZ LEMOS
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD
COLEGIADO 2980

**ANEXO AL PROYECTO
PARA
LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)
(Expediente IN407A 2024/178-1)**

Ejemplar para:	Dirección Xeral de Industria, Enerxía e Minas
Nº Expediente:	618321119012
Ayuntamiento:	Fene
Provincia:	A CORUÑA
Peticionario:	UFD
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL:	VICTORIANO GONZALEZ LEMOS
Colegiado nº:	2980 COITIVIGO

A Coruña, 10 de febrero de 2025

DOCUMENTOS

1 MEMORIA

DOCUMENTO N°1

MEMORIA

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	1



INDICE

0.	PREÁMBULO.....	2
1.	OBJETO.....	2
2.	CONCLUSIÓN.....	20

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	2



0. PREÁMBULO

UFD Distribución Electricidad S.A. tiene en tramitación el proyecto LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE), ante la Xefatura Territorial da Consellería de Economía e Industria - Servicio de Enerxía e Minas – Delegación Territorial da Coruña, con Expte. IN407A 2024/178-1.

Tiene por objeto el presente anexo, el dar contestación al requerimiento remitido por la Sección de Enerxía, Delegación Territorial da Coruña – Xefatura Territorial da Consellería de Economía e Industria a UFD Distribución Electricidad S.A.

Con el propósito de continuar con la tramitación del expediente se contesta a los ítems relativos a la documentación adicional requerida.

1. OBJETO

UNION FENOSA Distribución empresa distribuidora de energía eléctrica, pone en conocimiento de la Xefatura Territorial da Consellería de Economía e Industria lo siguiente:

- Las actuaciones a realizar en los apoyos existentes AR627Q79//D15 y AQT22F7M//D24, que tendrán la consideración de frecuentados, supondrán la instalación de nuevas PAT tipo autoválvulas en los mismos.
- La protección contra sobretensión del CT 1 Proyectado se localiza en el apoyo AR627Q79//D15 mediante la instalación de autoválvulas.
- Se aportan a continuación los cálculos de la puesta a tierra corregidos de los centros de transformación proyectados, que se corresponden con los apartados 7.1.1.8 (CT 1) y 7.1.2.8 (CT 2) del proyecto original.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN ENVOLVENTE PREFABRICADA Y NO PREFABRICADA (CT PROYECTADO Nº1)

7.1.1.8 Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra se ha diseñado teniendo en cuenta en todo momento las directrices de los proyectos tipo del Ministerio de Industria (PLANER) y de UFD para Centros de Transformación, el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías d de Seguridad en instalaciones eléctricas de Alta Tensión (R.D. 337/2014), sus Instrucciones Técnicas Complementarias y particularmente la ITC-RAT 13.

Después de construida la instalación de tierra, se harán las comprobaciones y verificaciones -in situ- tal como indica el apartado 8.1 de la ITC RAT13 y se efectuarán los cambios necesarios para cumplir las prescripciones generales de seguridad

7.1.1.8.1 Datos de partida

El centro de transformación que se proyecta se alimenta de una subestación cuyas características son las siguientes:

Nombre: VILAR DO COLO
Tensión de servicio de MT: 15 kV
Conexión del neutro: AISLADO
Corriente de arranque del relé (Ia): 1,5 A.
Tiempo de operación del relé(To): 125 ms.
Tiempo de duración de la falta(tf): 700 ms.
Nº de reenganches: 1
Km de línea de M.T. aérea (La) : 55,004 Km.

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	3



Km de línea de M.T. subterránea (Ls) : 64,086 Km.

Capacidad total de los condensadores de acoplamiento del sistema de telecontrol (Ct): 16,3 μ F

Reactancia capacitiva equivalente a la red de M.T. de la subestación, incluidos los condensadores de acoplamiento del sistema de telecontrol $X_c = 29,611$.

Nivel de aislamiento de BT = 10 kV

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

Además de las características del suelo, para el dimensionamiento del sistema de puesta a tierra es necesario conocer:

1. el valor de la corriente de falta, que depende principalmente del método de puesta a tierra del neutro de la red de AT.
2. la duración de la misma, que también depende principalmente del método de puesta a tierra del neutro de la red de AT.
3. El neutro de la red de AT de UFD está aislado de tierra.

Intensidad de puesta a tierra (I_E)

En el caso de red de AT con neutro aislado, la intensidad de falta a tierra se obtiene mediante la siguiente expresión

$$|I_F| = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

siendo:

U_n	tensión nominal de la red	[V]
ω	pulsación eléctrica	
C_a	capacidad de las líneas aéreas que parte de la subestación	[μ F/km]
L_a	longitud de todas las líneas aéreas que parte de la subestación	[km]
C_s	capacidad de las líneas de cables aislados que parten de la subestación	[μ F/km]
L_s	longitud de todas las líneas con cables aislados que parte de la subestación	[km]
R_t	resistencia de puesta a tierra general	[Ω]

La intensidad de puesta a tierra (I_E) es la parte de la intensidad de falta (I_F) que provoca la elevación del potencial de la instalación a tierra.

$$I_E = r \cdot I_F$$

siendo:

r factor de reducción por efecto inductivo debido a los cables de tierra

El valor de la intensidad de defecto a tierra máxima se obtiene cuando el valor de R es nulo en la expresión anterior con lo que:

$$I_{F \max} = 3 \times c \times V_n \times \omega \times C$$

A partir de esta expresión se calcula la capacidad total fase-tierra de las líneas y los cables que salen de la subestación (C):

$$C = \frac{I_{F \max}}{3 \times c \times V_n \times \omega}$$

Teniendo en cuenta la resistencia de puesta a tierra general del centro de transformación (R_t), la intensidad de defecto a tierra para un defecto en el lado de alta tensión del centro, se puede calcular según la expresión siguiente:

$$I_F = \frac{3 \times c \times V_n}{\sqrt{(3 \times R_t)^2 + \left(\frac{1}{\omega \times C}\right)^2}}$$

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	4



Si se trata de un centro ubicado en zona urbana, la resistencia de puesta a tierra general de dicho centro estará conectada en paralelo con la de otros centros a través de las pantallas de los cables subterráneos de alta tensión, por lo cual la intensidad de puesta a tierra, I_E , que circula por la puesta a tierra del centro a proyectar, será, tal y como se ha indicado anteriormente, tan solo una fracción de I_F .

Duración de falta de puesta a tierra

En el ámbito del presente proyecto y considerando las características propias de la red de UFD, el tiempo de actuación de las protecciones para la falta a tierra será:

$$t_F = T_o + T_o + k \cdot 700 \text{ ms.}$$

Determinación de la Resistividad

De acuerdo con la instrucción ITC-RAT-13 indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 1.500 A, se puede, basándose en una inspección visual, estimar la resistividad del terreno mediante la Tabla 2 de la citada ITC, siendo, por el contrario, necesaria su medida para corrientes superiores a la indicada.

Se consideraran los efectos de la humedad y de la temperatura.

- Resistividad superficial (ρ_s) = 3000 $\Omega \cdot m$

- Resistividad del terreno (ρ) = 350 $\Omega \cdot m$

La resistividad a considerar dependerá de si existe o no una capa superficial de resistividad elevada:

Resistividad a considerar en la acera perimetral:

$$\rho_s = \rho_{\text{aparente}} = \rho_{\text{capa}} \cdot C_s$$

$$C_s = 1 - 0,106 \left[\frac{1 - \frac{\rho_{\text{terreno}}}{\rho_{\text{capa}}}}{2h_s + 0,106} \right] = 0,769$$

7.1.1.8.2 Tensión de paso máxima admisible

Su valor será:

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 28273,153 \text{ V}$$

Donde:

U_{pa}	Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies	[V]
Z_B	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
R_{a1}	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	[Ω] 0
R_{a2}	Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$, siendo ρ_s la resistividad superficial del suelo	[Ω]

7.1.1.8.3 Tensión de contacto máxima admisible

Puesto que no hay posibilidad de contacto debido a las medidas adicionales se calcula el valor de la tensión de paso en el acceso:

$$U_{p, \text{acceso}} = 10U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{Z_B} \right] = 28386,576 \text{ V}$$

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	5

Donde:

U_{ca}	Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies	[V]
ZB	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
R_{a1}	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	[Ω] 0
R_{a2}	Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie $R_{a2}=3 \cdot \rho_s$, siendo ρ_s la resistividad superficial del suelo	[Ω]

Se aplican las medidas de seguridad descritas en el apartado 2.2 de la ITC RAT 13 limitando así cualquier potencial, reduciendo los riesgos para las personas y bienes:

Se instalará forrado antiescalo aislante en el apoyo del CTi.

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.

Acera perimetral de hormigón alrededor del centro de anchura 1 m y espesor de 15 cm

7.1.1.8.4 Descripción del electrodo puesta a tierra

El electrodo elegido está formado por: Anillo cuadrado de 3 metros de lado con cuatro picas de cobre de 2 metros de longitud enterrado a 0,8 metros de profundidad.

7.1.1.8.5 Resultados del cálculo

Con este electrodo se obtienen los siguientes resultados:

- Corriente de defecto $I_d = 117,485$ A
- Tensión de paso $V_p = 731,93$ V
- Tensión de contacto $V_c = 2241,021$ V (medidas adicionales)
- Resistencia de puesta a tierra $R_p = 36,75$ Ω
- Tensión de defecto $V_d = 4317,563$ V

Valores todos ellos inferiores a los máximos admisibles de acuerdo con el reglamento.

7.1.1.8.6 Tierra de neutro

Dado que la tensión de defecto es superior a 1000 V se instalará una tierra independiente de neutro cuya resistencia global, considerando todas las tomas dispuestas en distintos puntos de la red, sea inferior a 80 Ohm.

En este caso la separación mínima entre ambos sistemas de puesta a tierra será:

$$D = I_d \cdot \rho / (2000 \cdot \pi) = 6,544 \text{ m.}$$

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	6



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN EN ENVOLVENTE PREFABRICADA Y NO PREFABRICADA (CT PROYECTADO Nº2)

7.2.1.8 Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra se ha diseñado teniendo en cuenta en todo momento las directrices de los proyectos tipo del Ministerio de Industria (PLANER) y de UFD para Centros de Transformación, el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones eléctricas de Alta Tensión (R.D. 337/2014), sus Instrucciones Técnicas Complementarias y particularmente la ITC-RAT 13.

Después de construida la instalación de tierra, se harán las comprobaciones y verificaciones -in situ- tal como indica el apartado 8.1 de la ITC RAT13 y se efectuarán los cambios necesarios para cumplir las prescripciones generales de seguridad

7.2.1.8.1 Datos de partida

El centro de transformación que se proyecta se alimenta de una subestación cuyas características son las siguientes:

Nombre: VILAR DO COLO

Tensión de servicio de MT: 15 kV

Conexión del neutro: AISLADO

Corriente de arranque del relé (I_a): 1,5 A.

Tiempo de operación del relé (T_o): 125 ms.

Tiempo de duración de la falta (t_f): 700 ms.

Nº de reenganches: 1

Km de línea de M.T. aérea (L_a): 55,004 Km.

Km de línea de M.T. subterránea (L_s): 64,086 Km.

Capacidad total de los condensadores de acoplamiento del sistema de telecontrol (C_t): 16,3 µF

Reactancia capacitiva equivalente a la red de M.T. de la subestación, incluidos los condensadores de acoplamiento del sistema de telecontrol X_c = 29,611.

Nivel de aislamiento de BT = 10 kV

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

Además de las características del suelo, para el dimensionamiento del sistema de puesta a tierra es necesario conocer:

1. el valor de la corriente de falta, que depende principalmente del método de puesta a tierra del neutro de la red de AT.
2. la duración de la misma, que también depende principalmente del método de puesta a tierra del neutro de la red de AT.
3. El neutro de la red de AT de UFD está aislado de tierra.

Intensidad de puesta a tierra (I_F)

En el caso de red de AT con neutro aislado, la intensidad de falta a tierra se obtiene mediante la siguiente expresión

$$|I_F| = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

siendo:

U_n tensión nominal de la red [V]

ω pulsación eléctrica

C_a capacidad de las líneas aéreas que parte de la subestación [µF/km]

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	7



L_a	longitud de todas las líneas aéreas que parte de la subestación	[km]
C_s	capacidad de las líneas de cables asilados que parten de la subestación	[μF/km]
L_s	longitud de todas las líneas con cables aislados que parte de la subestación	[km]
R_t	resistencia de puesta a tierra general	[Ω]

La intensidad de puesta a tierra (I_E) es la parte de la intensidad de falta (I_F) que provoca la elevación del potencial de la instalación a tierra.

$$I_E = r \cdot I_F$$

siendo:

r factor de reducción por efecto inductivo debido a los cables de tierra

El valor de la intensidad de defecto a tierra máxima se obtiene cuando el valor de R es nulo en la expresión anterior con lo que:

$$I_{F \max} = 3 \times c \times V_n \times \omega \times C$$

A partir de esta expresión se calcula la capacidad total fase-tierra de las líneas y los cables que salen de la subestación (C):

$$C = \frac{I_{F \max}}{3xcxV_nx\omega}$$

Teniendo en cuenta la resistencia de puesta a tierra general del centro de transformación (R_t), la intensidad de defecto a tierra para un defecto en el lado de alta tensión del centro, se puede calcular según la expresión siguiente:

$$I_F = \frac{3xcxV_n}{\sqrt{(3xRt)^2 + \left(\frac{1}{\omega x C}\right)^2}}$$

Si se trata de un centro ubicado en zona urbana, la resistencia de puesta a tierra general de dicho centro estará conectada en paralelo con la de otros centros a través de las pantallas de los cables subterráneos de alta tensión, por lo cual la intensidad de puesta a tierra, I_E , que circula por la puesta a tierra del centro a proyectar, será, tal y como se ha indicado anteriormente, tan solo una fracción de I_F .

Duración de falta de puesta a tierra

En el ámbito del presente proyecto y considerando las características propias de la red de UFD, el tiempo de actuación de las protecciones para la falta a tierra será:

$$t_F = T_o + T_o + k \quad 700 \text{ ms.}$$

Determinación de la Resistividad

De acuerdo con la instrucción ITC-RAT-13 indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 1.500 A, se puede, basándose en una inspección visual, estimar la resistividad del terreno mediante la Tabla 2 de la citada ITC, siendo, por el contrario, necesaria su medida para corrientes superiores a la indicada.

Se consideraran los efectos de la humedad y de la temperatura.

- Resistividad superficial (ρ_s) = 3000 Ω.m
- Resistividad del terreno (ρ) = 350 Ω.m

La resistividad a considerar dependerá de si existe o no una capa superficial de resistividad elevada:

Resistividad a considerar en la acera perimetral:

$$\rho_s = \rho_{\text{aparente}} = \rho_{\text{capa}} \cdot C_s$$

$$C_s = 1 - 0,106 \left[\frac{1 - \frac{\rho_{\text{terreno}}}{\rho_{\text{capa}}}}{2h_s + 0,106} \right] = 0,769$$

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	8

7.2.1.8.2 Tensión de paso máxima admisible

Su valor será:

$$U_p = U_{pa} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 28273,153 \text{ V}$$

Donde:

U_{pa}	Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies	[V]
Z_B	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
R_{a1}	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	[Ω] 0
R_{a2}	Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$, siendo ρ_s la resistividad superficial del suelo	[Ω]

7.2.1.8.3 Tensión de contacto máxima admisible

Puesto que no hay posibilidad de contacto debido a las medidas adicionales se calcula el valor de la tensión de paso en el acceso:

$$U_{p,acceso} = 10U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{Z_B} \right] = 28386,576 \text{ V}$$

Donde:

U_{ca}	Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies	[V]
Z_B	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
R_{a1}	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	[Ω] 0
R_{a2}	Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie $R_{a2} = 3 \cdot \rho_s$, siendo ρ_s la resistividad superficial del suelo	[Ω]

Se aplican las medidas de seguridad descritas en el apartado 2.2 de la ITC RAT 13 limitando así cualquier potencial, reduciendo los riesgos para las personas y bienes:

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.

Acera perimetral de hormigón alrededor del centro de anchura 1 m y espesor de 15 cm

7.2.1.8.4 Descripción del electrodo puesta a tierra

El electrodo elegido está formado por: Anillo cuadrado de 3 metros de lado con cuatro picas de cobre de 2 metros de longitud enterrado a 0,8 metros de profundidad.

7.2.1.8.5 Resultados del cálculo

Con este electrodo se obtienen los siguientes resultados:

- Corriente de defecto $I_d = 117,485 \text{ A}$
- Tensión de paso $V_p = 731,93 \text{ V}$
- Tensión de contacto $V_c = 2241,021 \text{ V}$ (medidas adicionales)

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	9



- Resistencia de puesta a tierra $R_p = 36,75 \Omega$
- Tensión de defecto $V_d = 4317,563 \text{ V}$

Valores todos ellos inferiores a los máximos admisibles de acuerdo con el reglamento.

7.2.1.8.6 Tierra de neutro

Dado que la tensión de defecto es superior a 1000 V se instalará una tierra independiente de neutro cuya resistencia global, considerando todas las tomas dispuestas en distintos puntos de la red, sea inferior a 80 Ohm.

En este caso la separación mínima entre ambos sistemas de puesta a tierra será:

$$D = I_d \cdot \rho / (2000 \cdot \pi) = 6,544 \text{ m.}$$

- Se aportan a continuación los cálculos eléctricos corregidos, con respecto al número de ternas, y el cálculo de tierras de los apoyos existentes AR627Q79//D15 y AQT22F7M//D24 por su consideración de frecuentados y que sustituyen al apartado 7.1.3 del proyecto original. Las diferencias existentes en las intensidades de defecto entre los centros de transformación y los apoyos existentes son debidas a los diferentes tipos de puesta a tierra empleados en cada uno de ellos.

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	10



7.1.3 LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS HASTA 20 kV

7.1.3.1 Características Generales

Actuación 1

TENSIÓN NOMINAL:	15 kV
CONDICIONES DE INSTALACIÓN:	BAJO TUBO
1 Temperatura del terreno:	25 °C
2 Resistividad térmica del terreno:	1,5 K.m/W
3 Profundidad de los cables:	1,2 m
4 Agrupación de los cables:	4 Ternas
CONDUCTOR TIPO /SECCIÓN(mm ²):	RHZ1-2OL 12/20KV 1X150 mm ² Al
ORIGEN:	PAS Proyectado en apoyo AR627Q79//D15 existente VDC712
FINAL:	CT Proyectado N°1
LONGITUD (km):	0,153 Km.
FACTOR DE POTENCIA COSφ:	0,8
FACTOR DE CORRECCIÓN DE INT. MAX. EN LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN PREVISTAS	0,6272
1 Factor Temperatura del terreno	1,00
2 Factor Resistividad térmica del terreno	1,00
3 Factor Profundidad de los cables	0,98
4 Factor Agrupación de los cables	0,64

Actuación 2

TENSIÓN NOMINAL:	15 kV
CONDICIONES DE INSTALACIÓN:	BAJO TUBO
5 Temperatura del terreno:	25 °C
6 Resistividad térmica del terreno:	1,5 K.m/W
7 Profundidad de los cables:	1,2 m
8 Agrupación de los cables:	6 Ternas
CONDUCTOR TIPO /SECCIÓN(mm ²):	RHZ1-2OL 12/20KV 1X240 mm ² Al
ORIGEN:	Apoyo AQT22F7M//D24 existente VDC712
FINAL:	Apoyo AQT22F7M//D24 existente VDC712, tras realizar E/S en CT Proyectado N°2
LONGITUD (km):	0,120 Km.
FACTOR DE POTENCIA COSφ:	0,8

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	11

FACTOR DE CORRECCIÓN DE INT. MAX. EN LAS 0,5586
CONDICIONES DE INSTALACIÓN PREVISTAS

5 Factor Temperatura del terreno	1,00
6 Factor Resistividad térmica del terreno	1,00
7 Factor Profundidad de los cables	0,98
8 Factor Agrupación de los cables	0,57

7.1.3.2 Cálculos Eléctricos

Todos los cálculos eléctricos relativos a la línea subterránea de MT objeto del presente proyecto, han sido realizados de acuerdo con el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Subterráneas de hasta 20 kV de UFD.

Intensidad máxima admisible

La intensidad máxima admisible será:

Actuación 1

$$I = I_{MAX} \cdot F_C = 153,66 \text{ A}$$

Actuación 2

$$I = I_{MAX} \cdot F_C = 178,75 \text{ A}$$

Potencia a transportar

La potencia a transportar será:

Actuación 1

$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi = 3.193,85 \text{ kW}$$

Actuación 2

$$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi = 3.715,29 \text{ kW}$$

Caída de tensión

La caída de tensión de la línea será:

Actuación 1

$$\Delta u\% = P \frac{L}{10 U^2} (R + X \operatorname{tg} \varphi) = 0,077 \%$$

Actuación 2

$$\Delta u\% = P \frac{L}{10 U^2} (R + X \operatorname{tg} \varphi) = 0,048 \%$$

Pérdida de potencia

La pérdida de potencia de la línea será:

Actuación 1

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 U^2 \cos^2 \varphi} = 0,090 \%$$

Actuación 2

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 U^2 \cos^2 \varphi} = 0,050 \%$$

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	12

7.1.3.3 Instalación de Puesta a Tierra

El dimensionamiento de la instalación de puesta a tierra se realizará según el Proyecto Tipo de Líneas Aéreas hasta 20 kV, el cual se ha realizado en conformidad del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, sus Instrucciones Técnicas Complementarias, y siguiendo directrices obtenidas del documento UNESA “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría”

Consideraciones Previas

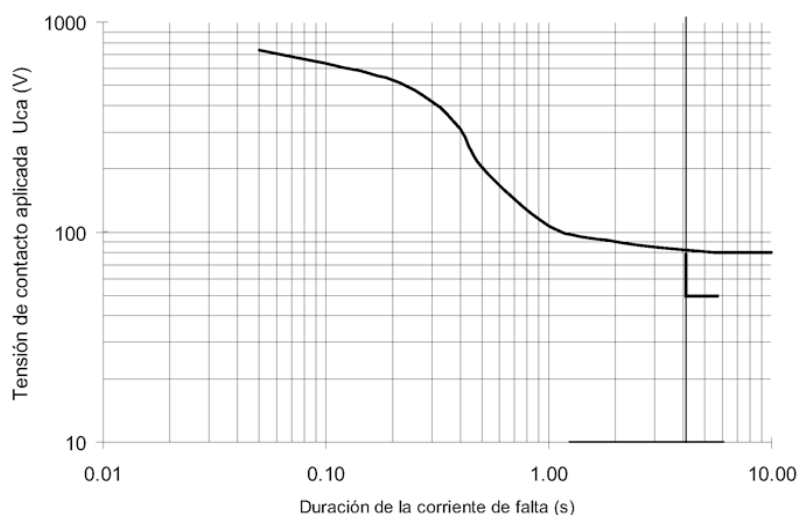
En la determinación de la eficacia de la toma de tierra proyectada hay dos parámetros fundamentales del problema, que son:

- 1.-Tiempo de eliminación del defecto, parámetro que viene determinado por el tipo de relés a emplear (t)
- 2.-Intensidad de defecto máxima previsible, parámetro que depende de las características de la línea (longitud, capacidad distribuida, etc.) (Id)
- 3.- El tipo de conexión del neutro de la red de AT, que para instalaciones de UFD está aislado de tierra.

Dimensionamiento con respecto a la seguridad de las personas

Cuando se produce una falta a tierra, partes de la instalación se pueden poner en tensión, y en el caso de que una persona estuviese en contacto con la misma, podría circular a través de ésta una corriente peligrosa. Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada (U_{ca}) a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de corriente de falta, se presentan en la curva de Figura 1 del apartado 7.3.4.1 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

Figura 1 de ITC-RAT-13



Los valores admisibles de la tensión de paso aplicada (U_{pa}) entre los dos pies de una persona considerando únicamente la propia impedancia del cuerpo humano sin resistencias adicionales como las de contacto con el terreno o las del calzado se definen como diez veces el valor admisible de la tensión de contacto aplicada.

Si un sistema de puesta a tierra satisface los requisitos numéricos establecidos para tensiones de contacto aplicadas, se puede suponer que, en la mayoría de los casos, no aparecerán tensiones de paso aplicadas

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	13



peligrosas. Cuando las tensiones de contacto 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

Resistividad de la instalación

Habida cuenta de que el electrodo en ningún caso se enterrará a menos de 0,50 m de profundidad, para tener así en cuenta los efectos de la humedad y temperatura y viendo los terrenos en los que se realiza la instalación, el valor de la resistividad superficial se ha de comprobar a la hora de la instalación, modificando el estudio en el caso de desviaciones no admisibles.

Se considerarán los efectos de la humedad y de la temperatura.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

Además de las características del suelo, para el dimensionamiento del sistema de puesta a tierra es necesario conocer:

1. El valor de la corriente de falta, que depende principalmente del método de puesta a tierra del neutro de la red de AT.
2. La duración de la corriente de falta hasta su eliminación por los dispositivos de protección instalados por la compañía (tiempo proporcionado por UFD).
3. El neutro de la red de AT de UFD está aislado de tierra.

Intensidad de puesta a tierra (I_E)

En el caso de red de AT con neutro aislado, la intensidad de falta a tierra se obtiene mediante la siguiente expresión

$$|I_F| = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}} \quad (1.a)$$

siendo:

U_n	tensión nominal de la red	[V]
ω	pulsación eléctrica	
C_a	capacidad de las líneas aéreas que parte de la subestación	[μF/km]
L_a	longitud de todas las líneas aéreas que parte de la subestación	[km]
C_s	capacidad de las líneas de cables aislados que parten de la subestación	[μF/km]
L_s	longitud de todas las líneas con cables aislados que parte de la subestación	[km]
R_t	resistencia de puesta a tierra general	[Ω]

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	14



Determinación de la resistencia de puesta a tierra del electrodo seleccionado

Elegida la configuración del electrodo, si se ajusta a alguna de las incluidas en las tablas del documento UNESA obtenemos los valores unitarios característicos de la misma según se refleja en cálculos anexos.

Tensiones de paso y contacto máximas admisibles reglamentariamente

Datos de partida

Tensión de servicio (Vn)	20 kV
Puesta a tierra del neutro de AT	Aislado
Duración de la corriente de falta hasta su eliminación (tF)	0,7 s
Resistividad superficial del suelo (rs) :	
Resistividad del terreno (rterreno Apoyo AR627Q79//D15)	300 Ω x m
Resistividad del terreno (rterreno Apoyo AQT22F7M//D24)	350 Ω x m
Resistividad del hormigón (rhormigón)	3000 Ω x m

De acuerdo a lo expuesto en el apartado 7.3.4 de la ITC-LAT-07, una vez definido el valor de la tensión de contacto aplicada admisible (Uca), se procede a determinar las máximas tensiones de paso y contacto admisible (Up y Up) mediante las expresiones de los apartados siguientes:

Tensión de paso admisible

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

donde:

Upa	Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies	[V]
ZB	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
Ra1	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2.000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	0 Ω
R a2	Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie Ra2=3• ρs; siendo ρs la resistividad superficial del suelo	[Ω]

Tensión máxima de paso de acceso admisible para la instalación

En el caso de que una persona pudiera estar en contacto con dos superficies de resistividades diferentes se calculará la tensión máxima de paso de acceso admisible por extrapolación de la expresión

$$U_{p,acceso} = 10U_{ca} \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{Z_B} \right]$$

donde:

Upa	Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies	[V]
ZB	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
Ra1	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2.000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	0 Ω

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	15



a1	Resistividad de la primera superficie de contacto	[Ω]
a2	Resistividad de la segunda superficie de contacto	[Ω]

Tensión de contacto admisible

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

donde:

U _{ca}	Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y un pie	[V]
Z _B	Impedancia del cuerpo humano	1.000 Ω
R _{a1}	Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante	2.000 Ω
	Cuando las personas puedan estar descalzas	0 Ω
R _{a2}	Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie R _{a2} =3·ρ _s ; siendo ρ _s la resistividad superficial del suelo	[Ω]

En las condiciones de este proyecto, con los electrodos utilizados de acuerdo al proyecto tipo, no se cumplirá con los valores de tensiones de contacto admisibles calculados, por lo que será necesario utilizar medidas adicionales para suprimir estas tensiones de contacto en los apoyos frecuentados (o con elementos de maniobra).

Condiciones que debe cumplir la puesta a tierra

Seguridad de las personas

- Tensión de paso calculada ≤ Tensión de paso máxima admisible
- Tensión de contacto calculada ≤ Tensión de contacto máxima admisible (o medidas adicionales)

Valores máximos previstos

Para las tensiones de paso y contacto, tendremos en cuenta los valores máximos admisibles anteriormente determinados.

Tensión de contacto

Como se indica en el Proyecto Tipo, al no cumplirse los valores admisibles de tensiones de contacto, se adoptan medidas de seguridad adicionales para apoyos considerados frecuentados o con elementos de maniobra; En este caso, se instalará un elemento de protección antiescalada aislante.

Tensión de paso

La tensión de paso viene dada por:

$$U_{p,t-t} = K_{p,t-t} \cdot I_E \cdot \rho_s$$

$$U_{p,a-t} = K_{p,a-t} \cdot I_E \cdot \rho_s$$

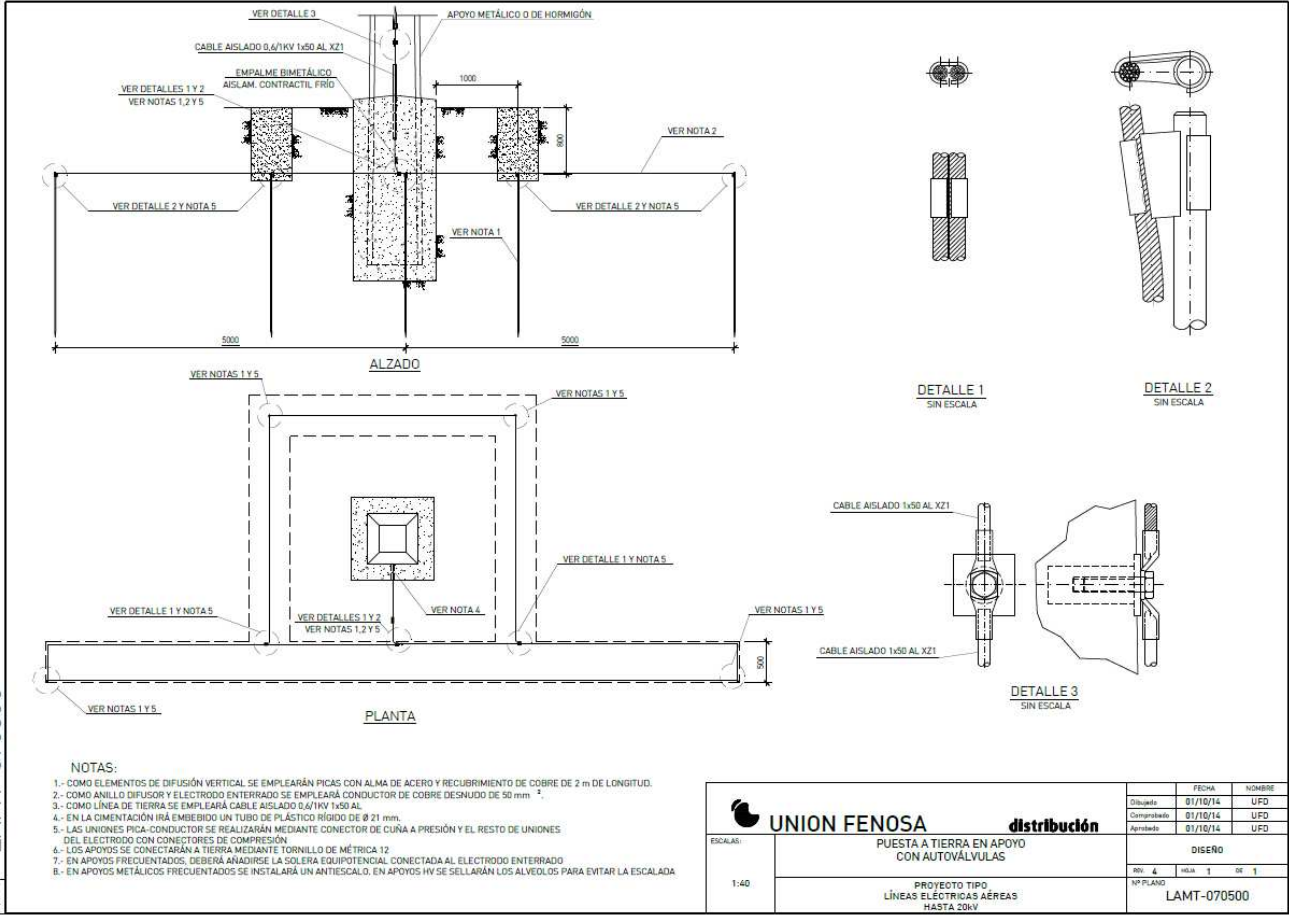
Los valores obtenidos para la tensión de contacto y paso se reflejan en la siguiente tabla.

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	16

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL SISTEMA PAT EN APOYO AR627Q79//D15.

SUBESTACIÓN		
Zona	Norte	
Matricula de la Subestación	VDC	
VILAR DO COLO		
Un	15	kV
NUETRO (AISLADO SI/NO)	SI	
CORRIENTE DE FALTA MAX (Ifmax)	133,06	A
CORRIENTE ARRANQUE (Ia)	1,5	A
TIEMPO OPERACIÓN DEL RELE (To)	125	ms
TIEMPO DURACION FALTA (tf)	0,7	s
Nº REENGANCHES	1	
Km LA	55,004	km
Km LS	64,086	km
REACTANCIA CAP RED MT	1,630E-05	F
NIVEL AISLAM BT	10000	V
APOYO		
FRECIENTADO	SI	
MANIOBRA	XS	
APOYO	C-7000-16	
DIMENSIONES (m x m)	1,80 X 1,80	m2
OTROS DATOS		
RESISTIVIDAD TERRENO (ps)	300	$\Omega \cdot m$
RESISTIVIDAD TERRENO adi (psad)	3000	$\Omega \cdot m$
Ra	2000	Ω
w	314,16	rad/s
DATOS ELECTRODOS		
DIMENSIONES ELECTRODO (m x m)	3,80 X 3,80	PAT EN ANILLO
Kr	0,1279	$\Omega \cdot m$
Kp (terreno-terreno)	0,022	$V/(\Omega \cdot m) \cdot A$
Kc (acera-terreno)	0,0791	$V/(\Omega \cdot m) \cdot A \cdot m$
PROFUNDIDAD	0,5	m
CÁLCULOS PAT		
PAT EN ANILLO (APOYO FRECUENTADO)		
RESISTENCIA PAT (Rt)	38,37	Ω
INTENSIDAD DEFECTO (Id)	126,05	A
TENSIÓN DEFECTO (U'd)	4836,68	V
TENSIÓN DE PASO EXTERIOR (U'p tt) (terreno-terreno)	831,95	V
TENSIÓN DE PASO EXTERIOR (U'p at) (acera-terreno)	2991,25	V
PAT UNA SOLA PICA (APOYO NO FRECUENTADO)		
RESISTENCIA PAT (Rt)	-----	Ω
Kr (pu)	-----	pu
INTENSIDAD (It)	-----	A
TENSIÓN DE CONTACTO (U'c)	-----	V
VALORES ADMISIBLES		
TENSIÓN DE PASO ADM (Up tt)	11233,60	V
TENSIÓN DE PASO EN EL ACCESO ADM (Up at)	21811,62	V
TENSION CONTACTO ADM (Uc)	404,74	V
TIEMPO DE FALTA (Desconexión + Reenganche)	0,70	s
CALCULO RESISTIVIDAD APARENTE		
Uca	165,2	V
Upa	1652	V
RESISTIVIDAD APARENTE (p aparente)	2434,387	$\Omega \cdot m$
Cs	0,8115	
ESPESOR (horm)	0,2	m
COMPROBACIONES		
PAT EN ANILLO (APOYO FRECUENTADO)		
U'd <= 2Uc	NO CUMPLE	Medidas Adicionales
U'p tt <= Up tt	CUMPLE	
U'p at <= Up at	CUMPLE	
PAT UNA SOLA PICA (APOYO NO FRECUENTADO)		
U'c <= Uc	----	

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	17

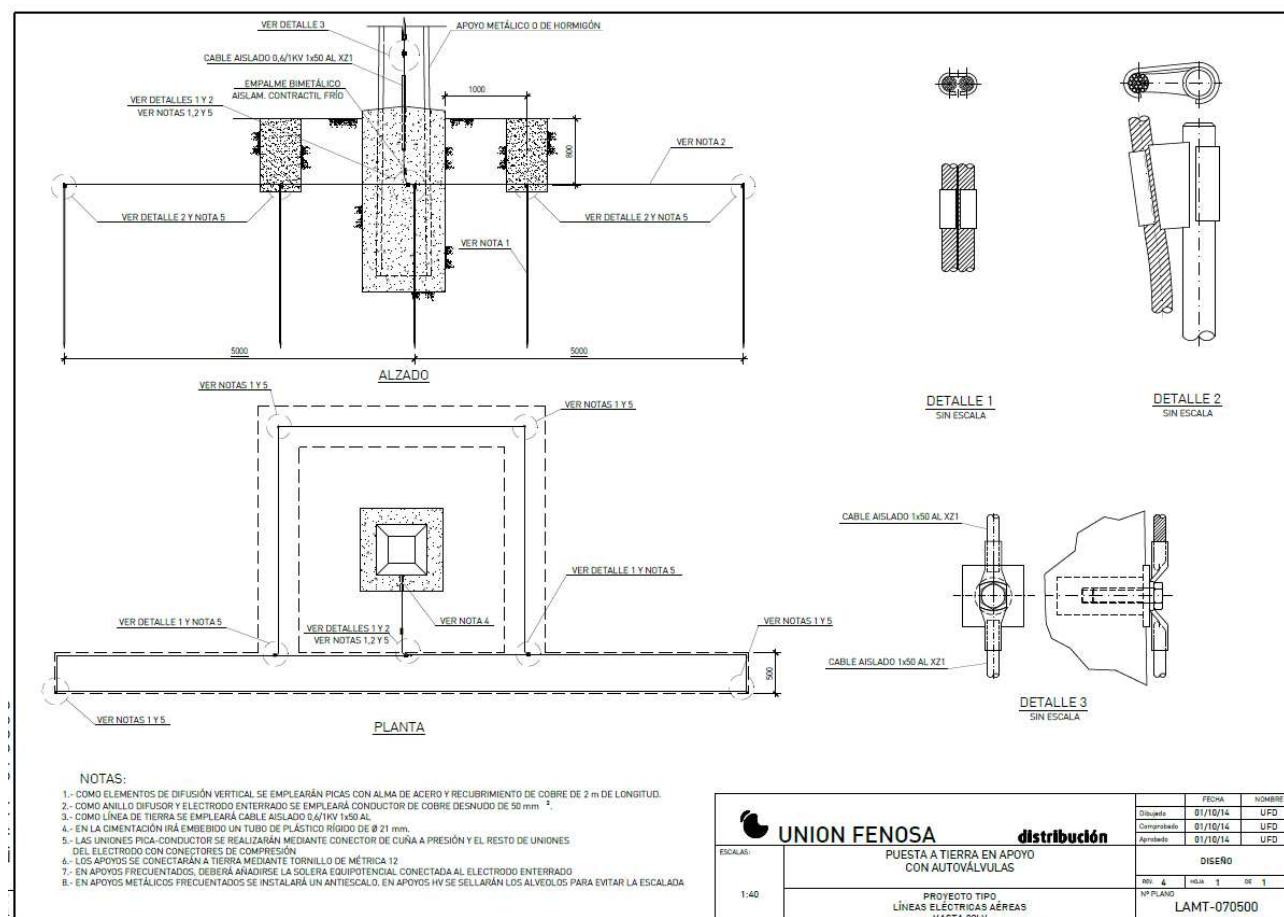


MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	18

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL SISTEMA PAT EN APOYO AQT22F7M//D24.

SUBESTACIÓN		
Zona	Norte	
Matrícula de la Subestación	VDC	
VILAR DO COLO		
Un	15	kV
NUETRO (AISLADO SI/NO)	SI	
CORRIENTE DE FALTA MAX (Ifmax)	133,06	A
CORRIENTE ARRANQUE (Ia)	1,5	A
TIEMPO OPERACIÓN DEL RELE (To)	125	ms
TIEMPO DURACIÓN FALTA (tf)	0,7	s
Nº REENGANCHES	1	
Km LA	55,004	km
Km LS	64,086	km
REACTANCIA CAP RED MT	1,630E-05	F
NIVEL AISLAM BT	10000	V
APOYO		
FRECUENTADO	SI	
MANIOBRA		
APOYO	C-7000-14	
DIMENSIONES (m x m)	1,80 X 1,80	m2
OTROS DATOS		
RESISTIVIDAD TERRENO (ps)	350	$\Omega \cdot m$
RESISTIVIDAD TERRENO adi (psad)	3000	$\Omega \cdot m$
Ra	2000	Ω
w	314,16	rad/s
DATOS ELECTRODOS		
DIMENSIONES ELECTRODO (m x m)	3,80 X 3,80	PAT EN ANILLO
Kr	0,1279	$\Omega/\Omega \cdot m$
Kp (terreno-terreno)	0,022	$V/(\Omega \cdot m) \cdot A$
Kc (acera-terreno)	0,0791	$V/(\Omega \cdot m) \cdot A // m$
PROFUNDIDAD	0,5	m
CÁLCULOS PAT		
PAT EN ANILLO (APOYO FRECUENTADO)		
RESISTENCIA PAT (Rt)	44,765	Ω
INTENSIDAD DEFECTO (Id)	120,57	A
TENSIÓN DEFECTO (U'd)	5397,18	V
TENSIÓN DE PASO EXTERIOR (U'p tt) (terreno-terreno)	928,36	V
TENSIÓN DE PASO EXTERIOR (U'p at) (acera-terreno)	3337,89	V
PAT UNA SOLA PICA (APOYO NO FRECUENTADO)		
RESISTENCIA PAT (Rt)	-----	Ω
Kr (pu)	-----	pu
INTENSIDAD (It)	-----	A
TENSIÓN DE CONTACTO (U'c)	-----	V
VALORES ADMISIBLES		
TENSIÓN DE PASO ADM (Up tt)	11729,20	V
TENSIÓN DE PASO EN EL ACCESO ADM (Up at)	22111,33	V
TENSIÓN CONTACTO ADM (Uc)	417,13	V
TIEMPO DE FALTA (Desconexión + Reenganche)	0,70	s
CALCULO RESISTIVIDAD APARENTE		
Uca	165,2	V
Upa	1652	V
RESISTIVIDAD APARENTE (ρ aparente)	2444,862	$\Omega \cdot m$
Cs	0,8150	
ESPESOR (horm)	0,2	m
COMPROBACIONES		
PAT EN ANILLO (APOYO FRECUENTADO)		
U'd <= 2Uc	NO CUMPLE	Medidas Adicionales
U'p tt <= Up tt	CUMPLE	
U'p at <= Up at	CUMPLE	
PAT UNA SOLA PICA (APOYO NO FRECUENTADO)		
U'c <= Uc	----	

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	19



Conclusiones

Todos los cálculos y criterios seguidos en los valores obtenidos anteriormente se han realizado de acuerdo con la ITC-RAT 13 y el documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría”.

Con los valores determinados y conociendo la intensidad y el tiempo de defecto podemos comprobar si la tierra diseñada cumple con el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones Técnicas complementarias.

Una vez construida la toma de tierra se harán las comprobaciones y verificaciones precisas para comparar los valores reales con los deducidos, debiéndose proceder a mejorar ésta en el caso de existir no coincidencia de carácter negativo.

MEMORIA			
ANEXO AL PROYECTO LMT, CCTT, RBT LUGARES CASTRO Y REGO DA MOA (FENE)			
Referencia	Revisión	Fecha	Página
618321119012	0	10/02/2025	20



2. CONCLUSIÓN

Expuestas en este Anexo las razones que justifican la necesidad de la instalación y sus características, se solicita la Aprobación, para que se lleve a cabo la tramitación que corresponda.

A Coruña, 10 de febrero de 2025

VICTORIANO GONZALEZ LEMOS
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL
COLEGIADO COITIVIGO Nº 2980