

6.4.8. TERMINALES DE EXTERIOR (TRANSICIÓN AÉREO – SUBTERRÁNEO)

Los terminales de exterior serán de composite y para una tensión de 220 kV nominales. Estos terminales tienen el aislador de composite cementada a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa metálica.

Esta placa está montada sobre aisladores de pedestal los cuales se apoyan en la estructura metálica que va anclada al suelo después del punto de medida fiscal. El arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Se emplea un cono deflector elástico preformado para el control del campo en la terminación del cable que queda instalado dentro del aislador. El aislador se rellena de aceite de silicona que no requiere un control de la presión de este.

Se utilizarán manguitos de conexión a presión diseñada para resistir esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento habitual y los eventos de cortocircuito.

Esta descripción no corresponde a un cable específico de un fabricante, ni por lo tanto a unos terminales de catálogo. Los datos finales del conductor y de los terminales se determinarán en función de las ofertas reales del fabricante que cumplan con los requisitos de diseño.

6.4.9. PERFORACIÓN DIRIGIDA

En caso de que fueran necesarios para realizar cruzamientos con carreteras, ríos, vías de tren, etc. Que no permitan la apertura de zanja a través de ellos, se emplearía la perforación dirigida, que consiste en un topo que realiza una excavación parabólica bajo el cruzamiento a realizar.

Podrán realizarse perforación mediante tubos independientes para cada conductor o bien una vaina de polietileno de alta densidad que agrupe varios conductores.

La perforación subterránea horizontal dirigida sustituye la apertura de zanjas en aquellos ámbitos en los que no sea una opción viable. Se trata de un método rápido, limpio y ecológico.

Anterior al trabajo en campo, debe realizarse un estudio previo. El diseño del trabajo debe ser preciso para la elección de la máquina y útiles adecuados para cada obra. Así pues, es necesario realizar una topografía exacta de la zona de trabajo y una investigación geológica con sondeos de recuperación de testigo continuo para determinar el terreno a perforar.

Una vez en campo, la primera operación a realizar es la construcción del pozo de trabajo con unas dimensiones que dependerán del espacio de trabajo, del diámetro del tubo de revestimiento y de la máquina perforadora a emplear, entre otros. Las dimensiones se medirán desde el eje de la conducción, donde se ubicará la maquinaria de perforación. Los laterales de este pozo se deberán hormigonar o entibar o ataluzar si la profundidad de este, o las condiciones del terreno, así lo exigiesen.

Se deberá realizar una solera para que la máquina perforadora quede asentada bien en el suelo y así evitar el error que pudiera implicar el movimiento de la perforadora (debido a terrenos poco compactos, posibles vibraciones, niveles freáticos...)

En la cara posterior del pozo, visto éste en el sentido de avance, se deberá cuidar la perpendicularidad del eje, y si por la longitud y el diámetro del paso fuese necesario, se construirá un muro de reacción para soportar el empuje máximo a realizar. Una vez instalada la máquina en el pozo de trabajo y comprobadas la línea y cota, se procederá a la bajada del primer tubo de acero, con una longitud habitual de 6 metros, que aloja en su interior la broca de corte y los sinfines de extracción.

La máquina está dotada de un motor-reductor hidráulico que da giro al conjunto de broca y sinfines y de dos mecanismos de empuje, uno para el tubo y otro para el sinfín, lo que permite independizar el avance de cada uno, siendo la naturaleza del terreno, la que determine la posición de la broca dentro de la vaina, que solo estará avanzada respecto al tubo unos centímetros en terrenos donde la dureza y la estabilidad así lo requieran.

Cuando el primer tubo esté introducido en el terreno, se retirará hacia atrás el mecanismo de empuje, procediéndose a la bajada, alineación y soldadura del segundo tubo. Este ciclo se repite, hasta alcanzar la longitud deseada, tras lo cual se retiran los sinfines del interior de la vaina, quedando ésta dispuesta para colocar en su interior. La conducción deseada, que debe de tener unos centímetros menos de diámetro exterior para facilitar su instalación.

En la salida se necesita abrir un pozo de recepción para recuperar el escudo dirigible este tendrá 3 metros de largo (en el sentido de avance) x 2.5 metros de anchura x 0.80 metros (desde el eje de la perforación).

La tubería que se va a instalar contará con un revestimiento exterior de fibra de vidrio para protección catódica.

Una vez realizada la instalación del tubo principal, se procederá a introducir los conductores eléctricos en sus respectivos tubos. En la misma conducción principal se dispondrán un tubo de telecomunicaciones, así como dos tubos de reserva, uno para el circuito eléctrico y otro para la fibra óptica

6.4.10. PERFORACIÓN HORIZONTAL O HINCA

En el caso de necesidad de cruzamientos cortos que no permitan la apertura de zanja a través de ellos, otra opción diferente a la perforación dirigida sería realizar una hinca de acero, que consiste en realizar una perforación horizontal con tubo de acero bajo el cruzamiento a atravesar.

Se empleará un tubo de acero para agrupar varios conductores.

7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El programa previsto para la ejecución de la línea, una vez realizado el Proyecto de ejecución y obtenidos todos los permisos y autorizaciones pertinentes por parte de los organismos afectados, tendrá una duración aproximada de seis meses para el tramo aéreo y aproximadamente seis meses para el tramo subterráneo, distribuidos de acuerdo con el siguiente cronograma:

Para la línea aérea

	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	L/220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (SC SEGUNDO TRAMO)																							
1.1																								
1.2																								
1.3																								
1.4																								
1.5																								
1.7																								
1.8																								
1.9																								
1.10																								
1.11																								
1.12																								
1.13																								
1.14																								
1.15																								
1.16																								
1.17																								
1.18																								
2.0																								
3.0																								

Para la línea subterránea:

		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	L/220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (SC SEGUNDO TRAMO)																								
1.1	Replanteo de canalización																								
1.2	Desbroce y tala de arbolado (sólo si aplica)																								
1.3	Adecuación de accesos																								
1.4	Adecuación de campos de acopio																								
1.5	Acopio y clasificación de materiales																								
1.6	Excavación de zanja																								
1.7	Colocación de tubos en la canalización																								
1.8	Hormigonado de zanja																								
1.9	Reposición del firme																								
1.10	Mandrilado de canalización																								
1.11	Tendido de conductores																								
1.12	Confección de terminales																								
1.13	Confección de empalmes (sólo si aplica)																								
1.14	Pruebas de la instalación en vacío																								
1.15	Señalización																								
1.16	Limpieza de áreas afectadas																								
1.17	Restauración de terrenos																								
1.18	Verificación e inspección inicial																								
2.0	Vigilancia medioambiental																								
3.0	Seguridad y salud																								

8. CRUZAMIENTOS

8.1. NORMAS APLICABLES

Las normas aplicables a los cruzamientos de esta línea están recogidas en el 5º apartado de la ITC-LAT-07 del vigente Reglamento de condiciones técnicas y de seguridad en líneas de alta tensión aprobado por el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero.

A continuación, se incluye la tabla base a partir de la cual se determinarán las distancias, y posteriormente se detallarán las distancias de seguridad en los distintos casos de cruzamientos necesarios en este proyecto.

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{ei} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Donde:

- D_{ei} : 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. D_{ei} puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- 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. D_{pp} es una distancia interna.

Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra

Este apartado corresponde al 5.4.2 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_{ei} con un mínimo de 0,2 m.



Por tanto, la distancia mínima será de 1,7 m para líneas de 220 kV

Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables

Este apartado corresponde al 5.5 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima de los conductores a cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficie de agua no navegable será de:

$$D_{add} + Del = 5,3 + Del [m]$$

Con un mínimo de 6 metros.

Por tanto, la distancia mínima será de 7 metros para líneas de 220 kV.

Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

Este apartado corresponde al 5.6 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Las líneas de telecomunicación serán consideradas como de baja tensión.

En caso de cruzamiento entre líneas eléctricas aéreas, se situará a mayor altura la de tensión más elevada.

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

$$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de:

- 2 metros para líneas de tensión hasta 45kV.
- 3 metros para líneas de tensión superior a 45kV y hasta 66kV.
- 4 metros para líneas de tensión superior a 66kV y hasta 132kV.
- 5 metros para líneas de tensión superior a 132kV y hasta 220 kV.
- 7 metros para líneas de tensión superior a 220 kV y hasta 400kV.

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

$$D_{add} + D_{pp} [m]$$

Tensión nominal de la red (kV)	D _{add} (m)
66	2,5
132	3
220	3,5
400	4



Siendo en este caso:

- $D_{add} = 3,5$ metros
- $D_{pp} = 2,0$ metros

Por tanto, la distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en el punto de cruce será de 5,5 metros para líneas de 220 kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de la línea superior y los cables de tierra convencionales o compuestos tierra-óptico (OPGW) de la línea inferior en el caso de que existan, no deberá de ser inferior a:

$$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 2 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 3,2 metros para líneas de 220 kV.

Distancias a carreteras, ferrocarriles, tranvías y trolebuses

Este apartado corresponde a los subapartados 5.7, 5.8 y 5.9 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de las carreteras o por las cabezas de los carriles de los ferrocarriles sin electrificar será de:

$$D_{add} + Del [m]$$

Con una distancia mínima de 7 metros, siendo D_{add} igual a 7,5 para líneas que son de categoría especial.

Por tanto, esta distancia mínima será de 9,2 metros para líneas de 220 kV.

Para ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, la distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, sobre el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será:

$$D_{add} + Del = 3,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 4 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 5,2 metros para líneas de 220 kV.

Distancias a ríos y canales, navegables o flotables

Este apartado corresponde al 5.11 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será en líneas de categoría especial de:

$$G + D_{add} + Del = G + 3,5 + Del [m]$$

siendo G el gálibo. En el caso de que no exista gálibo definido se considerará este igual a 4,7 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de $G+5,2$ metros para líneas de 220 kV.

Paso por bosques, árboles y masas de arbolado

Este apartado corresponde al 5.12.1 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

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

$$Dadd + Del = 1,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 2 metros.

Por tanto, la zona de servidumbre de vuelo se verá incrementada 3,2 metros a ambos lados de su proyección para líneas de 220 kV.

Edificios, construcciones y zonas urbanas

Este apartado corresponde al 5.12.2 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Conforme a lo establecido en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, no se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

$$Dadd + Del = 3,3 + Del [m]$$

Con un mínimo de 5 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente proyecto, esta distancia será 5 m.

Análogamente, no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.

No obstante, en los casos de mutuo acuerdo entre las partes, las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren bajo ella, serán las siguientes:

- Sobre puntos accesibles a las personas:

$$5,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 6 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente proyecto, esta distancia será 7,2 metros.

- Sobre puntos no accesibles a las personas:



3,3 + Del [m]

Con un mínimo de 4 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente proyecto, esta distancia será 5 metros.

Se procurará asimismo en las condiciones más desfavorables, el mantener las anteriores distancias, en proyección horizontal, entre los conductores de la línea y los edificios y construcciones inmediatas.

8.2. NORMAS APLICABLES A LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Las normas aplicables a los cruzamientos de esta línea están recogidas en el 5º apartado de la ITC-LAT-06 del vigente Reglamento de condiciones técnicas y de seguridad en líneas de alta tensión.

8.2.1. CRUZAMIENTOS

Atendiendo a la ITC-LAT 06: LÍNEAS SUBTERRÁNEAS CON CABLES AISLADOS se presentan las características que deben cumplir los cruzamientos de cables subterráneos de alta tensión.

Calles y carreteras

Los cables subterráneos en calles y carreteras se deben colocar en canalizaciones entubadas y hormigonadas en toda su longitud. Se debe cumplir que la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no sea inferior a 0,6 m. Además, siempre que sea posible, el cruce se deberá hacer perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles

Al igual que en calles y carreteras, los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas y perpendiculares a la vía siempre que sea posible. Se debe cumplir que la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no sea inferior 1,1 m respecto de la cara inferior de la traviesa. Las canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

Otros cables de Energía Eléctrica

Siempre que sea posible, los cables de alta tensión deben discurrir por debajo de los cables de baja tensión. La distancia mínima entre los cables de alta tensión y cualquier otro cable de energía eléctrica debe de ser de 0,25 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes no será inferior a 1 m.

En caso de que estas distancias no puedan respetarse, el cable de instalación más reciente se dispondrá separado mediante tubos, conductor o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el

diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Cables de Telecomunicación

La distancia mínima entre cables de comunicación y cables de energía eléctrica no debe ser inferior a 0,20 m, La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.

Al igual que en cables de energía eléctrica, si estas separaciones mínimas no pueden respetarse el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Agua

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 m. Por motivos de seguridad, se evitarán tanto el cruce por la vertical de las juntas de canalizaciones de agua como el cruce de los empalmes de canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia siempre superior a 1 m del cruce. En caso de que estas distancias no puedan mantenerse, se realizará el mismo procedimiento que en los dos puntos anteriores: la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Gas

Se mantendrán las distancias mínimas que se presentan en la *Tabla: Distancias En Cruzamientos con Canalizaciones de Gas*, recogida en la ITC 06:

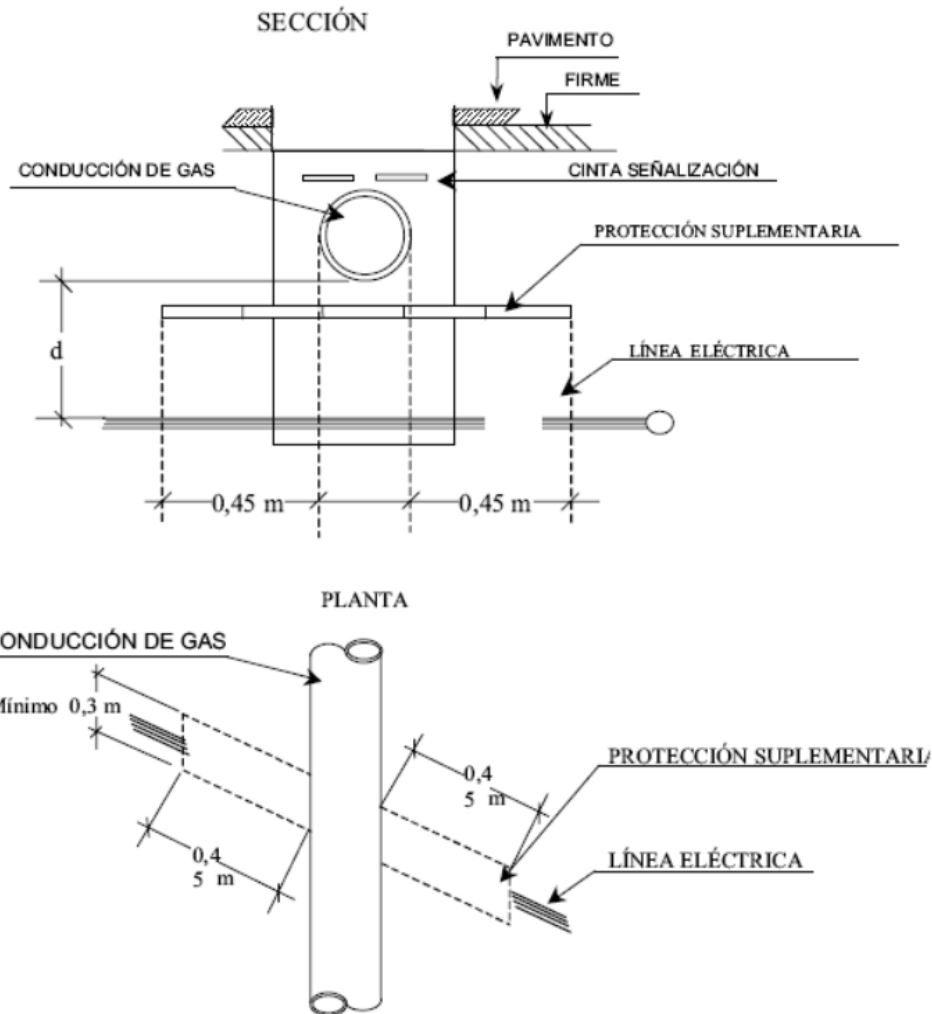
	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior*	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m

Distancias en Cruzamientos con Canalizaciones de Gas

* *Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.*

Según establece la normativa, en caso de que por causa justificada no se puedan mantener las distancias expuestas, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria hasta los mínimos establecidos en la tabla anterior. Esta protección deberá estar constituida por materiales preferentemente cerámicos.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 metros a ambos lados del cruce y 0,30 metros de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger, de acuerdo con la figura adjunta:



Sección de Canalizaciones de Gas

En caso de no poder cumplirse con la distancia mínima con protección suplementaria se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

En el caso de línea subterránea de alta tensión con canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo, no siendo de aplicación las coberturas mínimas indicadas anteriormente, Los tubos estarán constituidos por materiales con adecuada resistencia mecánica, una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Conducciones de Alcantarillado

Siempre que sea posible, los cables deberán pasar por encima de las conducciones de alcantarillado, y nunca se deberá incidir en su interior. Únicamente se admitirá incidir en su pared si se asegura que ésta no ha quedado debilitada. En caso contrario, se pasará por debajo y los cables quedarán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Depósitos de Carburante

Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán, como mínimo, 1,20 metros del depósito, Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

8.2.2. PARALELISMOS

Otros cables de Energía Eléctrica

Los cables subterráneos de alta tensión se podrán instalar paralelamente a otros (de baja o alta tensión) manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 m.

En caso de que no sea posible aplicar esta distancia, se procederá de igual modo que en casos anteriores, es decir, cuando no se pueda respetar esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro

exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A,T del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

Cables de Telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Agua

La distancia mínima entre las canalizaciones de agua y los cables de energía eléctrica será de 0,20 m. Por otro lado, la distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones será de 1 m. Al igual que en casos anteriores, si no se puede mantener esta distancia mínima, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Por otro lado, siempre que sea posible, se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal y la canalización del agua debe quedar por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por último, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos de alta tensión.

Canalizaciones de Gas

Se mantendrán las distancias mínimas que se presentan en la *Tabla: Distancias En Paralelismos con Canalizaciones de Gas*, recogida en la ITC 06:

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,25 m	0,15 m

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
Acometida interior*	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,20 m	0,10 m

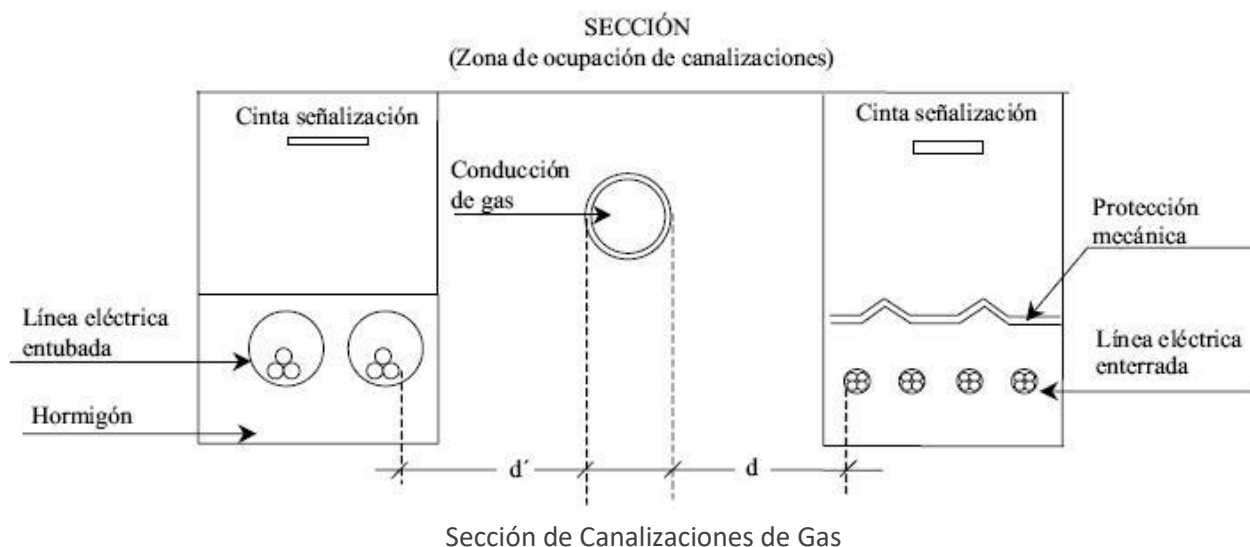
Distancias en Paralelismos con Canalizaciones de Gas

* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

Según establece la normativa, en caso de que por causa justificada no se puedan mantener las distancias expuestas, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria hasta los mínimos establecidos en la tabla anterior. Esta protección deberá estar constituida por materiales preferentemente cerámicos o por tubos de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 metro.

Se presenta en la siguiente imagen un diagrama de la zona de ocupación de canalizaciones:



8.2.3. ACOMETIDAS (CONEXIONES DE SERVICIO)

En el caso de que alguno de los dos servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0,30 metros.



Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de baja tensión como de alta tensión en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

8.3. RESUMEN DE DISTANCIAS

A continuación, se muestra un resumen de las distintas distancias de seguridad en los distintos casos particulares:

8.3.1. LÍNEAS AÉREAS

Distancias de aislamiento	
Distancia	Tensión nominal 220 kV
Distancia a masa (m)	1,7
Distancia a fase (m)	2,0
Distancia mínima al terreno (m)	7
Bosques y árboles (m)	3,2

Distancias verticales en cruzamientos	
Distancia mínima a	Tensión nominal 220 kV
Caminos o sendas (m)	7
Cursos de agua no navegables (m)	7
Líneas eléctricas o líneas de telecomunicación (distancia a conductores) (m)	5,5
Líneas eléctricas o líneas de telecomunicación (distancia a cables de guarda) (m)	3,2
Carreteras y ferrocarriles sin electrificar (m)	9,2
Ferrocarriles electrificados, tranvías o trolebuses (m)	5,2 a conductor más alto de todas las líneas del ferrocarril
Ríos y canales, navegables o flotables (m)	G+4,2

8.3.2. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Distancias en cruzamientos	
Distancia mínima a	Distancia mínima (salvo excepciones)
Calles y carreteras (m)	0,6
Ferrocarriles (m)	1,1
Otros cables de Energía Eléctrica (m)	0,25
Cables de Telecomunicación (m)	0,20



Distancias en cruzamientos	
Distancia mínima a	Distancia mínima (salvo excepciones)
Canalizaciones de Agua (m)	0,20
Canalizaciones de Gas	<i>Ver tabla: Distancias En Cruzamientos con Canalizaciones de Gas</i>
Conducciones de Alcantarillado	No se rigen por norma general
Depósitos de Carburante	
Acometidas	0,30

Distancias en paralelismos	
Distancia mínima a	Distancia mínima (salvo excepciones)
Otros cables de Energía Eléctrica (m)	0,25
Cables de Telecomunicación (m)	0,20
Canalizaciones de Agua (m)	0,20
Canalizaciones de Gas	<i>Ver tabla: Distancias En Paralelismos con Canalizaciones de Gas</i>
Acometidas	0,30

8.4. RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y ORGANISMOS AFECTADOS

A continuación, se muestra un resumen de los cruzamientos del tramo aéreo y subterráneo de la línea, así como sus organismos afectados:

Tramo aéreo:

Cruzamiento	Apoyo Inicio	Apoyo Fin	Cruzamientos	Organismos Afectados
C-1	52	53	Autovía R-5	Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana
C-2			Arroyo de Valdehigueras	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-1a	53	101	Arroyo de Valdehigueras	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-3	54	55	Arroyo de la Mesa	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-4	55	56	Arroyo	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-5	56	57	Línea Eléctrica 30kV S.C.	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
C-6	57	58	Vereda de Humanes	Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid.
C-7			Línea Eléctrica a 30kV D.C.	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
C-8			Arroyo (sin nombre)	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-9			Abrevadero del Barranco-Arroyo de la Reguera	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-10			Línea Eléctrica a 20kV S.C.	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
C-11	63	64	Cordel de la Carrera	Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid
C-12	64	65	Autovía R-5	Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana
C-13			Línea Eléctrica a 20kV	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
C-14			Arroyo (sin nombre)	Confederación Hidrográfica del Tajo

Tramo subterráneo:

Cruzamiento	Vértice Inicio	Vértice Fin	Cruzamientos	Organismos Afectados
C _{LSAT} -1	4	5	Abrevadero del Barranco de la Reguera	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{LSAT} -2			Línea eléctrica aérea 20 kV SC	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.



Cruzamiento	Vértice Inicio	Vértice Fin	Cruzamientos	Organismos Afectados
C _{LSAT} -3	10	11	Gaseoducto Madrileña Red de Gas Fuenlabrada - Móstoles	Madrileña Red de Gas
C _{LSAT} -4			Carretera M-506	Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
Tramo Subterráneo 2				
C _{LSAT} -5	3	4	Vereda de la Moraleja	Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid
C _{LSAT} -6	8	9	Carretera M-407	Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C _{LSAT} -7	19	20	L 220 kV Fortuna - Moraleja (220FOR-MOR) /220 kV Fregacedos - Legnés (220CFR-LEG)	REE
C _{LSAT} -8	20	21	Línea eléctrica aérea 20 kV	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
C _{LSAT} -9			Vías Ferrocarril	ADIF
C _{LSAT} -10	23	24	M-409	Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C _{LSAT} -11			Gaseoducto	Madrileña Red de Gas
C _{LSAT} -12	26	27	Arroyo (sin nombre)	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{LSAT} -13			Vereda de Recuero	Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid
C _{LSAT} -14	28	29	Gaseoducto	Madrileña Red de Gas
C _{LSAT} -15	32	33	Gaseoducto	Madrileña Red de Gas
C _{LSAT} -16	33	34	Gaseoducto	Madrileña Red de Gas
C _{LSAT} -17	34	35	Vial Asfaltado	Ayuntamiento de Leganés
C _{LSAT} -18			Gaseoducto	Madrileña Red de Gas
C _{LSAT} -19	35	36	Tubería de Drenaje	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{LSAT} -20	36	37	M-50	Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C _{LSAT} -21			Línea eléctrica aérea 45 kV	i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.

9. ORGANISMOS AFECTADOS

A continuación, se presenta un listado resumen de los organismos afectados por la presente L/220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (ST Guadarrama – ST Buenavista REE)

- Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio (Madrid)
- Ayuntamiento de Móstoles (Madrid)
- Ayuntamiento de Fuenlabrada (Madrid)
- Ayuntamiento de Leganés (Madrid)
- Ayuntamiento de Getafe (Madrid)
- Confederación Hidrográfica del Tajo. Dirección General del Agua. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.
- i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
- Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Viceconsejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad. Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Secretaría de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Secretaría General de Infraestructuras. Dirección General de Planificación y Evaluación de la Red Ferroviaria.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Secretaría de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Secretaría General de Infraestructuras. Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid.
- Madrileña Red de Gas, S.A.U.
- Dirección General de Carreteras. Viceconsejería de Transportes, Movilidad e Infraestructuras. Consejería de Transportes, Movilidad e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
- ADIF
- Red Eléctrica de España, S.A

10. CONCLUSIÓN

Considerando expuestas en esta memoria del Proyecto de /220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (SC-SEGUNDO TRAMO) todas las razones que justifican la construcción de la misma, Se espera sea concedida **la Autorización Administrativa Previa** de acuerdo con la ley 24/2013 de 26 de diciembre del Sector Eléctrico y la Determinación de Afección Ambiental de acuerdo con el Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania.

Madrid, julio de 2022

Dña. María Inmaculada Blázquez García

Ingeniera Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

ANEXO Nº1: CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PLANOS

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

DOCUMENTO Nº9: ESTACIÓN DE MEDIDA FISCAL

ANEXO Nº1: CÁLCULOS

ÍNDICE

1.	Cálculos eléctricos de la línea aérea	5
1.1.	Características generales	5
1.2.	Características del conductor de fase	7
1.3.	Cable de fibra óptica	7
1.4.	Cálculo de matriz impedancias	7
1.4.1.	Cálculo de la resistencia serie del terreno	10
1.4.2.	Cálculo de la resistencia eléctrica del conductor	10
1.4.3.	Matriz de impedancia final	11
1.5.	Calculo de matriz de admitancias	12
1.6.	Reducción al monofásico equivalente	14
1.7.	Impedancia Característica y Constante de Propagación.....	15
1.8.	Potencia Característica.....	15
1.9.	Modelo de parámetros distribuidos	16
1.10.	Caída de Tensión	16
1.11.	Pérdidas de potencia.....	20
1.12.	Impedancias Secuenciales.....	24
1.13.	Potencia Máxima de Transporte	24
1.14.	Efecto corona	25
1.14.1.	Tensión crítica disruptiva.....	25
1.14.2.	Pérdidas debidas al efecto corona.....	26
1.15.	Aislamiento	27
1.15.1.	Características de los aisladores	27
1.15.2.	Grado de aislamiento	27
2.	Cálculos eléctricos de la línea subterránea	28
2.1.	Características generales	28
2.2.	Características del conductor de fase	28
2.3.	Esquema eléctrico equivalente	29
2.4.	Cálculo de la resistencia eléctrica real del conductor.....	29
2.5.	Efecto de la temperatura	30
2.6.	Impedancia caracteristica y constante de propagación	30
2.7.	Potencia Característica.....	31
2.8.	Caída de Tensión	31

2.9.	Pérdidas de Potencia.....	32
3.	Cálculos eléctricos de la línea completa	34
3.1.	Caída de tensión.....	34
3.2.	Pérdidas de potencia activa	35
4.	Resistencia Mecánica de las Cadenas de Aislamiento	37
5.	Cálculo Mecánico de Conductores.....	37
5.1.	Características del conductor.....	37
5.2.	Acciones consideradas	38
5.3.	Hipótesis de partida	38
5.4.	Hipótesis de cálculo	39
5.5.	Vano Ideal de Regulación.....	42
5.6.	Comparación de hipótesis.....	42
5.7.	Resultados de cálculo.....	43
5.8.	Tabla de regulación	49
5.9.	Distancias	53
6.	Cálculo Mecánico del Cable de Fibra Óptica.....	59
6.1.	Características del cable de fibra óptica	59
6.2.	Acciones consideradas	59
6.3.	Hipótesis de partida	60
6.4.	Hipótesis de cálculo	60
6.5.	Resultados de cálculo.....	63
6.6.	Tabla de regulación	69
7.	Cálculo Mecánico de Apoyos	71
7.1.	Hipótesis Normales	71
7.1.1.	Esfuerzos Verticales	72
7.1.2.	Esfuerzos Horizontales, Longitudinales y Transversales.....	76
7.1.3.	Esfuerzos Equivalente en el Apoyo	80
7.2.	Hipótesis Anormales	81
7.2.1.	Esfuerzos Verticales	81
7.2.2.	Esfuerzos Horizontales Individuales.....	82
7.2.3.	Esfuerzos Equivalente en el Apoyo	84
7.3.	Tablas de Resultados.....	85
8.	Cálculo Mecánico de Cimentaciones	90
8.1.	Cimentaciones de zapatas individuales	90

8.2.	Características dimensionales.....	93
9.	Puesta a Tierra	96
9.1.	Dimensionamiento con respecto a la resistencia térmica	96
9.2.	Dimensionamiento con respecto a la seguridad de las personas.....	97
9.3.	Dimensionamiento para la protección contra los efectos del rayo	100

1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA AÉREA

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La línea aérea objeto del presente Proyecto tiene como principales características las siguientes, que corresponde a los tramos 1,2,3,4,5

Sistema	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (kV)	220
Tensión más elevada de la red (kV)	245
Categoría	Especial
Nº de circuitos (TRAMO 2)	2
Nº de circuitos (TRAMO 1, 3,4 y 5)	1
Número de cables de fibra óptica	2
Tipo de cable de fibra óptica	OPGW 64k78 (7540)
Número de apoyos	25
Longitud (km)	6,52
Provincias afectadas	Madrid
Zona de aplicación	ZONA B
Zona de contaminación	IV
Tipo de aislamiento	Vidrio
Apoyos	Torres Metálicas de Celosía
Cimentaciones	Tetrabloque, Cilíndricas con cueva
Puesta a tierra no frecuentado	Grapa de conexión, cable de cobre y pica de puesta a tierra
Puesta a tierra no frecuentado	Anillo cerrado de acero descarburado

Tramo 1. Apoyo 52 Entronque hasta Apoyo 53 Entronque

Nº de circuitos	1
Nº de conductores aéreos por fase	2
Tipo de conductor aéreo	LA-380
Potencia máxima de diseño circuito 1 (MWn)	324
Longitud (m)	270
Origen	52 Entronque
Final	53 Entronque

Tramo 2. Pórtico SET Guadarrama I hasta Apoyo 53 Entronque

Nº de circuitos	2
Nº de conductores aéreos por fase	2

Tipo de conductor aéreo.....	LA-380
Potencia máxima de diseño circuito 1 (MWn)	324
Potencia máxima de diseño circuito 2 (MWn)	429
Longitud (m).....	160
Origen	Pórtico SET Guadarrama I
Final.....	53 Entronque

Tramo 3. Apoyo 53 Entronque hasta Apoyo 60 PAS

Nº de circuitos	1
Nº de conductores aéreos por fase	2
Tipo de conductor aéreo.....	LA-380
Potencia máxima de diseño circuito (MWn)	429
Longitud (m).....	2350
Origen	53 Entronque
Final.....	60 PAS

Tramo 4. Apoyo 61PAS hasta Apoyo 68 PAS

Nº de circuitos	1
Nº de conductores aéreos por fase	2
Tipo de conductor aéreo.....	LA-380
Potencia máxima de diseño circuito (MWn)	429
Longitud (m).....	1950
Origen	61PAS
Final.....	68 PAS

Tramo 5. Apoyo 69PAS hasta Apoyo 75PAS EMF

Nº de circuitos	1
Nº de conductores aéreos por fase	2
Tipo de conductor aéreo.....	LA-380
Potencia máxima de diseño circuito (MWn)	429
Longitud (m).....	1790
Origen	69PAS
Final.....	75 PAS EMF



1.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR DE FASE

Son conductores cableados de aluminio con alma de acero galvanizado, concéntricos. A continuación, se definen sus principales características:

Tipo	DX-GULL-ACSR-AW
Material	Aluminio – Acero recubierto
Diámetro (mm)	25,38
Sección total (mm ²)	381
Peso (daN/m)	1,254
Carga de rotura (daN)	10.900
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	4.910
Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)	23·10 ⁻⁶
Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/Km)	0,0857
Composición	54 + 7

1.3. CABLE DE FIBRA ÓPTICA

El cable de tierra compuesto de fibra óptica OPGW a utilizar en la construcción de la línea tendrá las siguientes características:

Denominación.....	OPGW 64k78 (7540)
Nº de cables de fibra óptica.....	2
Nº de fibras.....	48
Corriente máxima de falta 2s (kA)	151
Sección total (mm ²)	143,7
Diámetro total (mm).....	16,4
Peso del cable (kg/m)	0,773
Carga de rotura (kg)	11.390
Módulo de elasticidad(daN/mm ²)	11.410
Coefficiente de dilatación lineal (°C ⁻¹)	14,8·10 ⁻⁶

1.4. CÁLCULO DE MATRIZ IMPEDANCIAS

Esta matriz define la impedancia de la línea en ohmios por metro. Los elementos de esta matriz vienen definidos por:

$$Zs'_{ii} = Rs'_i + Rg' + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{De}{RMG_i} \quad [\Omega/m]$$

$$Zs'_{ii} = Rg' + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{De}{D_{ij}} \quad [\Omega/m]$$

Donde:

- μ_0 : permeabilidad magnética en el vacío. Siendo esta $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ (H/m)
- ω : Pulsación del sistema, $\omega = 2\pi f$
- Rs'_i : Resistencia serie del conductor i por unidad de longitud (Ω/m)
- Rg' : Resistencia serie del terreno por unidad de longitud (Ω/m)
- RMG_i : Radio medio geométrico del conductor i (m).

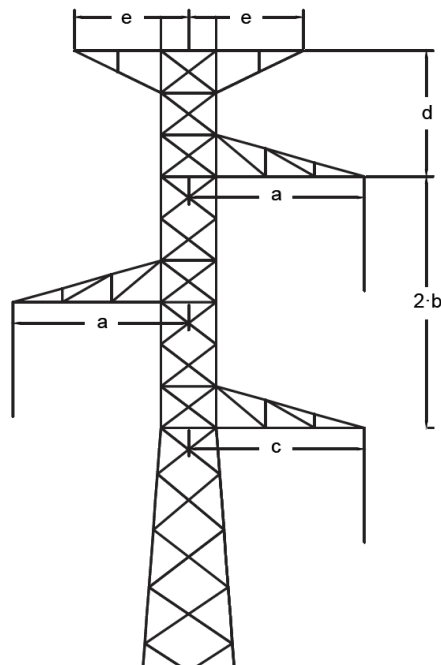
$$RMG_i = r_i \cdot e^{-\frac{1}{4}}$$

- D_{ij} : Distancia que separa los conductores i y j (m)
- D_e : distancia equivalente del terreno (m)

$$D_e = 658,368 \cdot \sqrt{\frac{\rho_g}{f}}$$

Siendo ρ_g la resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$), tomando como valor de referencia 100 Ω/m

Para la realización de los cálculos eléctricos se ha cogido como referencia el apoyo más común de la línea, siendo en este caso el apoyo **CO-S1775** de Imedexsa, cogiendo como altura útil **30 metros**. A continuación, se presentan las medidas del armado del apoyo en cuestión.



a	b	c	d	e
4,6 m	3,3 m	4,6 m	3,3 m	3 m

A partir de las dimensiones del armado y la altura escogida, se obtiene la matriz de distancias en metros:

Tramo 2:

Matriz de distancias (m)													
0	0,4	8,8	9,2	3,3	3,32	9,4	9,77	6,6	6,61	11	11,32	10	12,36
0,4	0	9,2	9,6	3,32	3,3	9,77	10,15	6,61	6,6	11,32	11,65	10,06	12,6
8,8	9,2	0	0,4	9,4	9,77	3,3	3,32	11	11,32	6,6	6,61	12,36	10
9,2	9,6	0,4	0	9,77	10,15	3,32	3,3	11,32	11,65	6,61	6,6	12,6	10,06
3,3	3,32	9,4	9,77	0	0,4	8,8	9,2	3,3	3,32	9,4	9,77	6,75	9,92
3,32	3,3	9,77	10,15	0,4	0	9,2	9,6	3,32	3,3	9,77	10,15	6,84	10,22
9,4	9,77	3,3	3,32	8,8	9,2	0	0,4	9,4	9,77	3,3	3,32	9,92	6,75
9,77	10,15	3,32	3,3	9,2	9,6	0,4	0	9,77	10,15	3,32	3,3	10,22	6,84
6,6	6,61	11	11,32	3,3	3,32	9,4	9,77	0	0,4	8,8	9,2	3,58	8,1
6,61	6,6	11,32	11,65	3,32	3,3	9,77	10,15	0,4	0	9,2	9,6	3,76	8,47
11	11,32	6,6	6,61	9,4	9,77	3,3	3,32	8,8	9,2	0	0,4	8,1	3,58
11,32	11,65	6,61	6,6	9,77	10,15	3,32	3,3	9,2	9,6	0,4	0	8,47	3,76
10	10,06	12,36	12,6	6,75	6,84	9,92	10,22	3,58	3,76	8,1	8,47	0	6
12,36	12,6	10	10,06	9,92	10,22	6,75	6,84	8,1	8,47	3,58	3,76	6	0

Tramo 1, 3 4 y 5:

Matriz de distancias (m)							
0	0,4	9,4	9,77	6,6	6,61	10	12,36
0,4	0	9,77	10,15	6,61	6,6	10,06	12,6
9,4	9,77	0	0,4	9,4	9,77	9,92	6,75
9,77	10,15	0,4	0	9,77	10,15	10,22	6,84
6,6	6,61	9,4	9,77	0	0,4	3,58	8,1
6,61	6,6	9,77	10,15	0,4	0	3,76	8,47
10	10,06	9,92	10,22	3,58	3,76	0	6
12,36	12,6	6,75	6,84	8,1	8,47	6	0

Se obtiene además la matriz de distancias a las imágenes en metros.

Tramo 2:

Matriz de distancias a imágenes (m)													
60	60	60,64	60,7	63,3	63,3	63,91	63,97	66,6	66,6	67,18	67,23	69,91	70,29
60	60	60,7	60,76	63,3	63,3	63,97	64,02	66,6	66,6	67,23	67,29	69,92	70,33
60,64	60,7	60	60	63,91	63,97	63,3	63,3	67,18	67,23	66,6	66,6	70,29	69,91
60,7	60,76	60	60	63,97	64,02	63,3	63,3	67,23	67,29	66,6	66,6	70,33	69,92
63,3	63,3	63,91	63,97	66,6	66,6	67,18	67,23	69,9	69,9	70,45	70,5	73,21	73,57
63,3	63,3	63,97	64,02	66,6	66,6	67,23	67,29	69,9	69,9	70,5	70,56	73,22	73,61
63,91	63,97	63,3	63,3	67,18	67,23	66,6	66,6	70,45	70,5	69,9	69,9	73,57	73,21
63,97	64,02	63,3	63,3	67,23	67,29	66,6	66,6	70,5	70,56	69,9	69,9	73,61	73,22
66,6	66,6	67,18	67,23	69,9	69,9	70,45	70,5	73,2	73,2	73,73	73,78	76,51	76,86
66,6	66,6	67,23	67,29	69,9	69,9	70,5	70,56	73,2	73,2	73,78	73,83	76,52	76,9
67,18	67,23	66,6	66,6	70,45	70,5	69,9	69,9	73,73	73,78	73,2	73,2	76,86	76,51
67,23	67,29	66,6	66,6	70,5	70,56	69,9	69,9	73,78	73,83	73,2	73,2	76,9	76,52