

Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**



Promotor:

Tayan Investment 13, S.L.

Jimena de la Frontera, Castellar de la Frontera y San
Roque (Cádiz)

Código y revisión: T&I-013357-GEN-450.00.01 - R00
Elaborado por: Juan Carlos Cortés Rengel
Titulación: Ingeniero Técnico Industrial
Colegiado: COPITIMA 3832
Fecha: Málaga, abril de 2025
Firma



El presente proyecto está compuesto por los siguientes documentos:

- Documento 1. Memoria Descriptiva
- Documento 2. Memoria de Cálculos
- Documento 3. Pliego de Condiciones
- Documento 4. Estudio de Seguridad y Salud
- Documento 5. Gestión de Residuos
- Documento 6. Presupuesto
- Documento 7. Relación de Bienes y Derechos Afectados (RBDA)
- Documento 8. Planos

Prólogo:

La presente Adenda al Proyecto Técnico Administrativo LAT 132 kV, de Subestación Colectora 132/30 kV Tan Energy a SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV, en los términos municipales de Jimena de la Frontera, Castellar de la Frontera y San Roque (Cádiz), se redacta con la finalidad de presentar las soluciones técnicas proyectadas para obtener los permisos administrativos y dar continuidad a la documentación ya presentada hasta la fecha, incorporando y asumiendo como propios las diferentes necesidades y requisitos trasladados por otras sociedades afectadas y por diferentes servicios de la Administración.

Dichos documentos servirán como documentación básica para la ejecución de la obra de la LAT 132 kV, asociada a los proyectos Tan Energy, que conectará la nueva SE Colectora 132/30 kV Tan Energy con SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV como línea de enlace entre ambas subestaciones.



Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**

Documento N°1:
Memoria Descriptiva

Tayan Investment 13, S.L.

Código y revisión: T&I-013357-MEM-450.00.01 - R00

Fecha: 09/04/2025

Hoja de control de revisiones

Revisión	Fecha	Motivo de la revisión	Realizado	Revisado	Aprobado
00	09/04/2025	Documento de nueva creación	AM	SSC	JCCR

Índice

1.	Antecedentes	10
2.	Propietario	11
3.	Objeto.....	11
4.	Modificaciones	16
5.	Marco regulatorio y normativa aplicable	17
6.	Descripción de las instalaciones.....	20
6.1	Descripción general	20
6.1.1	Tramo 1: aéreo	21
6.1.2	Tramo 2: subterráneo	21
6.2	Descripción del trazado aéreo	21
6.2.1	Coordenadas de los apoyos.....	22
6.3	Descripción del trazado subterráneo	22
6.4	Descripción general de las subestaciones.....	25
7.	Línea de enlace: tramo aéreo.....	25
7.1	Características generales.....	25
7.2	Características de los materiales	26
7.2.1	Conductor.....	26
7.2.2	Cable de guarda	27
7.2.3	Aislamiento	27
7.2.4	Herrajes	28
7.2.5	Apoyos	29
7.2.6	Apoyo paso aéreo-subterráneo	29
7.2.7	Cimentaciones.....	30

7.2.8	Cálculos mecánicos e hipótesis de carga	31
7.2.9	Numeración y señalización.....	32
7.2.10	Accesorios: amortiguadores y salvapájaros	32
7.2.11	Balizas.....	32
7.2.12	Separadores	33
7.2.13	Protección de superficies	33
7.2.14	Geometría de la torre	34
7.3	Botellas terminales.....	34
7.4	Autoválvulas.....	35
7.5	Puesta a tierra.....	35
7.5.1	Diseño de la puesta a tierra.....	35
7.5.2	Elementos del sistema de puesta a tierra.....	36
7.5.3	Electrodos.....	36
7.5.4	Líneas de tierras	37
7.5.5	Conexión de los apoyos en tierra.....	38
7.5.6	Clasificación de los apoyos según su ubicación.....	38
7.6	Distancias de seguridad	41
7.6.1	Distancias al terreno	42
7.6.2	Distancias de los conductores a los apoyos	42
7.6.3	Distancias a otras líneas.....	43
7.6.4	Distancias a carreteras	44
7.7	Relación de cruzamientos y paralelismos	44
8.	Línea de enlace: tramo subterráneo	45
8.1	Características generales.....	45
8.1.1	Conductor.....	46

8.1.2	Cable de fibra óptica	47
8.1.3	Botellas terminales.....	48
8.1.4	Autoválvulas.....	49
8.1.5	Cable de acompañamiento de tierra.....	50
8.1.6	Arquetas de trazado	50
8.1.7	Arquetas de telecomunicaciones	51
8.1.8	Hitos de señalización	51
8.1.9	Cámaras de empalme.....	51
8.1.10	Empalme	52
8.1.11	Canalización	53
8.1.12	Obra civil de la canalización	55
8.2	Puesta a tierra.....	56
8.2.1	Cajas de conexión	58
8.2.2	Cable de conexión entre pantallas y cajas de conexión.....	59
9.	Consideraciones sobre el tendido de los cables	60
9.1	Consideraciones preliminares	60
9.1.1	Carga	60
9.1.2	Transporte	60
9.1.3	Descarga	60
9.1.4	Manipulación y almacenamiento.....	61
9.1.5	Esfuerzo de tiro	61
9.1.6	Desembalaje	62
9.2	Ubicación de la bobina	62
9.3	Recomendaciones para tendido bajo tubo	63
9.3.1	Tipos de tubo.....	63

9.3.2	Precauciones	64
9.3.3	Elementos auxiliares	64
9.3.4	Verificaciones	65
9.3.5	Arqueta de ayuda.....	65
9.3.6	Recomendaciones de rodadura.....	65
9.3.7	Elementos de rodadura.....	66
10.	Ensayos	68
10.1	Ensayos de rutina	68
10.2	Ensayos sobre muestras	68
10.3	Ensayos de tipo	69
10.4	Inspecciones	69
10.5	Ensayos después de la instalación.....	69
11.	Relación de cruzamientos y paralelismos.....	69
11.1	Listado de cruzamientos tramo aéreo.....	70
11.2	Listado de paralelismos tramo aéreo.....	70
11.3	Listado de cruzamientos tramo subterráneo.....	71
11.4	Listado de paralelismos tramo subterráneo	79
12.	Plazo de ejecución de las obras.....	82
12.1	Tramo aéreo	82
12.2	Tramo subterráneo.....	83
13.	Conclusiones.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1. Listado de apoyos.....	22
Tabla 2. Coordenadas UTM de los apoyos, ERTS89/UTM 30N.....	22
Tabla 3. Tablas resumen subestación SE Colectora 132/30 kV Tan Energy.	25
Tabla 4. Tablas resumen subestación SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV.....	25
Tabla 5. Tablas resumen conductor aéreo.....	26
Tabla 6. Tablas resumen cable de guarda.....	27
Tabla 7. Tablas resumen aislador de vidrio.....	28
Tabla 8. Tablas resumen aislador de vidrio.....	34
Tabla 9. Tablas resumen niveles de tensión.....	35
Tabla 10. Clasificación de los apoyos.....	40
Tabla 11. Distancia aislamiento eléctrico.....	41
Tabla 12. Tabla resumen cable de potencia.....	47
Tabla 13. Tabla resumen cable de fibra óptica.....	48
Tabla 14. Tabla resumen botella terminal.....	48
Tabla 15. Resumen niveles de tensión.....	49
Tabla 16. Dimensiones de las zanjas.....	53
Tabla 17. Diámetros normalizados.....	63
Tabla 18. Cruzamientos tramo aéreo.....	70
Tabla 19. Paralelismos tramo aéreo.....	70
Tabla 20. Cruzamientos tramo subterráneo.....	78
Tabla 21. Paralelismos tramo subterráneo.....	81



Tabla 22. Plazo de ejecución – tramo aéreo..... 82

Tabla 23. Plazo de ejecución – tramo subterráneo..... 83

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema trazado.....	12
Figura 2. Croquis del trazado anterior.....	13
Figura 3. Croquis del trazado propuesto.....	13
Figura 4. Croquis del trazado anterior.....	14
Figura 5. Croquis del trazado propuesto.....	14
Figura 6. Croquis del trazado anterior.....	14
Figura 7. Croquis del trazado propuesto.....	14
Figura 8. Croquis del trazado anterior.....	15
Figura 9. Croquis del trazado propuesto.....	15
Figura 10. Croquis del trazado anterior.....	15
Figura 11. Croquis del trazado propuesto.....	15
Figura 12. Croquis del trazado anterior.....	16
Figura 13. Croquis del trazado propuesto.....	16
Figura 14. Simulación Línea de Alta Tensión 132 kV.....	24
Figura 15. Botellas terminales.....	48
Figura 16. Autoválvulas.....	49
Figura 17. Cámara de empalmes.....	52
Figura 18. Detalle zanja compartida.....	54
Figura 19. Esquema de puesta a tierra simplificado.....	57

1. Antecedentes

De acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, se solicitaron los puntos de acceso y conexión a Red Eléctrica de España (REE) sobre la parte de 400 kV del nudo de Pinar del Rey para cuatro plantas fotovoltaicas: Tan Energy 1, Tan Energy 2, Tan Energy 3 y Tan Energy 4.

Como consecuencia de los requisitos del desarrollo de estas instalaciones, surge la necesidad de construir una Subestación Eléctrica, SE Colectora 132/30 kV Tan Energy. Para evacuar la potencia de esta subestación, se va a llevar a cabo la construcción de una Línea de Alta Tensión (LAT) de 132 kV, que enlazará con la Subestación Eléctrica Transformadora SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV (SET colectora de los promotores de plantas energéticas de la misma parte del nudo).

El presente proyecto, que forma parte de un proyecto global de evacuación hacia la red de transporte de 400 kV, describe la nueva Línea de Alta Tensión (LAT) de 132 kV que unirá las subestaciones descritas anteriormente, como línea de enlace. Siendo el trazado de esta un trazado mixto, con un tramo inicial en aéreo (LAAT) y uno final subterráneo (LSAT).

Dentro del seno del procedimiento administrativo de autorización de la Planta Fotovoltaica y sus infraestructuras de evacuación y, debido a las peticiones surgidas por parte de la Administración, la Sociedad presentó con fecha 17 de agosto de 2022 propuesta del modificado de los proyectos asociados a la Planta Fotovoltaica y al de sus infraestructuras de evacuación pero, con motivo de la aparición de otro nuevo paquete de condicionantes, con fecha 23 de septiembre de 2022, la Sociedad se vio empujada a tener que desistir de la modificación asociada a la línea de 132 kV, manteniendo parcialmente la configuración original de las Instalaciones de Evacuación Conjunta (IEC), después, a fecha del 19 de mayo de 2023, la Sociedad estuvo en disposición de presentar un nuevo modificado del proyecto que resolvía las nuevas necesidades y requisitos trasladados a las IEC.

Con la presente documentación, se pretende dar adecuado cumplimiento a todos los nuevos requisitos trasladados desde entonces a la Sociedad, en lo relativo a la línea de evacuación conjunta de 132 kV.

2. Propietario

La presente Adenda es solicitada por la empresa Tayan Investment 13 S.L., que será la propietaria de las instalaciones. Sus datos a efectos de notificación se citan a continuación:

- Denominación: Tayan Investment 13, S.L.
- C.I.F.: B-88454384.
- Domicilio Sede Social: Plaza de la Lealtad, nº 2, 3º planta. – C.P.:28.014, Madrid.
- Persona de contacto: Arantxa Pérez.
- Teléfono de contacto: 682 645 710.
- Correo electrónico de contacto: aperez@tayanenergy.com

3. Objeto

El objeto de la presente versión del documento es conseguir la obtención de los diferentes permisos administrativos para la LAT de 132 kV asociada a los proyectos Tan Energy, que conectará la nueva SE Colectora 132/30 kV Tan Energy con SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV, como línea de enlace entre ambas subestaciones.

Con la presente documentación se pretende dar continuidad a la ya presentada hasta la fecha, incorporando y asumiendo como propios las diferentes necesidades y requisitos trasladados por otras sociedades afectadas y por diferentes servicios de la Administración así, por ejemplo, cabe destacar:

- La eliminación del apoyo nº 8 del tramo aéreo, y el cambio de ubicación del apoyo nº 7 convirtiéndose este ahora en PAS, con el fin de cumplir con lo solicitado por Dominio Hidráulico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.
- Modificación del trazado subterráneo original con el fin de cumplir requerimiento solicitado por Dominio Hidráulico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.
- Compatibilización del trazado de la LAT debido a la cercanía respecto a tuberías de Arcgisa y de las infraestructuras de evacuación asociadas al PSFV La Herradura.
- Variación del trazado en la zona de La Almoraima para satisfacer el requerimiento urbanístico del Ayuntamiento de Castellar de la Frontera.

- Cambio de ubicación del punto de entrada a la SET Pinar del Rey 132/400 kV.

Cabe decir que, con independencia de la obtención de acuerdos con otros promotores, actualmente se tiene previsto compartir parcialmente infraestructuras de evacuación con los proyectos fotovoltaicos Adar Puerto de Santa María, Arunalec Puerto de Santa María, Crishelios Puerto de Santa María y Mitrallex Puerto de Santa María (proyectos promovidos por Adar Energía SL, Arunalec Energía SL, Crishelio Energía SL y Mitrallex Energía SL, respectivamente y cuyo administrador único es Tomsom Electric S.L.), siendo el tramo de zanja previsto a compartir de unos 16 km aproximadamente, consiguiendo con esta sinergia, una minimización de las posibles afecciones que los 8 proyectos tendrían por separado.

El trazado de la línea se iniciará en aéreo, en la nueva SE Colectora 132/30 kV Tan Energy, hasta el apoyo n° 7, donde se dispondrá de un PAS (paso aéreo subterráneo). Posteriormente, continuará en subterráneo hasta SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV, tal y como se muestra en el siguiente croquis de trazado.

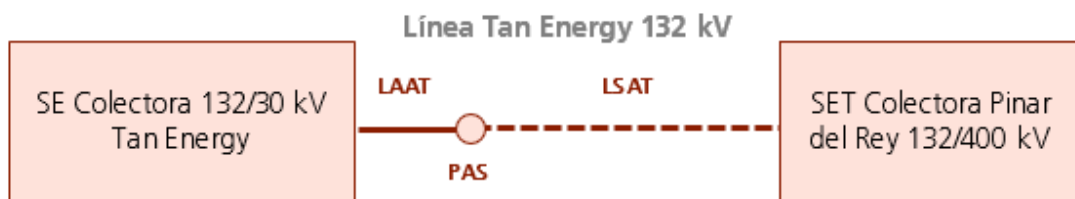


Figura 1. Esquema trazado.

Las longitudes los tramos son las siguientes:

- Tramo 1: aéreo 1,96 km.
- Tramo 2: subterráneo 25,23 km.

Los cambios del trazado se muestran en la siguiente imagen:

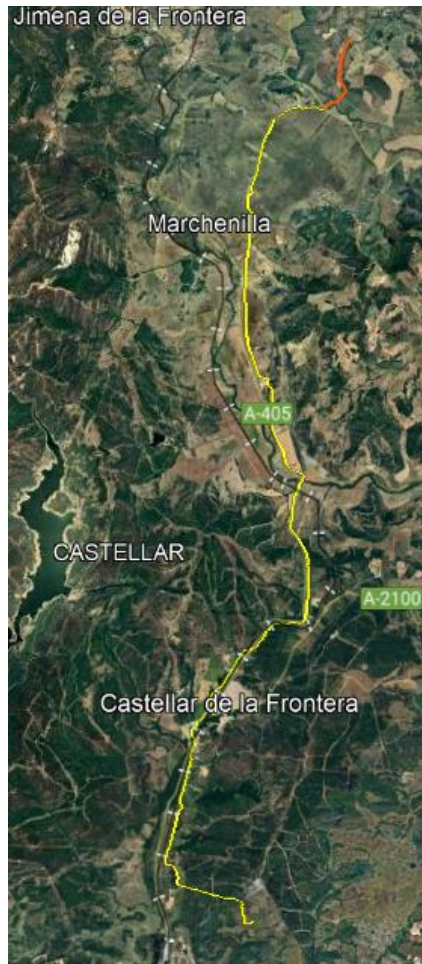


Figura 2. Croquis del trazado anterior.

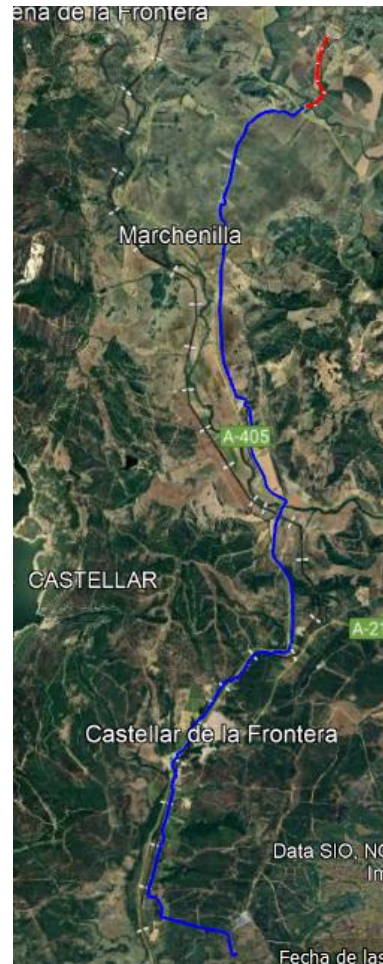


Figura 3. Croquis del trazado propuesto.

- La eliminación del apoyo n° 8 del tramo aéreo, y el cambio de ubicación del apoyo n° 7 convirtiéndose este ahora en PAS, con el fin de cumplir con lo solicitado por Dominio Hidráulico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.



Figura 4. Croquis del trazado anterior.



Figura 5. Croquis del trazado propuesto.

- Modificación del trazado subterráneo original con el fin de cumplir requerimiento solicitado por Dominio Hidráulico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.



Figura 6. Croquis del trazado anterior.



Figura 7. Croquis del trazado propuesto.

- Compatibilización del trazado de las IEC Tomsom-Tayan debido a la cercanía respecto a tuberías de Arcgisa y de las futuras infraestructuras de evacuación asociadas al PSFV La Herradura y mejora de las características de la LAT en esta zona.



Figura 8. Croquis del trazado anterior.

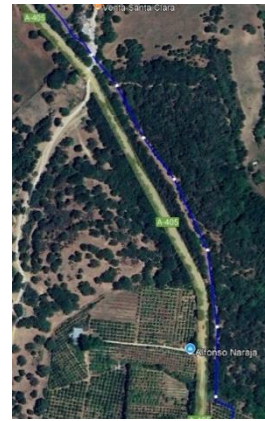


Figura 9. Croquis del trazado propuesto.

- Variación del trazado en la zona de La Almoraima para satisfacer el requerimiento urbanístico del Ayuntamiento de Castellar de la Frontera.



Figura 10. Croquis del trazado anterior.

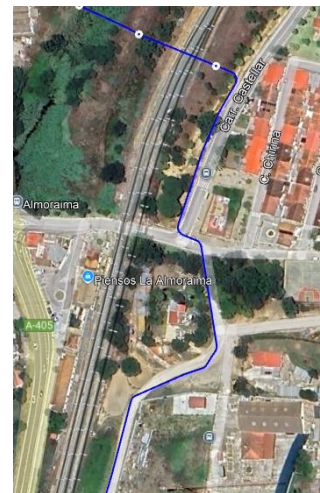


Figura 11. Croquis del trazado propuesto.

- Cambio de ubicación del punto de entrada a la SET Pinar del Rey 132/400 kV.



Figura 12. Croquis del trazado anterior.



Figura 13. Croquis del trazado propuesto.

Todo cumpliendo con lo establecido en la documentación exigida por REE en su documento "Instalaciones conectadas a la red de transporte: requisitos mínimos de diseño y equipamiento, Referencia: DST/DSC/2019/045, Edición 1".

4. Modificaciones

Con la presente propuesta, respecto al trazado original, caben destacar los siguientes cambios:

- El tramo aéreo se ha reducido a 1,96 km (frente a los 2,14 km aéreos planteados inicialmente) y se ha aumentado el tramo soterrado a 25,23 km (frente a los 25,15 km soterrados planteados inicialmente).
- Eliminación del apoyo nº8 y modificación de la ubicación del apoyo nº7.

A su vez, el trazado subterráneo ha sido actualizado por:

- Comienzo del tramo en la nueva ubicación, debido a la eliminación del apoyo nº 8, iniciando ahora en el apoyo nº 7.
- Modificación del trazado subterráneo original con el fin de cumplir requerimiento solicitado por Dominio Hidráulico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.
- Compatibilización del trazado de la LAT debido a la cercanía respecto a tuberías de Arcgisa y de las futuras infraestructuras de evacuación asociadas al PSFV La Herradura.

- Refuerzo de las características de la LAT en la zona de compatibilización entre el trazado de la IEC Tomsom-Tayan y las tuberías de Arcgisa y las futuras infraestructuras de evacuación asociadas al PSFV La Herradura.
- Variación del trazado en la zona de La Almoraima para satisfacer el requerimiento urbanístico del Ayuntamiento de Castellar de la Frontera.
- Cambio de ubicación del punto de entrada a la SET Pinar del Rey 132/400 kV.

5. Marco regulatorio y normativa aplicable

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta toda la normativa y reglamentación aplicable a este tipo de sistemas de aprovechamiento de fuentes de energía de origen renovable, así como la normativa general de aplicación en este tipo de proyectos y todas las actualizaciones que les afecten:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto-ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.

- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 413/2014 de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 1011/2009, de 19 de junio, por el que se regula la Oficina de Cambios de Suministrador.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades del transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1627/1997, 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 154/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 7/1988, de 8 de enero, por el que se regula las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1725/1984, de 18 de julio, por el que se modifican el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía y el modelo de póliza de abono para el suministro de energía eléctrica y las condiciones de carácter general de la misma.
- Orden ITC/2585/2011, de 29 de septiembre, por la que se revisan los peajes de acceso, se establecen los precios de los peajes de acceso súper valle y se actualizan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, a partir de 1 de octubre de 2011.
- Orden ITC/688/2011, de 30 de marzo, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2011 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Corrección de errores de la Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas (BOJA núm. 80, de 24.11.2007).

- Circular 4/2022, de 22 de diciembre, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, sobre normas contables, cuentas anuales y estados financieros intermedios de las infraestructuras del mercado español de valores.
- Resolución de 27 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se establece el plazo de mantenimiento de la tarifa regulada para la tecnología fotovoltaica, en virtud de lo establecido en el artículo 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.
- Resolución de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Instrucción de 21 de enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.
- Normas UNE.
- Normas IEC.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

6. Descripción de las instalaciones

6.1 Descripción general

La instalación del presente estudio queda definida por las siguientes características:

- Sistema Corriente Alterna Trifásica
- Frecuencia (Hz) 50
- Tensión nominal U_0/U (kV) 76/132
- Tensión más elevada de la red (kV) 145

- Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV Cresta)..... 650
- Potencia a evacuar (MW)..... 200
- Tipología de la línea.....Aéreo-subterránea
- Conductor aéreo..... LA-280 Hawk
- Conductor subterráneo 1x1200 KAI+H120
- Zona de aplicaciónZona A

6.1.1 Tramo 1: aéreo

- Longitud (km)..... 1,96
- N° de circuitos..... 1
- N° de conductores aéreos por fase..... 2
- Apoyos..... 7

6.1.2 Tramo 2: subterráneo

- Longitud (km)..... 25,23
- Disposición de los conductores..... Tresbolillo
- Zanja con conductores..... 132 kV

La zanja cuando pasa a ser compartida, contendrá también conductores de los proyectos de Tomsom en 45 kV.

6.2 Descripción del trazado aéreo

El trazado inicial de la línea será aéreo cumpliendo con los aspectos medioambientales y sociales de la zona, siendo técnicamente válido con lo establecido según la normativa del RLAT.

Ese tramo aéreo consta de 1.962,85 metros, compuesto por un total de 7 apoyos. A continuación, se muestra una tabla con la tipología de cada apoyo y lo longitud de los vanos:

Ítem	Tipo	Vano (m)	Ángulo
1	FL	0	-
2	AN-AM	330,48	190,35
3	AN-AM	347,43	185,76
4	AN-AM	382,77	158,92
5	AN-AM	314,62	120,95
6	AN-AM	353,21	149,00
7	FL (PAS)	235,20	-

Tabla 1. Listado de apoyos.

6.2.1 Coordenadas de los apoyos

En este apartado se indican las coordenadas referenciadas de los apoyos según coordenadas UTM:

Nº de apoyos	Tipo	X(m)	Y (m)	Z (m)	Término municipal
1	FL	285.661,6086	4.033.995,4388	96,29	Jimena de la Frontera
2	AN-AM	285.514,0661	4.033.700,7125	84,64	Jimena de la Frontera
3	AN-AM	285.407,2400	4.033.370,1009	82,21	Jimena de la Frontera
4	AN-AM	285.377,0814	4.032.988,5532	82,19	Jimena de la Frontera
5	AN-AM	285.545,9238	4.032.723,0356	82,17	Jimena de la Frontera
6	AN-AM	285.325,1093	4.032.447,3024	80,42	Jimena de la Frontera
7	FL (PAS)	285.091,0000	4.032.425,0000	79,72	Jimena de la Frontera

Tabla 2. Coordenadas UTM de los apoyos, ERTS89/UTM 30N.

6.3 Descripción del trazado subterráneo

Según se indica en la ITC-LAT 06, el diseño del trazado de líneas de tensión superior a 30kV se realizará bajo el criterio del proyectista, y es así como se realizará. El trazado será soterrando a partir del apoyo nº 7, siendo dicho apoyo un paso aéreo-subterráneo (PAS).

Los trazados de las líneas subterráneas cuentan con las siguientes características generales:

- Tensión nominal U_0/U (kV)..... 76/132

- Potencia de diseño a evacuar (MW) 200
- Intensidad de corto de diseño en 1 s (kA)..... 40
- Longitud aproximada (km)..... 25,23
- Conductor 1x1200 KAI +H120
- Conexión de las pantallas..... Cross Bonding
- Tipo de zanja Tresbolillo
- Anchura de la zanja (mm) 1.000
- Anchura de la zanja compartida (mm).....1.200
- Profundidad de la excavación (mm)..... 1.600
- Profundidad de la excavación compartida (mm).....2.490

El tramo subterráneo inicial, el cual no va compartido, se realizará bajo una canalización en tubos y hormigonado, con los siguientes estratos claramente definidos:

- De 0 a 100 mm se repondrá con pavimento. En caso de que el camino discurra por caminos de tierra se repondrá con la misma tierra que haya sido retirada previamente.
- De 100 a 600/800 mm (calzada/acera) se rellenará la zanja con la propia tierra que haya sido extraída de la excavación y compactándola hasta alcanzar un nivel de compactación mínimo del 95% del Proctor Modificado (P.M.). A una profundidad de 250 mm se dispondrá una cinta señalizadora, que indicará que debajo existe una línea de alta tensión.
- De 600/800 a 1.600 mm se rellenará con hormigón HM-20/B/20 y se incluirán los conductores en sus respectivos tubos en disposición tresbolillo a una profundidad de 1.600 mm.

La continuación del tramo subterráneo, compartida con los proyectos fotovoltaicos Adar Puerto de Santa María, Arunalec Puerto de Santa María, Crishelio Puerto de Santa María y Mitrallex Puerto de Santa María, se realizará también bajo una canalización en tubos y hormigonado, con los siguientes estratos claramente definidos:

- De 0 a 1.750 será la zanja para los conductores del tramo compartido.

- De 1.750 a 2.490 mm se rellenará con hormigón HM-20/B/20 y se incluirán los conductores en sus respectivos tubos en disposición tresbolillo.

Aclaración:

Independientemente a los estudios eléctricos desarrollados en el presente proyecto para la línea subterránea, se realiza un estudio de demanda y carga de la línea según la imagen adjunta, en el que se puede observar que se encuentra a un 98 % de su capacidad nominal, como se muestra a continuación:

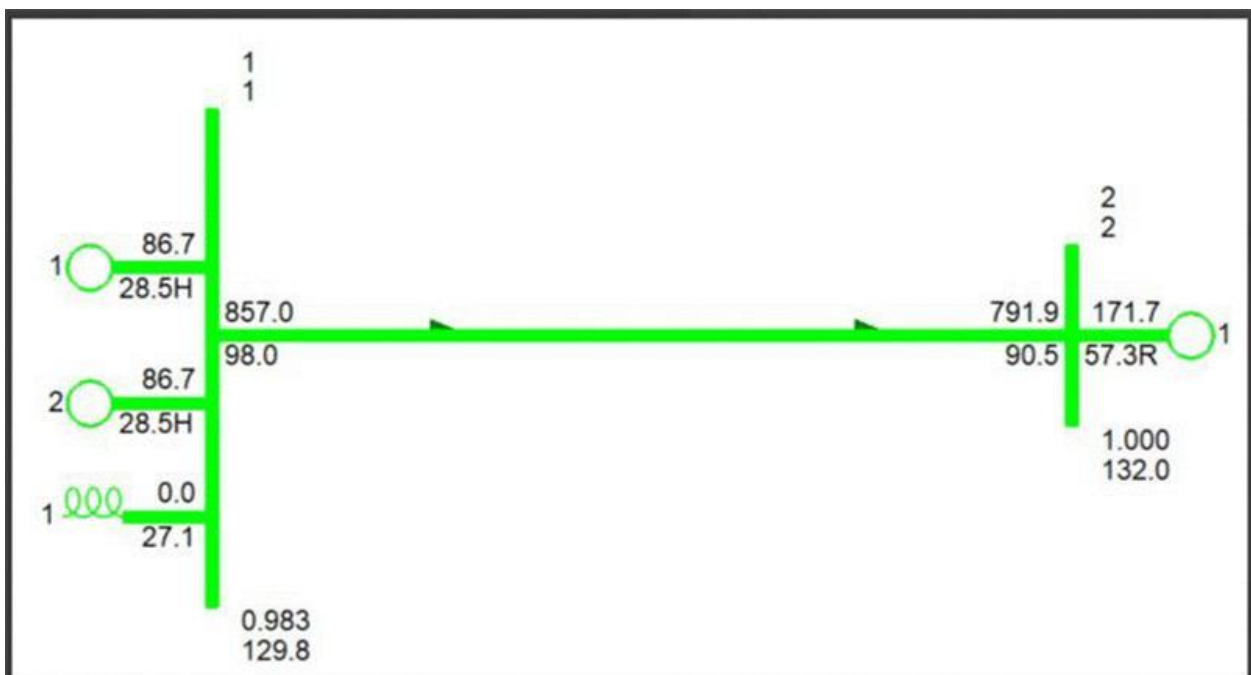


Figura 14. Simulación Línea de Alta Tensión 132 kV.

Según el estudio térmico realizado, en el tramo soterrado mediante perforación dirigida comprendido entre el P.K 12+611 y el 13+298, en el que las instalaciones superan los 4 metros de profundidad, se identifica un exceso de temperatura en el aislamiento del conductor. Este conductor propuesto se encontraría entre los límites térmicos permitidos ($>90^{\circ}$) por lo que se recomienda para garantizar la seguridad y fiabilidad del sistema, el incremento de la sección del conductor a 1.600 mm^2 en dicho tramo, en lugar de los 1.200 mm^2 propuestos para el resto de trazado. Esta medida permitirá además tener una mejora en la capacidad portante y disipación térmica evitando comprometer la operación de la línea de alta tensión.

6.4 Descripción general de las subestaciones

Las características principales de los componentes de las Subestaciones se muestran en la siguiente tabla:

SE Colectora 132/30 kV Tan Energy	
Emplazamiento	Jimena de la Frontera (Cádiz)
Construcción	Nueva
Coordenadas UTM	X: 285.661,61 Y: 4.033.995,44
Tipología	Intemperie
Relación de transformación	132/30kV

Tabla 3. Tablas resumen subestación SE Colectora 132/30 kV Tan Energy.

SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV	
Emplazamiento	San Roque (Cádiz)
Construcción	Nueva
Coordenadas UTM	X: 283.092,00 Y: 4.013.404,00
Tipología	Intemperie
Relación de transformación	132/400kV

Tabla 4. Tablas resumen subestación SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV.

7. Línea de enlace: tramo aéreo

7.1 Características generales

- Tipo de conductor aéreo LA-280
- Material Aluminio-Acero
- Sección total (mm²) 2 x 281,2
- Tipo de cable de tierra OPGW 48

- Número de cables de tierra 1
- Potencia máxima de transporte en aéreo (MW) 200
- Número de apoyos 7
- Longitud (km) 1,96
- Tipo de aislamiento Vidrio templado

7.2 Características de los materiales

7.2.1 Conductor

El conductor que se ha empleado para el diseño y dimensionado de la línea, es un LA-280. Las características del cable según UNE-EN 50182 y UNE-EN 60889 muestran en la siguiente tabla:

Cable	
Tipo	LA-280 Hawk
Material	Aluminio acero
Composición	(26x3,44 + 7x2,68)
Sección (mm ²)	281,1
Diámetro (mm)	21,793
Peso (kg/m)	0,9577
Resistencia cc a 20°C (ohm)	0,1194
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	7.500
Carga de rotura UTS (daN)	8.489
Coefficiente de dilatación lineal (°Cx10 ⁻⁶)	18,9
Densidad de corriente (A/mm ²)	2,04
Intensidad de corriente (A)	574

Tabla 5. Tablas resumen conductor aéreo.

7.2.2 Cable de guarda

El cable de guarda utilizado es un OPGW, que además de cumplir con su función de cubrir la línea frente a descargas atmosféricas tipo rayo, dispone de cables de fibra óptica acondicionados en el interior de tubos de acero. Esto permite transmitir información de manera eficaz con una de las tecnologías más avanzadas del mercado a través de la red eléctrica. Las características del cable se muestran en la tabla siguiente:

Cable de guarda	
Tipo	OPGW 48
Peso (Kg/m)	0,624
Sección (mm ²)	180
Diámetro (mm)	17
Peso Carga de rotura (Gg)	7.848
Módulo de elasticidad	11.772

Tabla 6. Tablas resumen cable de guarda.

7.2.3 Aislamiento

La fijación mecánica de los conductores a los apoyos se hace por medio de una cadena de aisladores, que además de soportar mecánicamente los conductores, deben proporcionar aislamiento de los mismos a tierra, cumpliendo con las normas UNE 21 114 y UNE 21 124.

Los aisladores utilizados deben cumplir sus funciones bajo las condiciones más desfavorables de la zona en la que se instalan y deben soportar la contaminación. Aunque se trate de una zona rural poco poblada, se ha considerado zona de contaminación II (media), que implica una línea de fuga mayor (condición más restrictiva). Se ha optado por aisladores de vidrio templado de tipo caperuza y vástago.

E-120P-146	
Material	Vidrio templado
Peso (kg)	4,8
Paso (mm)	146
Diámetro (mm)	255
Línea de fuga (mm)	390
Carga de rotura (KN)	120

Tabla 7. Tablas resumen aislador de vidrio.

Se dispondrá de una cadena de 10 aisladores tanto para apoyos de amarre, como se justifica en la memoria de cálculo.

7.2.4 Herrajes

Como parte del conjunto de elementos que sirven de soporte para los conductores, se utilizan una serie de elementos con resistencia mecánica suficiente. Suponen la unión física entre los conductores, las cadenas de aisladores y los apoyos. También se utilizan como soporte del cable de guarda.

Todos los elementos del herraje son de hierro forjado galvanizado, más resistente a la corrosión y cumplen con la norma UNE 21 006 y lo estipulado en el RLAT.

En los herrajes se engloban todo elemento necesario para la fijación de los aisladores a los apoyos y a los conductores, los de fijación del cable de tierra a la torre, los de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor como antivibradores, manguitos, descargadores, etc

- Cadena de amarre:
 - Grillete.
 - Anilla Bola.
 - Rótula.
 - Grapa de Amarre.

7.2.5 Apoyos

Los apoyos serán de serie normalizadas por el fabricante para la tensión y conductor, que de acuerdo a su función en línea y cadena de aislamiento. Los apoyos elegidos para el presente proyecto son del fabricante lmedexsa, en concreto de la serie Ícaro y Condor.

Los apoyos serán metálicos de celosía, formados por perfiles angulares de la serie de fabricación normalizada en este país, de acero laminado galvanizados, según lo indicado en la norma UNE-EN 207017 (antigua R.U. 6704 A), siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo 4 mm. Disponen de la altura necesaria para cumplir distancias mínimas, resistencia mecánica a tracciones y torsiones, condiciones del terreno.

Los tornillos empleados serán de calidad 5.6. La composición de la materia prima, la designación y las propiedades mecánicas cumplen la norma DIN-267, hoja 3. Las dimensiones de los tornillos y las longitudes de apriete se ajustan a las indicadas en la norma DIN-7990, con la correspondiente arandela de 8 mm, según norma DIN-7989.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión se utilizarán las fórmulas adecuadas a la solicitación a que estén sometidas las barras. Se dispondrá de uniones soldadas. Las tuercas hexagonales se ajustarán a la norma UNE-EN ISO 4032:2001; UNE-EN ISO 4034:2001.

La altura elegida de los apoyos está determinada por la distancia mínima reglamentaria a mantener al terreno y demás obstáculos por los conductores de la línea aérea.

7.2.6 Apoyo paso aéreo-subterráneo

El trazado de la línea subterránea comenzará en el apoyo nº 7, será del tipo: paso aéreo a subterráneo y en él se localizarán las autoválvulas y las botellas terminales. A partir de este apoyo el conductor pasará a ir directamente enterrado, hasta la llegada a la SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV y de ahí con una línea de 400 kV a la SET Pinar del Rey 400 KV, propiedad de REE.

La autoválvula estará conectada al conductor aéreo. Se tratará de que la autoválvula este lo más próxima posible a la botella terminal sin superar nunca los 3 metros.

Los conductores irán grapados al apoyo, pero con una distancia suficiente para que no existan desplazamientos debido a esfuerzos causados por fenómenos electromagnéticos. Las cajas de seccionamiento de pantallas se colocarán a una altura superior a los 4 metros para protegerlas de posibles manipulaciones externas. La unión entre la puesta a tierra de la autoválvula y la caja de

seccionamiento de la puesta a tierra de los conductores subterráneos se realizará en el fuste del apoyo a partir de conductores independientes.

Después, este punto de unión se continuará hasta la propia puesta a tierra del apoyo a través de un conductor común. El cable de puesta a tierra y los conductores subterráneos estarán protegidos desde el suelo hasta una altura de 2,10 metros a través de una envolvente según las necesidades de la zona, pudiendo ser de fábrica de ladrillo enfoscado en la cara exterior, o similar. Por otra parte, se instalará una bandeja de metal galvanizado desde el final de la protección de ladrillo hasta 2,40 metros.

En caso de ser necesario se ejecutará un cerramiento perimetral alrededor del apoyo.

7.2.7 Cimentaciones

Para que el cálculo de las cimentaciones cumpla con la normativa, se llevarán a cabo en función de lo establecido en la ITC-LAT 07. Según el apartado 3.6.1 de dicha ITC, se estipula que si las cimentaciones están formadas por macizos independientes para cada pata (como es el caso del presente proyecto), estas deberán ser diseñadas para absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo transmite al suelo. El cálculo de dichas cargas estará basado en el método del talud natural o ángulo de arrastre de tierras. También deberá ser comprobada la adherencia entre el anclaje y la cimentación de cada pata del apoyo.

Las dimensiones se han calculado para cada uno de los apoyos están calculadas según su altura libre sobre el terreno y su esfuerzo en punta, estando calculados por la fórmula de Sulzberger, considerando un coeficiente de compresibilidad del terreno de 8 Kg/mm^2 valor inferior al real donde va a ser emplazada la línea. Y un coeficiente de seguridad al vuelco para las distintas hipótesis no es inferior a:

- Hipótesis normales: 1,5
- Hipótesis anormales: 1,2

De manera que los apoyos no vuelquen ni giren debido a las tensiones a que son sometidos. Estas dimensiones se indican en los planos del presente documento.

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de tipo 20-HM y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08 (Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba dicha instrucción).

Se proyectarán las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza de los terrenos, cuyas características en caso de no realizar ensayos, vendrán definidas por los valores reflejados en los documentos preparados por el fabricante, de acuerdo con el tipo de cimentación y el método de cálculo empleado, para resistir las acciones y combinaciones de las mismas de acuerdo al apartado 3.6 de la ITC-LAT 07.

Una vez practicada la excavación, y con el fin de que el asiento del poste sea homogéneo, se le echará a la misma una solera o placa de 10 cm de espesor, y una vez fraguado todo el hormigón, se fundirá y enlucirá una peana, la cual sobresaldrá del terreno 20 cm., llevando un acabado a cuatro aguas. El bloque de cimentación se dispondrá de manera que sobresalga como mínimo 20 cm del terreno para proteger los extremos inferiores del fuste. Las cimentaciones utilizadas en el proyecto se muestran en detalle en el apartado planos de este documento.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Comprobación al arranque.
- Comprobación a la compresión.
- Comprobación de la adherencia entre el anclaje y la cimentación.

Teniendo en cuenta las comprobaciones anteriores descritas, las cimentaciones seleccionadas debido al tipo de torres que se van a emplear serán individuales para cada pata en función de las características del propio fabricante de los apoyos. Cada cimentación individual tendrá el diseño de pata de elefante y el dimensionado de cada cimentación individual dependerá del apoyo al que va unido.

7.2.8 Cálculos mecánicos e hipótesis de carga

La filosofía de diseño para las líneas de alta tensión en general está basada en el método empírico indicado en las normas UNE-EN 50341-1 y UNE-EN 50423-1. De acuerdo con ello, se utilizarán para las aplicaciones de las posibles solicitudes de cargas, fórmulas empíricas avaladas por la práctica que responderán a la duración, fiabilidad y garantía establecida en esta instrucción, equiparables con lo recomendado en la norma aludida.

No obstante, según el Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión e instrucciones técnicas complementarias, se parte de unos valores mínimos generalizados para el cálculo de las solicitaciones sobre los apoyos y los componentes de la línea. Se exponen fórmulas empíricas en función de variables y posibilidades de aplicación de distintas hipótesis, que puedan contemplar la diferencia geográfica de las distintas áreas en que

puede dividirse el Estado, en cuanto a concepción orográfica y climatológica se refiere. De esta forma, se establece una metodología de cálculo basada en la experiencia que las empresas distribuidoras y de transporte tienen en el diseño de líneas eléctricas aéreas.

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas indicadas en la tabla 7 del 3.5.3 de la ITC-LAT 07, combinadas en la forma y en las condiciones fijadas en la tabla, para Zona A.

7.2.9 Numeración y señalización

Cada apoyo dispondrá de una placa a una altura de 4 metros, de forma que sea visible pero no pueda ser retirada. En la placa se informará de la tensión, del número de apoyo y función dentro de la instalación y del fabricante (denominación del fabricante y año de fabricación). Además, también mostrará un símbolo de peligro eléctrico, según la norma UNE-EN 60417-1 y un logotipo de la empresa propietaria.

7.2.10 Accesorios: amortiguadores y salvapájaros

Tras un estudio mecánico de las tracciones ante fenómenos vibratorios, se estimará conveniente la colocación de amortiguadores, tal y como aconseja el RLAT si la tracción supera el 15% de la carga de rotura a 15°C. Con la selección definitiva del fabricante de apoyos se realizará el estudio de vibraciones de los conductores para la correcta distribución de los antivibradores en los conductores.

Con el fin de reducir la mortandad de la avifauna en la zona de Cádiz, se instalarán los salvapájaros necesarios, tipo espiral o similar, a lo largo del cable de guarda. Estos elementos deben de ser de un color vistoso para mejorar su visibilidad y eficacia. Se tendrá en cuenta además el Estudio de Impacto Ambiental de la zona.

7.2.11 Balizas

Con objeto de destacar la presencia de tendidos eléctricos, se instalarán balizas en los cables de comunicaciones, con el siguiente criterio:

- En zonas próximas a aeropuertos o de especial densidad de tráfico aéreo, se seleccionarán los vanos que se encuentren en dicha zona, instalándose balizas cada 30 metros. Para el caso de dos hilos de guarda, se colocarán a tresbolillo y a una distancia de 60 metros, en cada hilo.

- En cruces con autovías y autopistas se instalarán 3 balizas, las extremas sobre cada calzada, y la tercera en medio de las dos. En caso de haber dos hilos de guarda, se instalarán a tresbolillo.

La fijación de cada baliza al hilo de guarda estará protegida con material adecuado (neopreno o similar) para evitar daños al mismo. Serán preferentemente de fibra de vidrio y de forma esférica, con un diámetro aproximado de 40 cm.

7.2.12 Separadores

Los separadores son una serie de elementos que mantienen la distancia constante entre los subconductores de una línea. Para nuestro caso, se trata de un simple circuito dúplex, por lo que será preciso escoger un separador dúplex.

7.2.13 Protección de superficies

En los perfiles metálicos enterrados sin recubrimiento de hormigón se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando agentes protectores adecuados, como galvanizado, soluciones bituminosas, brea de alquitrán, etc.

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

Los apoyos situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente (apoyos frecuentados según 7.3.4.2 de la RAT ITC-07), dispondrán de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 metros.

Para salvaguardarlos de la corrosión, el nuevo apoyo tendrá protección de superficie a base de cincado a fuego. El galvanizado se hará de acuerdo con la norma UNE-EN 1179:2004; UNE-EN ISO 1461:2010 y UNE-EN ISO 10684:2006/AC:2009.

Según la citada norma, la cantidad mínima de zinc será de 5 gramos por decímetro cuadrado de superficie galvanizada. La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

7.2.14 Geometría de la torre

En los planos se detallan las dimensiones de las torres seleccionadas. Al tratarse de un simple circuito, se ha decidido que la configuración más provechosa es la de "Tresbolillo", en la que se reduce la ocupación horizontal de los terrenos por los que pasará la línea. Se han utilizado armados del fabricante Imedexsa.

El DMG (Distancia Media Geométrica) depende de la configuración de la línea en función del tipo de cabeza de apoyos que se elija, pues depende de las distancias que existen entre las diferentes fases de los conductores (d_{12} , d_{23} y d_{31}). En un circuito simple la forma de calcular el DMG viene dado por la expresión:

$$DMG = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{31}}$$

Siendo para las torres seleccionadas la DMG más desfavorable de 807,5 cm, se tomará este dato para los cálculos.

7.3 Botellas terminales

Los terminales para utilizar serán del tipo exterior con las características indicadas a continuación:

Botellas terminales	
Tensión nominal (kV)	132
Tensión de aislamiento (kV)	145
Distancia de fuga (mm)	8.355
Clase	IV
Peso (kg)	321

Tabla 8. Tablas resumen aislador de vidrio.

Las características técnicas de las botellas terminales tipo exterior serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

Este tipo de terminales de exterior, tienen el aislador de composite cementada a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa. 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. Este tipo de terminal permite aislar la pantalla del soporte metálico, lo cual es necesario para las conexiones especiales de pantallas flotantes.

Asimismo, se pueden realizar ensayos de tensión de la cubierta para mantenimiento. La conexión de los conductores a su conector se hace por manguitos de conexión a presión. La conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito. La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra.

El nivel de aislamiento exigido para los terminales será el indicado en la tabla siguiente en función de la tensión nominal:

Tensión nominal de la red (kV)	Tensión nominal del cable U_0/U (kV)	Tensión más elevada en el cable y sus accesorios U_m (kV)	Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)
132	76/132	145	650

Tabla 9. Tablas resumen niveles de tensión.

7.4 Autoválvulas

Las autoválvulas son los elementos encargados de desviar las descargas producidas por impactos de rayos en las líneas a tierra. Son un elemento de protección y evitan que las sobretensiones lleguen a los conductores subterráneos pues podrían ser dañados. Es por esta razón que estas se colocarán una por cada fase ubicadas lo más cerca posible del paso a subterráneo. Su diseño se realizará basándose en el máximo valor de tensión de la red.

La puesta a tierra de las autoválvulas se realizará conectando directamente a la estructura que las soporta.

7.5 Puesta a tierra

7.5.1 Diseño de la puesta a tierra

La puesta a tierra de los apoyos se realizará teniendo en cuenta lo que al respecto se especifica en el apartado 7 de la ITC-LAT 07 del vigente Reglamento de Líneas de Alta Tensión (R.D. 223/08), considerando que la línea dispone de un sistema de desconexión automática, con un tiempo de despeje de la falta inferior a 1 segundo.

El principio básico de la puesta a tierra, según establece el RLAT en su apartado 7 de la ITC-LAT-07, es conseguir cumplir los siguientes requisitos:

- Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- Que resista, desde un punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

Además de cumplir lo anterior, en los apoyos ubicados en zonas frecuentadas; limitará las tensiones máximas de contacto y paso a la establecidas reglamentariamente. El mismo tratamiento que para las zonas de pública concurrencia deberá tenerse para los apoyos con aparatos de maniobra.

7.5.2 Elementos del sistema de puesta a tierra

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

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

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

7.5.3 Electrodo

Podrán disponerse de las siguientes formas:

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

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

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

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

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

Cuando se instalen varias picas en paralelo se separarán como mínimo 1,5 veces la longitud de la pica. La parte superior de cada pica siempre quedará situada debajo del nivel de tierra. Las uniones utilizadas para conectar las partes conductoras de una red de tierras, con los electrodos de puesta a tierra dentro de la propia red, deberán tener las dimensiones adecuadas para asegurar una conducción eléctrica y un esfuerzo térmico y mecánico equivalente a los de los propios electrodos.

Los electrodos de puesta a tierra deberán ser resistentes a la corrosión y no deberán ser susceptibles de crear pares galvánicos. Cuando se tengan que conectar metales diferentes, que creen pares galvánicos, pudiendo causar una corrosión galvánica, las uniones se realizarán mediante piezas de conexión bimetálica apropiadas para limitar estos efectos.

Los electrodos estarán compuestos de picas de acero cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, con las cabezas unidas por cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, empleando soldadura aluminotérmica.

7.5.4 Líneas de tierras

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

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

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

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

7.5.5 Conexión de los apoyos en tierra

Todos los apoyos de material conductor o de hormigón armado deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica. Los apoyos de material no conductor no necesitarán puesta a tierra. Además, todos los apoyos frecuentados, salvo los de material aislante, deberán ponerse a tierra. La conexión específica a tierra de los apoyos de hormigón armado podrá efectuarse de las dos formas siguientes:

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

7.5.6 Clasificación de los apoyos según su ubicación

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos:

1. Apoyos NO frecuentados. Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente. En líneas provistas con desconexión automática inmediata (en un tiempo inferior a 1 segundo) y para sus apoyos clasificados como No frecuentados, el sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad de las personas si el valor de la resistencia de puesta tierra

garantiza la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. El electrodo a emplear, tal como lo define el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, proporcionará un valor de la resistencia de puesta a tierra máximo de 40Ω para la tensión de 25 KV. Se podrá conseguir mediante la utilización de una sola pica de acero cobre de 1,5 m de longitud y 14 mm de diámetro, enterrado como mínimo a 0,5 m de profundidad. Si no es posible alcanzar, mediante una sola pica, el valor de resistencia indicado, se añadirán picas al electrodo enterrado, siguiendo la periferia del apoyo, hasta completar un anillo de cuatro picas, añadiendo si es necesario a dicho anillo, picas en hilera de igual longitud, separadas 3 m entre sí. El conductor de unión entre picas será de cobre de 50 mm^2 de sección.

2. Apoyos Frecuentados. Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

- Casco urbano y parques urbanos públicos.
- Zonas próximas a viviendas.
- Polígonos industriales.
- Áreas públicas destinadas al ocio, como parques deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
- Zonas de equipamientos comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

1. Cuando se aislen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
2. Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía, obstáculos naturales, etc.).

3. Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas. A continuación, se indica la clasificación según su ubicación de los apoyos del presente proyecto:

Nº de apoyo	Tipo	Clasificación
1	FL	No Frecuentado
2	AN-AM	Frecuentado
3	AN-AM	No Frecuentado
4	AN-AM	No Frecuentado
5	AN-AM	Frecuentado
6	AN-AM	Frecuentado
7	PAS	Frecuentado

Tabla 10. Clasificación de los apoyos.

En función el sistema de puesta a tierra quedaría definido de la siguiente manera:

- Apoyos no frecuentados, se utilizarán 4 picas (una por pata).
- Apoyos frecuentados, se colocará un electrodo horizontal en forma de anillo, disponiéndose de un anillo en cada pata de cada apoyo, a una distancia de 1 m de las aristas de la cimentación a una profundidad mínima de 0,6 m (como medida de protección mecánica) en el fondo de una zanja.

Por ser un terreno no corrosivo, no es necesario utilizar un relleno diferente al del propio terreno. La unión de los electrodos asegura la conducción eléctrica y los esfuerzos térmicos y mecánicos de los propios electrodos.

Tras la colocación del sistema de puesta a tierra de cada apoyo, se comprobarán las tensiones de paso y contacto, y la resistencia de tierra. Tal como se define el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, se debe proporcionar un valor de la resistencia de puesta a tierra máximo de 40 Ω para la tensión de 25 kV, en caso de superar estos valores se reforzará el sistema con la colocación extra de electrodos.

7.6 Distancias de seguridad

En este apartado se calcularán las distancias de seguridad que se deberán tener en cuenta de los elementos en tensión y aquellos puestos a potencial de tierra. Todas estas distancias vienen estipuladas en el RLAT en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 en apartado 5 “Distancias mínimas de seguridad, cruzamientos y paralelismos”.

Es importante definir tres tipos de distancias eléctricas con las cuales se va a trabajar para el diseño de todas las distancias de seguridad que se van a calcular a continuación:

- D_{el} : Distancia de aislamiento en el aire mínima específica, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se considera distancia del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- D_{pp} : Distancia de aislamiento en el aire mínima específica, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. D_{pp} es una distancia interna.
- a_{som} : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra. Para que exista mayor probabilidad de descarga interna el Reglamento obliga a que se cumpla $D_{add} + D_{el} > 1,1 \cdot a_{som}$, donde D_{add} es una distancia adicional que se añade para evitar que la altura de individuos que pasen por debajo de la línea no haga que este incumpla las distancias mínimas.

Estas distancias vienen determinadas para distintos niveles de tensión en el reglamento, según el apartado 5.2. de la ITC-LAT 07, tabla para distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas, para una línea de 132 kV como la nuestra, estos valores son los siguientes:

Tensión nominal U_n (kV)	Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
132	145	1,20	1,40

Tabla 11. Distancia aislamiento eléctrico.

7.6.1 Distancias al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha según las hipótesis de temperatura y hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables a una altura mínima.

La altura mínima de los conductores al terreno, estando aquellos en su posición de máxima flecha vertical, ha de ser la que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$H = D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ en metros, con un mínimo de 6 metros.}$$

$$H = 5,3 + 1,2 = 6,5 \text{ m}$$

Se adoptará un mínimo de 7 metros. No obstante, en lugares de difícil acceso las distancias anteriores podrán ser reducidas en un metro.

La distancia mínima reglamentaria entre conductores se determina según la fórmula del apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07:

$$D = K \times \sqrt{F + L} + K' \times D_{pp}$$

Donde:

D: Separación entre conductores (m).

F: Flecha máxima en metros, según apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.

L: Longitud en metros de la cadena de suspensión.

D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de se indican en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07, en función de la tensión más elevada de la línea.

K´: Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea (K´=0,85).

K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el Viento (K=0,65).

7.6.2 Distancias de los conductores a los apoyos

En el apartado 5.4.2. de la ITC-LAT 07 se establece que la separación mínima entre conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior al D_{el} con un mínimo de 0,2 metros.

Siendo U=132kV, D_{el}=1,20 m

Se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h, a la temperatura -5° , para Zona A.

7.6.3 Distancias a otras líneas

En el RLAT se distingue la distancia entre líneas en cruzamientos y en paralelismos entre líneas. Para el diseño de la línea se han tenido en cuenta los cruzamientos y en paralelismos de la zona, tal y como se muestran en los planos del presente proyecto.

En los cruces, la línea aérea de tensión más elevada se situará a mayor altura y en caso de igualdad de tensión, se situará a mayor altura aquella que se cree con posterioridad. Se procurará en la medida de lo posible, que el cruce se efectúe en las proximidades 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 lo siguiente.

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} (m)$$

con un mínimo de:

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

Y considerando los conductores de la misma, en su posición de máxima desviación, bajo las condiciones de la hipótesis de viento.

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

$$D_{add} + D_{pp} (m)$$

Los valores de D_{add} en este caso, están definidos para los distintos valores de tensión nominal de la red en el Reglamento, siendo para una línea de 132 kV igual a 3 m.

De tal forma las distancias de seguridad que se deberán mantener son las siguientes:

- Distancia entre conductores de la línea inferior y el apoyo de la línea superior

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 1,2 = 3,2 \text{ (m)}$$

- Distancia vertical entre conductores de la línea inferior y la superior

$$D_{add} + D_{pp} = 3 + 1,4 = 4,4 \text{ (m)}$$

- Distancia entre conductores de fase de la línea superior y el cable de guarda de la línea inferior

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 1,2 = 2,7 \text{ (m)}$$

7.6.4 Distancias a carreteras

Cuando se realice un cruzamiento se ha de dejar una distancia mínima desde la arista exterior de la carretera al apoyo más cercano de 50m en autopistas y de 25m en el resto de las carreteras. Para el diseño de la línea se han tenido en cuenta los cruzamientos carreteros de la zona, tal y como se muestran en los planos del presente proyecto. Los cruces se deberán intentar realizar lo más perpendicular posible a la carretera para minimizar la zona de afección de esta.

La distancia mínima que ha de cumplirse de los conductores sobre el rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} \text{ (m)}$$

Con una distancia mínima de 7 m.

Los valores de D_{el} son los indicados en apartados anteriores y el de D_{add} será de 7,5 m para categorías especiales y 6,3 para el resto de las categorías. La distancia que se deberá de mantener en los cruces con carreteras para la línea en proyección será de:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + 1,2 = 7,5 \text{ (m)}$$

7.7 Relación de cruzamientos y paralelismos

A lo largo del recorrido de la línea de Alta Tensión se producen diferentes cruzamientos y paralelismos, tal y como se muestran en los planos del presente proyecto. Se muestran en el último capítulo del presente proyecto listado de los cruzamientos y paralelismos de todos los trazados.

Según el punto 5.6.2 de ITC-LAT 07 del Reglamento en todo paralelismo entre líneas eléctricas aéreas, se conserva una distancia mínima entre los conductores más próximos de ambas líneas, considerando la posible desviación de los conductores por la acción del viento, igual a la distancia entre conductores expuesta en el apartado 5.4.1 de ITC-LAT 07, tomando como tensión, el valor más elevado de ambas instalaciones.

Aun así, en la medida de lo posible, a fin de disminuir los riesgos en caso de mantenimiento, actuaciones o accidente en una de las instalaciones, se ha evitado el emplazamiento de líneas eléctricas aéreas paralelas a distancias inferiores a vez y media la altura total del apoyo más alto afectado, a excepción de las zonas de principio y fin de las líneas, especialmente en las llegadas a las subestaciones.

En relación a paralelismos con líneas de telecomunicaciones, en virtud al punto 5.6.2 de ITCLAT 07 del Reglamento se evita siempre que se puede quedando para los casos en que no es posible una separación horizontal mínima de vez y media la altura total del apoyo más alto. Para ningún tipo de paralelismos son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el punto 5.3 de ITC-LAT 07 del Reglamento.

8. Línea de enlace: tramo subterráneo

8.1 Características generales

- Frecuencia (Hz) 50
- Tensión nominal (kV) 132
- Tensión más elevada del material (kV) 145
- Potencia máxima de transporte (MW) 200
- Longitud del tramo (km) 25,23
- Origen Apoyo PAS n°7
- Final SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV
- Conductor 1x1200 KAI +H120
- Cable de fibra óptica 1x PKPSP-48
- Conexión pantallas Cross- Bonding (CB)

- Tipo de zanja S/C tresbolillo
- Canalización bajo tubo
- Tª máxima de operación 90°C

En el Reglamento de Líneas de Alta Tensión solo se especifican las características de cómo deben ser las canalizaciones de líneas subterráneas de hasta 30 kV. Para este caso los cruces con carreteras y caminos han de ser bajo tubos y hormigonados, determinando el diseño completo de la línea.

En la ITC-LAT 06 se indica: para tensiones superiores de 30 kV, el proyectista determinará y justificará en cada caso las condiciones de instalación y distancias. Es por ello que se ha decidido hacer un único diseño para el tramo subterráneo.

Se ha decidido disponer los conductores en tubos que los protegerán de la humedad, golpes o variaciones de temperatura del terreno. A su vez se dichos tubos se han dispuesto en tresbolillo con el objetivo de que las reactancias mutuas de las tres fases se parezcan lo más posible.

8.1.1 Conductor

El conductor que se ha empleado para el diseño y dimensionado de la línea, es un conductor aislado que está diseñado para líneas de alta tensión y es frecuentemente empleado a la tensión de trabajo de línea que estamos diseñando, 132 kV:

Cable	
Tipo	1x1200 KAI +H120
Norma de referencia	REE ET129 Ed.5 EIC 62067
Tensión U_0/U (kV)	76/132
Tensión a impulsos U_p (kV)	650
Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C)	90
Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C)	250
Sección del conductor (mm ²)	1.200
Peso (kg/m)	9,25
Diámetro del conductor (mm)	41,6

Cable	
Material del aislamiento	XLPE
Espesor del aislamiento (mm)	15
Diámetro del aislamiento (mm)	75
Sección de la pantalla (mm ²)	120
Espesor de la cubierta (mm)	3,7
Diámetro nominal exterior (mm)	92
Resistencia cc a 20°C (ohm/km)	0,0247
Inductancia cable tresbolillo (mH/km)	0,188
Intensidad máx. de corto en el conductor durante 0,5 seg. (A)	160,5/113,5
Intensidad máx. de corto en la pantalla durante 0,5 seg (A)	56,0/40,8
Esfuerzo máximo de tiro (kg)	3.600
Radio de curvatura mínimo durante la instalación (m)	1,9
Radio de curvatura mínimo permanente (sin tracción) (m)	1,5

Tabla 12. Tabla resumen cable de potencia.

8.1.2 Cable de fibra óptica

En todo el recorrido subterráneo se instalará un cable óptico subterráneo con protección antirroedores e ignífugo. El núcleo óptico estará formado por tubos holgados que alberguen 48 fibras monomodo g.652, con las siguientes características eléctricas:

Cable de fibra óptica	
Tipo	OPSYCOM
Denominación	PKP Ref. 3764es
Tipo de cubierta	PKPSP
Nº de fibras	48
Diámetro del cable (mm)	13
Tracción máxima de operación (Kg)	280
Peso (kg/km)	120
Radio mínimo de curvatura (mm)	200

Cable de fibra óptica	
Tª de operación	-20° a+70°C

Tabla 13. Tabla resumen cable de fibra óptica.

8.1.3 Botellas terminales

Los terminales para utilizar serán del tipo exterior con las características indicadas a continuación:

Botella terminal	
Tensión nominal (kV)	132
Tensión de aislamiento (kV)	145
Distancia de fuga (mm)	8.355
Clase	IV
Peso (kg)	321

Tabla 14. Tabla resumen botella terminal.



Figura 15. Botellas terminales.

Las características técnicas de las botellas terminales tipo exterior serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

Este tipo de terminales de exterior, tienen el aislador de composite cementada a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa. 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. Este tipo de terminal permite aislar la pantalla del soporte metálico, lo cual es necesario para las conexiones especiales de pantallas flotantes.

Asimismo, se pueden realizar ensayos de tensión de la cubierta para mantenimiento. La conexión de los conductores a su conector se hace por manguitos de conexión a presión. La conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito. La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra.

El nivel de aislamiento exigido para los terminales será el indicado en la tabla siguiente en función de la tensión nominal:

Tensión nominal	
Tensión nominal (kV)	132
Tensión nominal del cable U_0/U (kV)	76/132
Tensión más elevada en el cable y sus accesorios U_m (kV)	145
Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV cresta)	650

Tabla 15. Resumen niveles de tensión.

8.1.4 Autoválvulas

Las autoválvulas son los elementos encargados de desviar las descargas producidas por impactos de rayos en las líneas a tierra. Son un elemento de protección y evitan que las sobretensiones lleguen a los conductores subterráneos pues podrían ser dañados. Es por esta razón que estas se colocarán una por cada fase ubicadas lo más cerca posible del paso a subterráneo. Su diseño se realizará basándose en el máximo valor de tensión de la red.

La puesta a tierra de las autoválvulas en las subestaciones se realizará conectando directamente a la estructura que las soporte en el interior de la subestación.



Figura 16. Autoválvulas.

En los cambios importantes de dirección se colocan arquetas de ayuda para facilitar el tendido del cable. Las arquetas pueden ser prefabricadas y de clase B conforme a la norma UNE 133100-2:2021 o construidas in situ.

Para su colocación se sigue con lo establecido en la instalación de arquetas prefabricadas en la norma UNE 133100-2:2021.

De igual forma, las tapas de la arqueta son conforme a la norma UNE 133100-2:2021.

Se instalarán las arquetas de ayuda necesarias, de acuerdo con la longitud, curvatura de los trazados y tensión máxima de tiro que soporta cada tipo de cable a tender. Se preverán también las arquetas de ayuda necesarias para el tendido de los cables de fibra óptica y control.

Una vez finalizada la instalación de los cables, y si hubiera sido necesaria alguna arqueta de ayuda intermedia, los conductores deberán ser protegidos de manera similar a como va en el resto del trazado.

8.1.5 Cable de acompañamiento de tierra

Entre las dos subestaciones descritas anteriormente, en las que se realiza conexión de pantallas del tipo cross bonding, se instalará un cable de continuidad de tierras de 120 mm² de cobre.

8.1.6 Arquetas de trazado

Utilización de arquetas de respiración para minimizar estos puntos calientes.

Inclusión de arquetas adecuadas de acceso antes y después de los cruzamientos para favorecer esas hipotéticas reparaciones o sustituciones del cable.

Refuerzos especiales dada la magnitud del estrés que puede sufrir la zona durante las obras de las conducciones de la presa y el peso cuando éstas estén totalmente operativas y llenas de agua.

En los cambios importantes de dirección se colocan arquetas de ayuda para facilitar el tendido del cable. Las arquetas pueden ser prefabricadas y de clase B conforme a la norma UNE 133100-2:2002 o construidas in situ.

Para su colocación se sigue con lo establecido en la instalación de arquetas prefabricadas en la norma UNE 133100-2:2002. Y las tapas de la arqueta son conforme al apartado 7.6 de la norma UNE 133100-2:2002.

Se instalarán las arquetas de ayuda necesarias, de acuerdo con la longitud, curvatura de los trazados y tensión máxima de tiro que soporta cada tipo de cable a tender. Se preverán también las arquetas de ayuda necesarias para el tendido de los cables de fibra óptica y control.

Una vez finalizada la instalación de los cables, y si hubiera sido necesaria alguna arqueta de ayuda intermedia, los conductores deberán ser protegidos de manera similar a como va en el resto del trazado.

8.1.7 Arquetas de telecomunicaciones

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre ambas subestaciones, y como ayuda para el tendido de estos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones.

Los cables de telecomunicaciones no se deberán introducir en las cámaras de empalme de los cables de potencia para lo cual se realizará un desvío por fuera de la cámara de empalme desde la zanja tipo conjunta de cables de potencia y de telecomunicaciones hasta las arquetas de telecomunicaciones tal y como se muestra en los planos del presente proyecto. Y siguiendo con lo establecido en el plano de REE, N° LSC003, Cámaras de empalme.

Las telecomunicaciones quedan fuera de alcance del presente proyecto, se propone un cable tipo del que se presentan sus cálculos justificativos.

8.1.8 Hitos de señalización

Se instalarán hitos de señalización necesarios para indicar la presencia de la línea enterradas, en aquellos puntos singulares de la ruta (cambios de dirección de la ruta, puntos de difícil localización, etc.) o la existencia de elementos enterrados. Según la norma UNE 133100, los hitos serán de hormigón armado, tendrán unas dimensiones e 15×15 cm de sección por 90cm. de altura, más 5 cm. de cogolla que tendrá forma piramidal. Una vez instalados sobresaldrán del terreno 35 cm.

8.1.9 Cámaras de empalme

Siendo un trazado subterráneo de aproximadamente 25,23 km será necesario la instalación de cámaras de empalme. La cámara de empalme podrá ser construida in situ o prefabricada, se propone el modelo 1L 132 kV de Lekunbide, tal y como se muestra en planos. Garantizando su total impermeabilización y sellado.

Las condiciones de ejecución deban cumplir con el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

En las cámaras en las que se deba realizar cruzamiento de pantallas o puesta a tierra de estas ya sea directa o a través de descargadores, deben hincarse por cada circuito cuatro picas en las esquinas y unirse formando un anillo mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm² (sección mínima), el cual debe sobresalir al menos 1 m dentro del recinto.

Se debe colocar una base de arena fina nivelada con una resistencia suficiente para soportar los rellenos especiales.

La construcción de la cámara de empalmes deberá ser tal que provea a los montadores de una protección máxima para el montaje, y deberá estar tan exenta de polvo como sea posible.

En cualquier caso, se construirá un murete en el exterior a lo largo de todo el perímetro de la cámara a fin de evitar la entrada de agua en la misma, cuidando que el agua que en su caso canalice dicho murete pueda drenar por sí misma hacia una zona alejada de la cámara. No obstante, además, deberán estar equipadas de bombas extractoras (tanto eléctricas como mecánicas). Las dimensiones de la cámara están definidas en planos siguiendo el siguiente croquis constructivo:

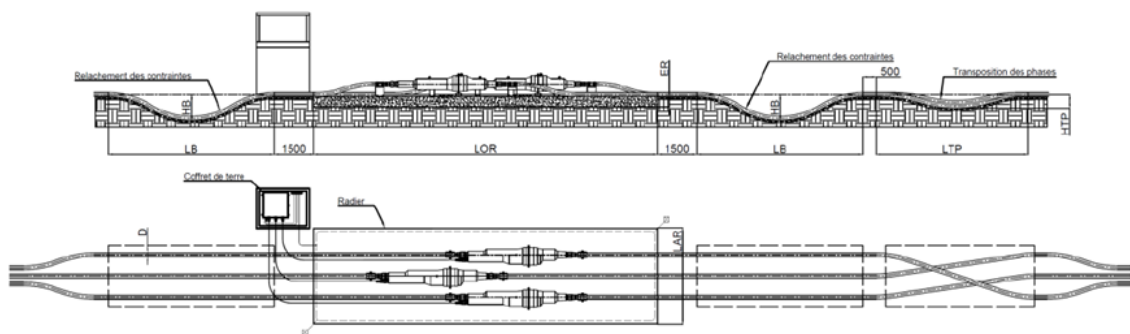


Figura 17. Cámara de empalmes.

8.1.10 Empalme

Los empalmes del trazado soterrado tendrán que disponer de las siguientes características:

- Tener una conductividad igual o superior a la de un conductor de la misma longitud.
- El aislamiento debe ser tan efectivo como el aislamiento del propio cable.
- Debe estar protegido para evitar la entrada de humedad.

- Soportar los esfuerzos dinámicos que se puedan dar.

El empalme utilizado debe permitir la trasposición de la pantalla y será realizado por personal autorizado por el fabricante del cable y siempre bajo la supervisión de este.

8.1.11 Canalización

En toda la instalación el conductor irá en disposición simple circuito en tresbolillo bajo tubo, enterrados en zanja de hormigón, según plano tipo REE. Teniendo en cuenta que, en los 25,23 km de línea soterrada, unos 16 km aproximadamente será compartida con otro promotor:

- Longitud del tramo (km)..... 25,23
- Zanja con conductores (kV)132
- Promotor Tayan Investment 13 S.L.
- Inicio..... Apoyo nº 7, PAS
- FinSET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV

La zanja cuando pasa a ser compartida, contendrá también conductores de los proyectos de Tomsom en 45 kV.

Con las siguientes dimensiones y disposición:

Descripción	Tramo simple	Tramo compartido
Disposición de los conductores	Tresbolillo	Tresbolillo
Nivel de tensión (kV)	132	132/45
Profundidad de los conductores (mm)	1.600	2.490
Anchura de la excavación (mm)	1.000	1.200

Tabla 16. Dimensiones de las zanjas.

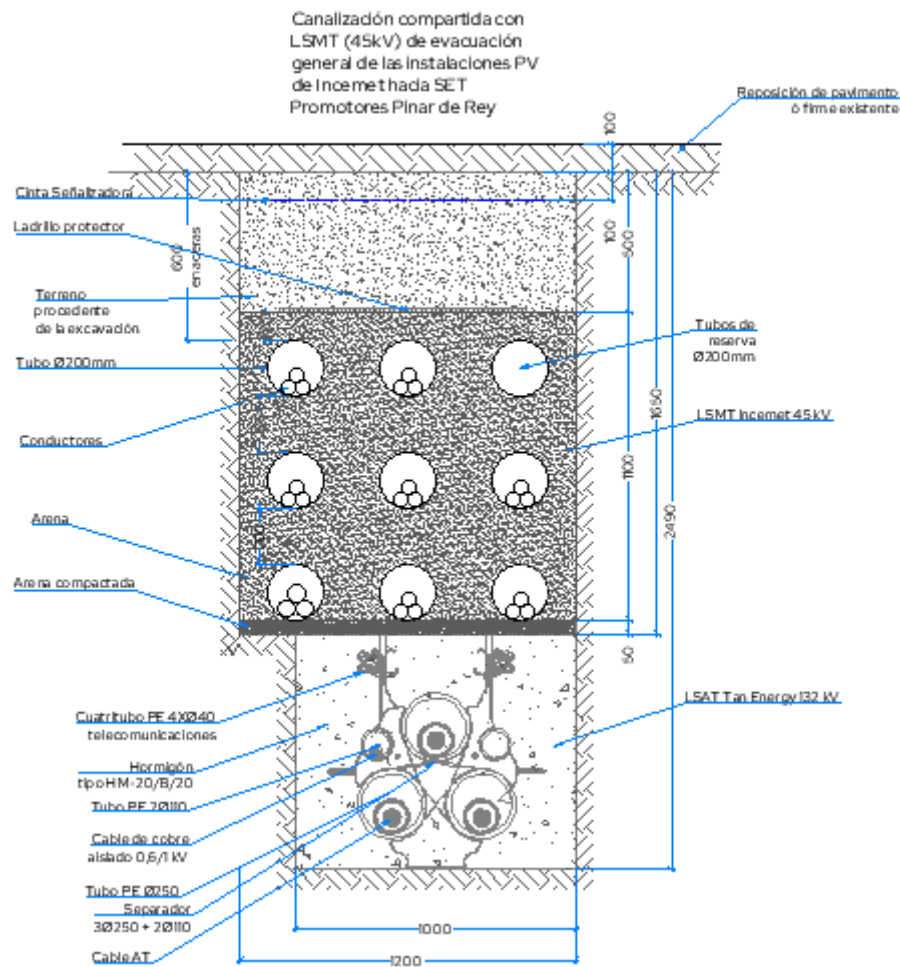


Figura 18. Detalle zanja compartida.

Los tubos para los cables de potencia serán corrugados (interior liso) de PVC y se instalará un cable de potencia por tubo, disponiendo las tres en toda la ruta. Serán independientes entre sí, siendo sus características principales: tubo de polietileno de alta densidad, rígidos corrugados de doble pared, lisa interna y corrugada la externa de diámetro exterior de 250 mm.

Sobre el fondo de la zanja se depositará una capa de hormigón de limpieza, con un espesor de 10 cm. Una vez depositada la capa anterior, se colocará una cama de apoyo de arena de tamaño 5 mm compactada hasta un índice de densidad no inferior al 75% y resistividad térmica 1,5 K·m/W, sobre la cual se colocarán los 3 conductores de evacuación, en disposición al tresbolillo, es decir, 2 en la parte inferior, y 1 en la superior. En todos los tramos los tubos estarán debidamente asegurados para evitar cualquier desplazamiento durante el vertido del hormigón. A dicho efecto se colocarán separadores para que la distancia entre los tubos sea uniforme en todo el recorrido.

Por encima de los conductores y el tubo de PVC se tenderá una capa de hormigón H-20 para proteger los conductores de futuras excavaciones.

Posteriormente se acabará de rellenar la zanja con material de relleno de recubrimiento, que será material procedente de la propia excavación, excepto cuando se trate de suelos inadecuados.

Este material se compactará al 95% del proctor modificado en tongadas de 30 cm. Por encima del hormigón, se coloca una cinta de señalización para avisar de la presencia de conductores de Alta Tensión. Como el cable de cobre de continuidad de tierras debe cambiar su ubicación de un lado a otro de la línea a mitad de recorrido de la parte del trazado con conexión Cross Bonding, el cable de fibra óptica también pasará al otro lado en ese mismo punto

8.1.12 Obra civil de la canalización

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se realizarán con radios de curvatura no inferiores a 50 veces el diámetro exterior del tubo, con motivo de facilitar la operación de tendido.

Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de estos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de estas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.).

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se procederá al hormigonado de estos, sin pisar la canalización, vertiendo y vibrando el hormigón de calidad HM-20 al menos en dos tongadas. Una primera para fijar los tubos y otra para alcanzar la cota de hormigón especificada según el plano de la zanja.

Los tubos quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables.

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado de todos los tubos en los dos sentidos. Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo. El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad.

Además, el mandril deberá arrastrar una cuerda guía que servirá para el tendido del piloto que se empleará posteriormente en el tendido de los cables. La cuerda guía deberá ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm.

Una vez hayan sido mandrilados todos los tubos sus extremos deberán ser sellados con espuma de poliuretano o tapones normalizados para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, roedores, etc.) hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables.

8.2 Puesta a tierra

En las instalaciones subterráneas de AT durante el funcionamiento de los circuitos se inducen en las pantallas de los conductores tensiones y, dependiendo del sistema de conexión de puesta a tierra de las pantallas, se pueden dar dos fenómenos distintos:

- Pueden aparecer corrientes inducidas que disminuyen la capacidad de transporte del conductor.
- Pueden aparecer tensiones inducidas que pueden alcanzar valores peligrosos para la seguridad de personas o valores capaces de dañar los materiales de la instalación o reducir la vida útil de los mismos.

Es por eso hay que realizar la elección del sistema de conexión de puesta a tierra de las pantallas, atendiendo a las características de la instalación y de los efectos que las tensiones inducidas. Las principales funciones del sistema de conexión de puesta a tierra son:

- Eliminar o reducir corrientes de circulación por las pantallas debidas a un acoplamiento inductivo con la corriente que pasa por los cables, evitando así pérdidas de potencia activa.
- Reducir las tensiones inducidas entre las pantallas de los cables y tierra, tanto en régimen permanente como en cortocircuito. Las sobretensiones inducidas durante cortocircuitos pueden provocar averías en los cables, principalmente en los empalmes, terminales y en las cajas de conexiones que se utilizan para la transposición de pantallas, así como la perforación del aislamiento de la cubierta.

Las sobretensiones inducidas durante cortocircuitos pueden provocar averías en los cables, principalmente en los empalmes, terminales y en las cajas de conexiones que se utilizan para la transposición de pantallas, así como la perforación del aislamiento de la cubierta.

Dada la longitud de la línea, la disposición de los circuitos y las intensidades máximas admisibles, la conexión de las pantallas a tierra será del tipo “Cross Bonding”, es decir, se conectarán directamente a tierra en los dos extremos de la línea y mediante cruzamiento de estas en todas las cámaras de empalmes previstas.

El esquema de conexión es el indicado en la Ilustración siguiente:

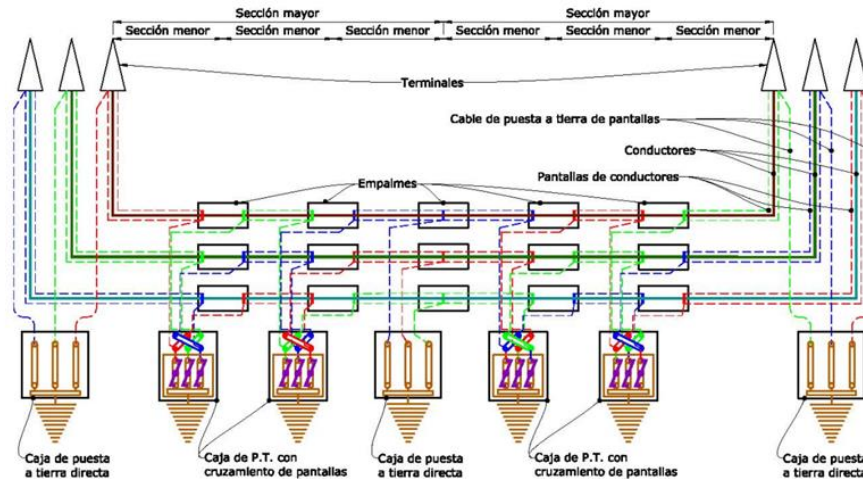


Figura 19. Esquema de puesta a tierra simplificado.

Se utilizará este sistema para líneas en las que su longitud implique la realización de al menos 2 empalmes por conductor, y dónde se quiera eliminar las corrientes de pantalla.

El sistema Cross Bonding consiste en la distribución de las pantallas de cable en secciones elementales llamadas secciones menores, y cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en 3 secciones consecutivas. Se interrumpirán las pantallas de cada conductor en los puntos de transposición para poder ejecutarla.

En un sistema de cruzamiento de pantallas, el tramo de línea a considerar se divide en longitudes iguales (así el sistema quedará eléctricamente equilibrado), con las pantallas puestas a tierra en los dos extremos de la línea conectada en Cross Bonding o en los dos extremos de cada sección mayor. De esta manera se induce una tensión entre la pantalla y tierra, pero se eliminan las corrientes inducidas.

Las tres pantallas conectadas en serie están asociadas a conductores de diferentes fases, y cuando los cables están dispuestos al tresbolillo, sus intensidades, y por lo tanto las tensiones inducidas en las pantallas, tienen la misma longitud, pero con un desplazamiento de 120° . El resultado global es que la corriente inducida resultante en las tres pantallas son cero.

Este sistema de conexión tiene la ventaja frente al Single-Point que no requiere un cable de continuidad de tierra, ya que las pantallas forman un paso continuo desde un extremo a otro de la línea y están puestas a tierra en ambos extremos, de forma que, ante una avería, la corriente de falta puede circular por ellas. Además, debido a la transposición de las pantallas, la tensión inducida en cables paralelos durante una falta es menor que en el caso de emplear cable paralelo de retorno por tierra.

Con esta conexión de pantallas se puede incrementar considerablemente la intensidad admisible del circuito, particularmente para conductores de sección muy grande. Este sistema se puede aplicar a longitudes grandes. No obstante, en los puntos dónde se conecten las pantallas y esta conexión sea accesible, las tensiones inducidas no podrán superar los 50 V.

En los puntos dónde se realiza la transposición de pantallas se instalarán cajas de puesta a tierra provistas de limitadores de tensión, y en los puntos de puesta a tierra directa se instalarán cajas de puesta a tierra directa sin limitadores de tensión.

En instalaciones de grandes longitudes en las que resulte difícil conseguir que el número de tramos sea múltiplo de tres, se combinará el Cross Bonding con uno o dos tramos finales en Single-Point.

Hay dos tipos de conexión Cross Bonding cuando tenemos dos o más secciones mayores:

- Cross Bonding seccionado: cuando entre dos secciones mayores la conexión a tierra se realiza de forma directa, sin limitadores de tensión.
- Cross Bonding continuo: cuando entre dos secciones mayores la conexión a tierra se realiza por medio limitadores de tensión, conectándose directamente a tierra únicamente los extremos de la línea.

En este caso, la conexión utilizada es la seccionada.

El trazado se dividirá en 23 tramos de, aproximadamente, 1.250 metros cada uno, teniendo un total de 22 cámaras de empalme y conectando en los dos extremos de la línea las pantallas de los cables directamente a tierra.

8.2.1 Cajas de conexión

Son envoltentes que requieren un útil o una llave para abrirse, para evitar aperturas accidentales. Están construidas para alojar las conexiones de las pantallas, de los cables de conexión a tierra y los limitadores de tensión asociados cuando existan.

Deben ser capaces de contener los efectos de fallo térmico o eléctrico de alguno de los elementos alojados sin que se produzcan daños a elementos externos vecinos y deben ser compatibles con los cables en los que se instalen, así como el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados. Además, mediante sus conexiones permitirán la realización de ensayos.

Deberán estar identificadas en la tapa mediante el símbolo de peligro tensión normalizado y provistas de una etiqueta que muestre la disposición de enlace para la que van destinadas. Serán de acero galvanizado o de acero inoxidable y deberán estar conectadas siempre a tierra, por medio de una conexión independiente de la puesta a tierra de los elementos contenidos en su interior. Todas deberán ser aptas y estar provistas de sistemas de anclaje según el lugar dónde se proyecta su instalación.

Están diseñadas para un montaje exterior en muro o pórtico situadas a una distancia mínima del suelo de 10 metros, con grado de protección IP54 según la Norma EN 60259 y dispondrán de prensaestopas para la entrada y salida del cable unipolar, siendo la entrada la conexión con la pantalla del cable y la salida la conexión a la toma de tierra de la instalación.

Se dispondrán de los siguientes tipos de cajas de conexión:

- Caja de puesta a tierra exterior: La conexión rígida o directa a tierra de las pantallas se realiza mediante un puente desmontable, instalado en el interior de una caja metálica estanca pintada interior y exteriormente con resina de poliéster, apta para la instalación intemperie.
- Caja de puesta a tierra enterrada con descargadores: La conexión de pantallas de cable a tierra se realizará mediante limitadores de tensión o descargadores (SVL: Sheath Voltage Limiter) y se emplearán cajas de puesta a tierra, unipolares o tripolares. Los descargadores de tensión son de óxido de zinc.
- Caja de puesta a tierra enterrada. La conexión rígida o directa a tierra de las pantallas se realiza mediante un puente desmontable, instalado en el interior de una caja metálica estanca pintada interior y exteriormente con resina de poliéster, apta para la instalación enterrada.

8.2.2 Cable de conexión entre pantallas y cajas de conexión

Estos cables servirán para enlazar las pantallas de los cables con las cajas de conexión. Se utilizarán en todos los puntos de conexión rígida a tierra.

Las secciones de estos cables serán las mismas que la pantalla asociada a su conexión. En este caso, estará constituido por un conductor de cobre (1x240mm²), aislamiento de XLPE y cubierta de poliolefina.

Estos cables cumplirán las condiciones de la Norma UNE-HD-603 en todo lo que les sea de aplicación, excepto en lo referente a las tensiones de prueba.

Deberán soportar una tensión de 15 kV en corriente alterna durante 1 minuto.

9. Consideraciones sobre el tendido de los cables

9.1 Consideraciones preliminares

El proceso de tendido de cables debe ser considerado como una fase más de su elaboración, lo que obliga a manejarlos e instalarlos de una forma adecuada con objeto de no dañarlos. Una manipulación inadecuada podría ocasionar al cable perjuicios que pueden dejar disminuidas sus cualidades, de forma que acorten la vida útil para la que han sido diseñados.

9.1.1 Carga

Para la carga la bobina deberá ser suspendida mediante un cable de acero desde un eje o barra adecuados alojados en el orificio central. Al quedar la bobina suspendida de dicho cable éste tenderá a ceñirse contra los platos laterales con el riesgo de deformarlos hasta el punto de dificultar rotación de la bobina durante la posterior extracción del cable. Para evitar esta situación, bien puede utilizarse un cable de la longitud adecuada o bien colocando un distanciador.

9.1.2 Transporte

Las bobinas de cable serán transportadas siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Asimismo, deberán estar convenientemente sujetas para evitar desplazamientos incontrolados y posibles caídas.

9.1.3 Descarga

Para la descarga de las bobinas deberá procederse de forma idéntica que para la carga. En cualquiera de estas maniobras deberá cuidarse la integridad de las protecciones de las espiras del cable en la bobina con objeto de evitar el consiguiente peligro de deterioro del mismo.

9.1.4 Manipulación y almacenamiento

Siempre que sea posible se evitará la colocación de bobinas de cable a la intemperie, sobre todo si el tiempo previsto de almacenamiento es prolongado, puesto que podrían producirse deterioros en la madera (especialmente en los platos laterales) que podrían causar importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido. Asimismo, deberán ser ubicadas sobre terreno firme con objeto de evitar hundimientos que puedan provocar el vuelco de estas y sobre una base estable que evite su desplazamiento por rodadura.

Cuando deba ser almacenada una bobina de la que se ha utilizado parte del cable que contenía, los extremos de este deberán ser taponados mediante los capuchones adecuados para garantizar la no penetración de humedad hacia el interior del cable.

9.1.5 Esfuerzo de tiro

El tiro deberá ser efectuado mediante un cabrestante dotado de su correspondiente cuerda de acero. Dicho cabrestante deberá permitir el control de la velocidad de tendido, el esfuerzo de tiro y deberá tener incorporado un sistema de paro automático que lo detenga cuando el esfuerzo máximo de tiro previamente programado haya sido alcanzado.

Existen dos formas de efectuar el tendido en función del tipo de interacción mecánica entre el elemento de tiro y la pieza de cable a tender:

Tendido con el esfuerzo aplicado en la punta del cable

En esta modalidad es necesario intercalar un elemento giratorio entre el cable de acero y la cabeza de tiro o manga tiracables con objeto de evitar la rotación del cable sobre su propio eje.

Esfuerzo aplicado sobre el conductor (mediante cabeza de tiro)

Consiste en un manguito atornillado al conductor del cable que dispone de una argolla para la fijación del cable de acero del cabrestante. Por su geometría, su uso está especialmente indicado en los tendidos bajo tubo.

Esfuerzo aplicado al conjunto del cable (mangas tiracables)

Consiste en una trenza tubular de hilos de acero provista de una argolla en su extremo. Una vez introducido el cable en su interior, a medida que se va incrementando el esfuerzo de tracción aplicado en su extremo, el entramado de hilos de acero que conforma la manga se cierra ejerciendo una presión radial sobre el cable directamente proporcional al esfuerzo de tracción aplicado.

En este caso el trozo de cable que haya podido quedar afectado por la interacción con la manga deberá ser saneado, dado que la presión radial a la que ha sido sometido podría haber provocado daños en las capas internas del mismo.

Por su geometría, su uso está especialmente desaconsejado en los tendidos bajo tubo.

En ambos casos los esfuerzos máximos de tiro admisibles serán de 5 Kg/mm² de sección de conductor para el cobre, mientras que para el aluminio estos esfuerzos serán de 3 kg/mm².

Tendido con el esfuerzo repartido a todo lo largo del cable

En casos muy especiales, donde deba ser suspendida una longitud de cable significativa (por ejemplo, tramos verticales), puede hacerse necesario el uso de una cuerda de acero a la que el cable pueda ser atado periódicamente, operación que deberá ser efectuada con el cable en movimiento. En esta modalidad de tendido se dan una serie de condicionantes y particularidades que precisan ser analizados con mayor detalle en un procedimiento específico.

9.1.6 Desembalaje

Al retirar las duelas de protección se cuidará hacerlo de forma que ni éstas ni el elemento empleado para desclavarlas puedan dañar el cable. Cuando se trate de bobinas de madera, deberán ser retirados todos los clavos que puedan quedar en los platos laterales de las bobinas una vez retiradas dichas duelas.

9.2 Ubicación de la bobina

Previamente a su traslado al lugar del tendido, habrá sido estudiado el emplazamiento teórico más adecuado de la bobina para proceder al tendido y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro.

El desnivel existente en la instalación y las dificultades que se puedan apreciar en el recorrido de la línea serán los que determinen los lugares más idóneos para la colocación de la bobina y el cabrestante y efectuar el tendido de los cables en cada tramo. Por lo tanto, será una vez en obra cuando se podrá determinar con exactitud la ubicación de estos elementos en cada tramo.

El traslado de la bobina se realizará mediante vehículo y el manejo de la misma se debe efectuar mediante grúa. Cuando se requiera el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo, deberá hacerse en el sentido adecuado para evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Dicha bobina habrá sido colocada en el lugar elegido de forma que la salida del cable se produzca por la parte superior de la misma y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alineación del tendido. Para evitar el rozamiento del cable contra el suelo a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura con objeto de abarcar las distintas posiciones de salida del cable de la misma.

Con objeto de hacer posible el giro de la bobina durante el tendido, la misma estará en posición elevada del suelo por medio de gatos mecánicos soportes y eje correspondientes. Una elevación de la misma del orden de 10-15 cm con respecto a la superficie del suelo es suficiente para permitir la rotación de la bobina. La base de los gatos será lo suficientemente amplia para que quede garantizada la estabilidad de la bobina durante el giro de la misma. Durante las operaciones de tendido se debe garantizar la posibilidad de frenado de la bobina ante cualquier emergencia que pudiera surgir.

No es recomendable realizar el tendido de los cables a temperatura ambiente inferior a 0°C.

9.3 Recomendaciones para tendido bajo tubo

9.3.1 Tipos de tubo

Los tubos que utilizar serán del tipo de polietileno de doble pared, la interior lisa y la exterior corrugada fabricados y ensayados según la Norma UNE-EN 50086-2-4/A1 Marzo 2001 "Sistemas de tubos para la conducción de cables."

Los diámetros normalizados de uso preferente son:

Diámetro exterior nominal (mm)	110	125	160	200	250
Diámetro interior aproximado (mm)	93	106	137	170	210
Distancia entre tubos (separadores) (mm)	29	35	35	35	70
Diámetro exterior de cable admisible (máximo) (mm)	58	66	85	106	131
Radio de curvatura del tubo (mínimo) (mm)	3850	4375	5600	7000	8750

Tabla 17. Diámetros normalizados.

9.3.2 Precauciones

Es recomendable que durante las operaciones de obra civil se realicen las uniones de los tubos en los tramos rectos de manera que queden perfectamente alineados y que se incorporen unas guías que faciliten el paso de la cuerda de tiro del cabrestante. Las uniones de los tubos deben tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudiera dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.). La misma precaución se debe tener durante el avance de las labores de colocación de los tubos, de modo que los mismos tengan los extremos taponados hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables para evitar que se introduzcan cuerpos extraños (arena, tierra, cascotes, etc.) e incluso roedores. Estos taponamientos son aún más necesarios cuando se recurre al relleno interno de los tubos mediante aglomerados especiales para la inmovilización de los cables.

Si las tubulares quedaran a poca profundidad, cerca de la superficie, no es recomendable que el hormigón de bloqueo llegue hasta el pavimento de rodadura, pues se facilita la transmisión de vibraciones. En este caso deberá intercalarse entre uno y otro una capa de tierra que actúe como amortiguador.

No se deben utilizar varillas de acero clavadas en la solera para ubicar los tubos antes del relleno con hormigón, especialmente en las curvas, ya que durante el tendido la cuerda de acero (fiador) puede erosionar el tubo y llegar a rasgarlo.

Con objeto de disminuir el rozamiento y en consecuencia el esfuerzo de tiro, es recomendable engrasar el exterior del cable con vaselina blanca filante a medida que éste va siendo introducido en la tubular.

9.3.3 Elementos auxiliares

Las tubulares deberán ser entregadas para la instalación de los cables de potencia provistas de una guía inicial apta para una carga de rotura mínima de 5 kN. Por medio de esta guía inicial incorporada en los tubos deberá ser instalada una pre-guía de reducido peso y carga de rotura no inferior a 10 kN que deberá servir como elemento de paso de la guía definitiva.

Durante las operaciones de instalación de la pre-guía y la guía definitiva se deberá evitar la adherencia a las mismas de materiales que pudieran quedar depositados en el interior de los tubos y afectar a la cubierta de los cables durante el tendido de estos.

9.3.4 Verificaciones

Antes de efectuar el tendido de los cables, la obra civil deberá haber sido calibrada con anterioridad a su recepción previa al tendido de los cables con el fin de verificar:

- Ausencia de elementos extraños en el interior de los tubos.
- Alineación adecuada para permitir el paso del cable.
- Radio de curvatura por encima del mínimo especificado.

Es importante recordar que el objetivo final de la calibración de la obra civil es el de evitar que los defectos que pudieran existir, imposibles de detectar a simple vista, aparezcan durante el tendido del cable puesto que en ese momento los daños infringidos podrían ser irreparables.

Para ello se deberá pasar por la canalización una galga (mandril) como la representada, que consiste en dos esferas de nylon unidas rígidamente por un tubo hueco. El diámetro de las esferas y la longitud del conjunto estarán en función del diámetro interno de la tubular y del radio de curvatura mínimo especificado para la canalización.

9.3.5 Arqueta de ayuda

En el caso en que no fuera factible conseguir el radio de curvatura indicado anteriormente se debe efectuar una arqueta de ayuda. En este caso, el radio de curvatura que podría adoptar el cable durante las operaciones de tendido sería de 20 veces el diámetro exterior del cable. Para ello la arqueta debería comprender la curva completa más un metro de zona recta de entrada y salida de tubos.

Tanto la pared interior de la curva como el suelo de la arqueta deberán ser de hormigón para hacer posible una buena fijación de los elementos de tendido. Una vez finalizada la instalación de los cables, y si hubiera sido necesaria alguna arqueta de ayuda intermedia, en el citado tramo abierto los mismos deberán ser protegidos de manera similar a como van en el resto del trazado.

9.3.6 Recomendaciones de rodadura

En el caso en que no fuera factible conseguir el radio de curvatura indicado anteriormente se debe efectuar una arqueta de ayuda. En este caso, el radio de curvatura que podría adoptar el cable durante las operaciones de tendido sería de 20 veces el diámetro exterior del cable. Para ello la arqueta debería comprender la curva completa más un metro de zona recta de entrada y salida de tubos.

9.3.7 Elementos de rodadura

Se favorecerá el deslizamiento de los cables durante el tendido mediante la utilización elementos giratorios, como rodillos o agrupaciones de ellos preparadas a tal efecto, en cantidad suficiente y disposición adecuadas a lo largo de todo el trazado del enlace.

Los rodillos dispondrán de unas bases de sustentación apropiadas que impidan el vuelco de estos y una garganta lo suficientemente amplia como para evitar la salida del cable. Serán distanciados entre sí de manera que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, evitando con ello el roce de este contra el suelo.

Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en los que haya cambios de dirección. En estos puntos, además de los rodillos que facilitan el deslizamiento, deben ser colocados otros rodillos verticalmente para evitar el descabalgamiento del cable y el roce consiguiente contra la pared de la zanja o de la galería.

Así mismo, para evitar que el cable roce contra el suelo será colocado a la salida de la bobina un rodillo de mayor anchura con objeto de facilitar el deslizamiento del mismo y poder abarcar las distintas posiciones que va adoptando el cable a la salida de la bobina.

En determinados proyectos se justifica el uso de rodillos cerrados montados directamente sobre los soportes que, una vez tendido el cable, pueden ser desmontados y retirados para dejar su lugar a la abrazadera correspondiente.

9.3.6.2.Elementos de soporte y fijación

Los cables instalados en galerías y canales deben estar sujetos mediante las correspondientes abrazaderas para evitar los movimientos que puedan presentarse debido a los ciclos térmicos, esfuerzos electrodinámicos, etc.

Estos fenómenos pueden llegar a ser importantes en cables unipolares de grandes secciones para el transporte de elevadas potencias, por lo que es necesario estudiar previamente el diseño y la distancia a la que deben ser colocadas dichas abrazaderas.

En el Grupo Prysmian se consideran dos modalidades de instalación cuyas particularidades se detallan en los apartados siguientes. En los puntos de transición de un tipo de instalación a otra suelen aparecer esfuerzos no compensados debido a que la disposición de los cables a ambos lados de la fijación no es simétrica. Por ello suele ser necesario el uso de abrazaderas más robustas y soportes más reforzados en estos puntos singulares de la instalación.

Instalaciones rígidas

En este tipo de instalaciones los cables son fijados a intervalos suficientemente cortos como para evitar que su propio peso le provoque deformaciones por flexión entre dos soportes consecutivos.

Dependiendo de la rigidez axial y del peso del cable, se acepta una separación entre abrazaderas típica entre 0.8m y 1.5m en los tramos rectos, mientras que en las curvas debe ser aplicado un coeficiente de reducción tanto más restrictivo cuanto menor sea el radio de dicha curva.

En este tipo de disposición los esfuerzos termomecánicos que se producen en el cable durante el servicio son transmitidos a los accesorios instalados en los extremos. Por ello es aconsejable cuantificar la magnitud de dichos esfuerzos con objeto de evaluar hasta qué punto pueden resultar perjudiciales para el accesorio en cuestión y, si procede, rediseñar la instalación de modo que la afectación entre dentro de los límites aceptables para el accesorio.

Instalaciones flexibles

Una forma de evitar la transmisión de esfuerzos a los extremos consiste en la disposición de los cables en forma de festones que permitan que dichos esfuerzos sean disipados en cada uno de ellos.

Para ello, en el momento del tendido, los cables deben ser instalados provocándoles una flecha inicial (f_0) que se verá incrementada de forma directamente proporcional al incremento de temperatura (dilatación) que sufra el conductor. Tanto la flecha inicial como la distancia entre soportes (p) deben ser calculadas para evitar que las continuas oscilaciones que sufre el cable en los puntos de fijación le puedan provocar una fatiga prematura que reduzca el tiempo de vida para el que ha sido diseñado.

Todos los elementos metálicos para la sujeción de los cables (bandejas, soportes, abrazaderas, etc.) deben ser conectados eléctricamente a tierra, siendo recomendable que se independicen estos circuitos de tierra cuando existan cables de diversos niveles de tensión. Con ello se evita que sobretensiones en las envolturas metálicas de los cables, cuyo valor puede ser considerable en ciertas circunstancias, tenga influencias en circuitos que a priori no están afectados por ese fenómeno.

10. Ensayos

10.1 Ensayos de rutina

Se realizarán sobre todas las bobinas de cables terminados todos los ensayos de rutina indicados en las siguientes normas:

- Ensayos de rutina según Normas IEC 60332-3 e IEC 60754-1.
- Ensayos de rutina según Norma IEC-60502-2.
- Ensayos de rutina según Norma IEC-62067.

A continuación, se indica una lista de los ensayos que como mínimo deben realizarse:

- Resistencia eléctrica del conductor.
- Medición de Inductancia y capacitancia.
- Tensión a frecuencia industrial.
- Descargas parciales.
- Resistencia de aislamiento.
- Verificación de la marcación exterior, y colores de aislación.

10.2 Ensayos sobre muestras

A continuación, se indica una lista de los ensayos que como mínimo deben realizarse, siendo de aplicación según el nivel de tensión del cable las normas: IEC 60502 e IEC 60811.

- Verificaciones dimensionales.
- Espesor de aislaciones y cubiertas no metálicas.
- Medida de la armadura.
- Medida de diámetro externo.
- Construcción del conductor (Inspección visual).
- Medición de $Tg \delta$.

- Ensayo de Tensión para $U > 6$ kV.
- Ensayo de alargamiento en caliente de la aislación.
- Propiedades mecánicas, antes y después de envejecimiento.
- Ensayo de doblado, seguido de un ensayo de descargas parciales.

10.3 Ensayos de tipo

Ensayos de tipo según Normas IEC 60332-3 e IEC 60754-1:

- Ensayos de tipo según Norma IEC-60502-2
- Ensayos de tipo según Norma IEC-62067.

Estos podrán eximirse con la entrega de todos y cada uno de los protocolos de ensayo.

10.4 Inspecciones

Durante la fabricación de los cables, se podrán realizar inspecciones en fábrica con el fin de comprobar la marcha de los trabajos en curso.

10.5 Ensayos después de la instalación

A continuación, se indica una lista de los ensayos que como mínimo deben realizarse al conductor de 132 kV:

- Ensayos de tensión continua de la cubierta exterior según Norma IEC 62067 y IEC 60229.
- Ensayos de tensión en corriente alterna del aislamiento según Norma IEC 62067.

11. Relación de cruzamientos y paralelismos

Las afecciones de la línea de enlace se recogen en las siguientes tablas, así como el organismo responsable de autorizar la instalación en las proximidades de dicha afección.

11.1 Listado de cruzamientos tramo aéreo

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismos afectados
1	285.442,6995	4.032.885,3637	Arroyo del Habicholar	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
2	285.425,0548	4.032.572,1052	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
3	285.420,3537	4.032.566,2350	Camino	Ayuntamiento de Jimena de la Frontera
4	285.419,4241	4.032.565,0742	Cañada Real de Manilva	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
5	285.415,8346	4.032.560,5920	Tubería futura presa Gibrálmédina	Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Dirección General de Infraestructuras del Agua
6	285.248,2960	4.032.439,9874	Rio Guadiaro	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

Tabla 18. Cruzamientos tramo aéreo.

11.2 Listado de paralelismos tramo aéreo

Ítem	UTM X (m) inicial	UTM Y (m) inicial	UTM X (m) final	UTM Y (m) final	Descripción	Organismos afectados
1	285.514,0661	4.033.700,7125	285.094,71	4.032.429,18	Arroyo Habicholar	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

Tabla 19. Paralelismos tramo aéreo.

11.3 Listado de cruzamientos tramo subterráneo

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
1	285.044,1810	4.032.386,2294	Línea AT	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
2	285.004,1676	4.032.353,1027	Cordel del Almendro	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
3	284.998,9824	4.032.348,8093	Carretera CA-8200	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras Viarias
4	284.920,7058	4.032.283,9962	Arroyo de la Hortijica	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
5	284.610,2456	4.032.330,3086	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
6	284.290,8648	4.032.320,9228	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
7	283.839,9056	4.032.066,2567	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
8	283.792,3551	4.032.026,8904	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
9	283.580,0712	4.031.621,8752	PSFV Marchenilla VII y PSFV Marchenilla VIII	Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
10	283.577,7520	4.031.618,2475	Arroyo Los Arenales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
11	283.360,0420	4.030.790,9874	Arroyo Los Arenales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
12	283.141,9049	4.029.956,2263	Cañada Real de Hinojera	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
13	283.234,6867	4.029.825,7895	Camino sin tratamiento superficial	Ayuntamiento de Jimena de la Frontera
14	283.174,0554	4.029.190,0175	Arroyo del Sancho	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
				Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
15	283.153,0510	4.028.967,0241	Camino La Morisca	Ayuntamiento de Jimena de la Frontera
16	283.154,3921	4.028.964,1853	PSFV Marchenilla VII y PSFV Marchenilla VIII	Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
17	283.057,1452	4.027.873,0359	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
18	283.085,4783	4.027.223,3545	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
19	283.097,4849	4.026.945,9885	Arroyo Bataneros	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
20	283.097,6975	4.026.940,8154	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
21	283.674,3977	4.024.996,6537	Parque Natural Los Alcornocales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Espacios protegidos por legislación autonómica y nacional. Parque Natural Los Alcornocales
22	283.735,0681	4.024.573,3601	Arroyo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
23	284.411,0537	4.023.574,7866	Canalizaciones de agua, futura presa Gibrámedina	Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Dirección General de Infraestructuras del Agua
24	284.442,0284	4.023.556,5177	A-2101	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
25	284.452,2785	4.023.550,4722	Arroyo de los Álamos o Batanero	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
26	284.463,5516	4.023.538,1956	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
27	284.397,3469	4.023.435,2553	Río Hozgarganta	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
				Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
28	284.305,5370	4.023.239,8275	Camino Desagüe Vegas Es.	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
29	284.291,1472	4.023.209,6830	FFCC Algeciras - Bobadilla	ADIF
30	284.224,6898	4.023.094,1752	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
31	284.196,3555	4.022.960,9628	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
32	284.186,6915	4.022.878,0570	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
33	284.170,8893	4.022.769,8812	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
34	284.160,8050	4.022.694,1541	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
35	284.149,4058	4.022.565,8359	Cañada Real de Hinojera	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
36	284.314,5812	4.022.068,9156	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
37	284.338,3445	4.022.038,9965	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
38	284.390,0042	4.021.948,4366	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
39	284.402,7060	4.021.924,2730	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
40	284.522,5655	4.021.692,8061	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
41	284.534,7479	4.021.575,9503	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
42	284.532,6200	4.021.524,8922	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
43	284.530,5199	4.021.474,5035	Parque Natural Los Alcornocales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Espacios protegidos por legislación autonómica y nacional. Parque Natural Los Alcornocales
44	284.516,0869	4.020.542,9589	Línea > 100 kV	Red Eléctrica Española
45	284.488,4061	4.020.319,5377	Línea >110 kV	Red Eléctrica de España
46	284.483,0200	4.020.314,1500	A-405R1	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
47	284.443,5356	4.020.195,7849	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
48	284.083,8048	4.020.120,0491	FFCC Algeciras - Bobadilla	ADIF
49	284.080,3118	4.020.106,1642	Parque Natural Los Alcornocales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Espacios protegidos por legislación autonómica y nacional. Parque Natural Los Alcornocales
50	283.560,1738	4.019.972,0013	Parque Natural Los Alcornocales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Espacios protegidos por legislación autonómica y nacional. Parque Natural Los Alcornocales
51	283.226,2166	4.019.601,2656	Arroyo de las Raíces	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
				Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
52	283.097,1404	4.019.540,3689	FFCC Algeciras - Bobadilla	ADIF
53	283.085,6003	4.019.515,6159	A-405	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
54	283.080,3643	4.019.520,7189	Parque Natural Los Alcornocales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Espacios protegidos por legislación autonómica y nacional. Parque Natural Los Alcornocales
55	282.930,2599	4.019.403,5149	Canal de la Confederación Hidrográfica del Sur	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
56	282.746,0000	4.019.140,0000	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
57	282.427,9887	4.018.700,7581	Arroyo de las Raíces	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
58	282.146,1323	4.018.390,7441	Arroyo de las Raíces	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
59	282.212,5133	4.018.320,7520	Parque Natural Los Alcornocales	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Espacios protegidos por legislación autonómica y nacional. Parque Natural Los Alcornocales
60	282.217,9581	4.018.316,5002	A-405	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
61	281.867,1284	4.017.920,6895	Arroyo las Raíces	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
62	281.751,9887	4.017.728,7677	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
63	281.740,5370	4.017.656,4675	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
64	281.747,9125	4.017.580,7937	Arroyo de las Raíces	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
65	281.800,0334	4.017.555,2079	FFCC Algeciras - Bobadilla	ADIF
66	281.827,2141	4.017.542,8909	LAT PSFV Sancho	Mitra Alfa S.L.
67	281.806,6576	4.017.437,4428	Carretera Castellar	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
68	281.807,2594	4.017.432,9047	LAT PSFV Sancho	Mitra Alfa S.L.
69	281.811,8548	4.017.398,2459	Colada del Molino del Sotillo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
70	281.805,4318	4.017.367,2155	Colada del Molino del Sotillo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
71	281.739,4716	4.017.274,5221	Colada del Molino del Sotillo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
72	281.701,1428	4.017.136,6203	Camino Chapatal	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
73	281.534,5378	4.016.340,5124	Camino	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
74	281.528,2037	4.016.326,9052	Arroyo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
75	281.469,0916	4.016.182,9893	Arroyo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
76	281.499,3229	4.015.992,1770	Camino	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
77	281.454,1516	4.015.895,8036	Canal CH del Sur	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
78	281.432,9968	4.015.889,2632	Camino	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
79	281.282,2556	4.015.338,9168	Camino	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
80	281.214,1426	4.015.086,8783	Camino	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
81	281.154,8859	4.014.949,6167	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
82	281.151,5685	4.014.937,3883	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
83	281.119,7440	4.014.820,0779	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
84	281.115,4247	4.014.804,1561	Línea >110 kV	Red Eléctrica de España
85	281.118,2025	4.014.694,3419	Arroyo Dulce	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
86	281.131,6198	4.014.681,7976	Camino con tratamiento superficial	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
87	281.408,2499	4.014.504,0026	Camino sin tratamiento superficial	Ayuntamiento de Castellar de la Frontera
88	281.398,0541	4.014.283,1245	Línea >110 kV	Red Eléctrica de España
89	281.401,3565	4.014.255,1602	Línea > 100 kV	Red Eléctrica de España
90	281.403,9372	4.014.233,3072	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U
91	281.404,0996	4.014.232,5043	LAT PSFV Sancho	Mitra Alfa S.L
92	281.569,9662	4.014.182,7922	Arroyo	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
93	281.622,9151	4.014.167,7021	Línea >110 kV	Red Eléctrica de España
94	281.644,4052	4.014.161,5775	Línea >200 kV	Red Eléctrica de España
95	282.278,2653	4.013.980,9307	Camino	Ayuntamiento de San Roque

Ítem	UTM X (m)	UTM Y (m)	Descripción	Organismo afectado
96	282.290,8664	4.013.977,3395	Canal de la Confederación Hidrográfica del Sur	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Recursos Hídricos. DH de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas
97	282.831,4141	4.013.857,3678	Línea >200 kV	Red Eléctrica de España
98	282.944,3679	4.013.790,9845	Camino	Ayuntamiento de San Roque
99	282.949,5516	4.013.546,9039	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
100	282.960,8504	4.013.494,1823	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
101	282.965,5778	4.013.472,1238	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
102	282.995,8377	4.013.333,4791	Línea 400 kV	Red Eléctrica de España
103	283.059,9238	4.013.333,6571	Camino de acceso SE Pinar del Rey	Ayuntamiento de San Roque

Tabla 20. Cruzamientos tramo subterráneo.

11.4 Listado de paralelismos tramo subterráneo

Ítem	UTM X (m) inicial	UTM Y (m) inicial	UTM X (m) final	UTM Y (m) final	Descripción	Organismos afectados
1	284.448,2862	4.032.332,1364	284.423,0000	4.023.565,0000	Canalizaciones Presa Gibrálmedina	Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Dirección General de Infraestructuras del Agua
2	284.443,7996	4.032.334,7077	283.799,00	4.032.048,00	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
3	284.020,6638	4.032.208,3972	283.853,68	4.032.073,93	Línea MT 15 kV	E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
4	283.152,3058	4.029.920,0911	283.203,00	4.029.868,00	PSFV Marchenilla VII, PSFV Marchenilla VIII y PSFV Marchenilla	Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
5	283.204,1782	4.029.796,7251	283.203,00	4.029.787,00	PSFV Marchenilla VII, PSFV Marchenilla VIII y PSFV Marchenilla	Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.

Ítem	UTM X (m) inicial	UTM Y (m) inicial	UTM X (m) final	UTM Y (m) final	Descripción	Organismos afectados
6	283.210,4621	4.029.766,1380	283.134,23	4.028.936,90	Cañada Real de Gaucín	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
7	283.162,5030	4.029.110,5278	283.149,00	4.028.974,00	PSFV Marchenilla VII, PSFV Marchenilla VIII y PSFV Marchenilla	Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
8	283.090,9539	4.028.213,9595	284.429,1062	4.023.564,1392	A-405	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
9	283.646,6920	4.024.978,1510	284.448,00	4.023.550,00	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.
10	284.436,5381	4.023.496,4932	284.532,28	4.021.522,88	LAT PSFV La Herradura	Mitra Alfa S.L., Retiro Energía 5 S.L. y Retiro Energía 6 S.L. & Atlántica Jimena S.L.

Ítem	UTM X (m) inicial	UTM Y (m) inicial	UTM X (m) final	UTM Y (m) final	Descripción	Organismos afectados
11	284.300,4793	4.022.087,3632	284.528,00	4.021.452,00	Tuberías de agua	Agua y Residuos del Campo de Gibraltar, S.A. (ARCGISA)
12	281.829,2094	4.017.535,8026	281.792,9457	4.017.453,1069	Carretera Castellar	Junta de Andalucía. Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda. Infraestructuras viarias
13	281.825,1298	4.017.529,1976	281.798,0000	4.017.446,0000	LAT PSFV Sancho	Mitra Alfa S.L.
14	281.808,1718	4.017.426,0228	281.808,0000	4.017.426,0000	LAT PSFV Sancho	Mitra Alfa S.L.
15	281.701,4940	4.017.140,0010	281.100,30	4.014.690,50	Vereda de San Roque	Junta de Andalucía. Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. Medio natural y forestal. Vías pecuarias
16	281.325,9932	4.014.619,6381	281.404,0000	4.014.225,0000	LAT PSFV Sancho	Mitra Alfa S.L.

Tabla 21. Paralelismos tramo subterráneo.

12. Plazo de ejecución de las obras

12.1 Tramo aéreo

El plazo de las obras definidas en el presente proyecto para la nueva construcción del tramo aéreo será aproximadamente de 2 meses, siendo la línea está proyectada con un trazado aéreo con un total de 7 apoyos.

Tramo aéreo 132 kV						
Etapas de Proyecto	Mes 1			Mes 2		
Fase 0: Trabajos Previos						
0.1 Preparativos						
0.2 Obtención de permisos de trabajo						
Fase I: Obra Civil						
1.1 Reunión de lanzamiento, acopio de materiales						
1.2 Toma de medidas en campo y estaquillado						
1.3 Excavación de cimentaciones						
1.4 Colocación ferralla, nivelación y fijación de anclajes						
1.5 Hormigonado, relleno y compactado						
Fase II: Montaje						
2.1 Armado e izado con grúas						
2.2 Protecciones						
2.3 Tendido, engrapado, tensado y regulado						
2.4 Accesorios y salvapájaros						
2.5 Conexión/Pruebas PAS						
Fase III: Finalización						
3.1 Desmontaje de protecciones						
3.2 Recogida de materiales						

Tabla 22. Plazo de ejecución – tramo aéreo.

12.2 Tramo subterráneo

El plazo de las obras definidas en el presente proyecto para la nueva construcción del tramo subterráneo será de aproximadamente de 7 meses, siendo la línea está proyectada con un trazado subterráneo de unos 25,23 km.

Tramo subterráneo 132 kV							
Etapas de Proyecto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Fase 0: Trabajos Previos							
0.1 Preparativos							
0.2 Obtención de permisos de trabajo							
Fase I: Obra Civil							
1.1 Reunión de lanzamiento, acopio de materiales							
1.2 Toma de medidas y marcado en campo							
1.3 Excavación en zanja							
1.4 Perforación dirigida S/A							
1.5 Canalizaciones de tubos							
1.6 Relleno y compactado							
Fase II: Montaje							
2.2 Tendido de cables							
2.3 Tendido de fibra óptica							
2.4 Empalmes fibra óptica en arqueta							
2.5 Conexión LSAT-SSEE							
Fase III: Finalización							
3.1 Desmontaje							
3.2 Recogida de materiales							

Tabla 23. Plazo de ejecución – tramo subterráneo.

13. Conclusiones

La presente memoria y documentos que se acompañan, serán elementos suficientes para poder formar juicio exacto de la instalación proyectada, y pueda servir de base para la tramitación del expediente de autorización que se desea obtener.



Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**

Documento N°2:
Memoria de Cálculo

Tayan Investment 13, S.L.

Código y revisión: T&I-013357-CAL-450.00.01-R00

Fecha: 09/04/2025

Hoja de control de revisiones

Revisión	Fecha	Motivo de la revisión	Realizado	Revisado	Aprobado
00	09/04/2025	Documento de nueva creación	AM	SSC	JCCR

Índice

1.	Cálculos LAAT	10
2.	Cálculos eléctricos LAAT	10
2.1	Características generales.....	10
2.2	Datos del conductor	11
2.3	Cálculo de la intensidad máxima admisible	11
2.4	Caída de tensión.....	12
2.5	Pérdidas de potencia.....	13
2.6	Efecto corona.....	14
3.	Cadena de aisladores.....	15
3.1	Cálculos eléctricos	15
3.2	Cálculos mecánicos	16
3.2.1	Cálculo cadena de amarre	16
3.3	Elección de la cadena de aisladores	17
3.4	Número de aisladores.....	17
4.	Cálculos mecánicos LAAT	18
4.1	Datos de los conductores.....	18
4.2	Cálculo mecánico del conductor y el cable de guarda	19
4.2.1	Acciones consideradas e hipótesis.....	20
4.2.2	Tracción máxima por sobrecarga de viento	20
4.2.3	Cálculo de tracción máxima y de flechas.....	21
4.2.4	Flecha máxima con hipótesis de viento	22
4.2.5	Cálculo de flecha mínima	22
4.2.6	Comprobación de fenómenos vibratorios	22

4.2.7	Vanos de regulación	23
4.2.8	Esfuerzo de las tracciones	23
4.2.9	Tablas de tendido	26
5.	Cálculo de los apoyos	26
5.1	Hipótesis Normales.....	26
5.2	Hipótesis Anormales.....	26
5.2.1	Hipótesis de cálculo	27
5.2.2	Esfuerzo en la punta de las crucetas	28
5.2.3	Selección de apoyos.....	28
5.2.4	Cálculo de árboles de carga	29
6.	Cimentaciones.....	30
7.	Resultados del cálculo.	32
7.1	Tablas de tendido.	32
7.1.1	Tabla de tendido conductor de fase.	32
7.1.2	Tabla de tendido protección	33
7.2	Esfuerzos en la punta de las crucetas.	34
7.2.1	Esfuerzos primera hipótesis.	34
7.2.2	Esfuerzos tercera hipótesis.	35
7.2.3	Esfuerzos cuarta hipótesis, conductor de fase.....	36
7.2.4	Esfuerzos cuarta hipótesis, protección.....	37
7.3	Esfuerzos sobre los apoyos.....	38
7.3.1	Apoyo 1.....	38
7.3.2	Apoyo 2.....	39
7.3.3	Apoyo 3.....	40
7.3.4	Apoyo 4.....	41

7.3.5	Apoyo 5.....	42
7.3.6	Apoyo 6.....	43
7.3.7	Apoyo 7.....	44
8.	Cálculos eléctricos LSAT	45
8.1	Características generales.....	45
8.2	Datos del conductor	46
8.3	Cálculo de intensidad máxima admisible	50
8.3.1	Resistencia del conductor.....	51
8.3.2	Pérdidas dieléctricas.....	52
8.3.3	Factor de pérdidas en la pantalla	52
8.3.4	Factor de pérdidas en la armadura.....	52
8.3.5	Resistencia térmica entre conductor y la envolvente (T1)	52
8.3.6	Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura (T2)	53
8.3.7	Resistencia térmica de la cubierta exterior (T3).....	53
8.3.8	Resistencia térmica externa (T4).....	54
8.3.9	Resistencia térmica entre el cable y el conducto o tubo	54
8.3.10	Resistencia térmica propia del tubo o conducto	54
8.3.11	Resistencia térmica externa al conducto o tubo	55
8.4	Intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor	57
8.4.1	Intensidad de cortocircuito adiabático.....	57
8.4.2	Factor no adiabático.....	58
8.5	Intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla.....	58
8.6	Caída de tensión.....	59
8.7	Pérdidas de potencia.....	60
8.8	Tensiones inducidas	60

8.8.1	En la pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga.....	60
8.8.2	En la pantalla - tierra en cortocircuito trifásico	61
9.	Resumen de cálculos eléctricos	62
9.1.	Caída de tensión.....	62
9.2.	Pérdida de potencia.....	62

Índice de Tablas

Tabla 1. Características principales.	10
Tabla 2. Datos del conductor aéreo.	11
Tabla 3. Parámetros eléctricos de la línea para el cálculo de caída de tensión.....	12
Tabla 4. Parámetros eléctricos de la línea para el cálculo de pérdidas de potencia.	13
Tabla 5. Parámetros eléctricos de la línea para el cálculo de efecto corona	14
Tabla 6. Características aisladores.	17
Tabla 7. Tipo de ensayo.	18
Tabla 8. Datos mecánicos del conductor aéreo.	19
Tabla 9. Datos mecánicos del cable de guarda.	19
Tabla 10. Tabla condiciones de cálculo.	28
Tabla 11. Cimentaciones.....	31
Tabla 12. Tabla de tendido conductor de fase	32
Tabla 13. Tabla de tendido cable de protección	33
Tabla 14. Esfuerzos primera hipótesis	34
Tabla 15. Esfuerzos tercera hipótesis	35
Tabla 16. Esfuerzos cuarta hipótesis, conductor de fase.....	36
Tabla 17. Esfuerzos cuarta hipótesis, cable de tierra	37
Tabla 18. Esfuerzos sobre apoyo 1	38
Tabla 19. Esfuerzos sobre apoyo 2	39
Tabla 20. Esfuerzos sobre apoyo 3	40
Tabla 21. Esfuerzos sobre apoyo 4	41

Tabla 22. Esfuerzos sobre apoyo 5	42
Tabla 23. Esfuerzos sobre apoyo 6	43
Tabla 24. Esfuerzos sobre apoyo 7	44
Tabla 25. Características generales de la LSAT.....	45
Tabla 26. Resistividades térmicas.....	46
Tabla 27. Datos técnicos conductor.....	47
Tabla 28. Datos técnicos conductor.	49
Tabla 29. Parámetros cálculo intensidad máxima admisible.....	56
Tabla 30. Parámetros cálculo intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla	58
Tabla 31. Resultados cálculo intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla.....	59
Tabla 32. Parámetros para el cálculo de la caída de tensión.....	60
Tabla 33. Parámetros para el cálculo de la pérdida de potencia.....	60
Tabla 34. Tensiones inducidas.....	61
Tabla 35. Caída de tensión total de la línea.....	62
Tabla 36. Pérdida de potencia total de la línea.....	62

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Croquis cimentaciones.....	31
Ilustración 2. Conductor de potencia.....	47
Ilustración 3. Simulación Línea de Alta Tensión 132 kV.....	48
Ilustración 4. Diagrama que muestra un grupo de cables y sus imágenes con relación a la superficie aire-suelo.....	56

1. Cálculos LAAT

Se presentan a continuación para la LAAT los siguientes cálculos:

- Cálculos eléctricos LAAT.
- Cálculos de cadenas de aisladores.
- Cálculos mecánicos LAAT.
- Cálculos en los apoyos.
- Cálculos de cimentaciones.

2. Cálculos eléctricos LAAT

2.1 Características generales

Las características generales de la línea se muestran en la siguiente tabla:

Sistema	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (KV)	132
Tensión más elevada (KV)	145
Nº de circuitos	1
Conductores por fase	2 (dúplex)
Conductor aéreo	LA-280 Hawk
Conductor cable de guarda	OPGW
Longitud (m)	1,96 km
Altitud	Zona A
Nivel de contaminación	Nivel medio (II)
Potencia Nominal (MVA)	200

Tabla 1. Características principales.

2.2 Datos del conductor

Cable	LA-280, Hawk
Material	Aluminio acero
Composición	(26x3,44 + 7x2,68)
Sección (mm ²)	281,1
Diámetro (mm)	21,793
Peso (kg/m)	0,9577
Resistencia cc a 20°C (ohm)	0,1194
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	7.500
Carga de rotura UTS (daN)	8.489
Coefficiente de dilatación lineal (°Cx10 ⁻⁶)	18,9
Densidad de corriente (A/mm ²)	2,04
Intensidad de corriente (A)	574

Tabla 2. Datos del conductor aéreo.

2.3 Cálculo de la intensidad máxima admisible

La densidad máxima de corriente nos permite conocer la intensidad máxima admisible del conductor, intensidad que no se debe sobrepasar para evitar el deterioro del mismo. Estas densidades máximas de corriente vienen determinadas por el conductor, en función de su sección y sus materiales.

Las densidades de corriente máximas en régimen permanente no sobrepasarán los valores indicados en el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07, del RLAT. Para cables de aluminio-acero, se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección total como si fuera aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción que dependerá de su composición. Para nuestro cable LA-280 Hawk, será 0,937.

$$\delta_{LA-280} = 2,05567 \text{ A/mm}^2$$

Debido a que la instalación que se va a realizar, está formada por dos cables por fase (dúplex), la corriente máxima que se admitirá será el doble de la que permite un cable, pues toda la corriente por fase va dividida entre los dos conductores, ambos con las mismas características.

$$\delta_{LA-280} = 1.083,43 \text{ A/mm}^2$$

Para la instalación del presente proyecto:

- Tensión Nominal: 132 kV.
- Potencia Nominal: 200 MW.
- Factor de potencia: 1.
- Intensidad Nominal: 874,77.

$$I_{max} > I_{nominal} \rightarrow 1.083,43 \text{ A} > 874,77 \text{ A}$$

Con lo que se garantiza que el conductor seleccionado cumple al criterio de Intensidad máxima.

2.4 Caída de tensión

Para la caída de tensión se necesita conocer los parámetros eléctricos de la línea, podemos calcular la caída de tensión en valor y en porcentaje:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

Donde,

- **P**, potencia por circuito, kW.
- **U**, tensión nominal de la línea, kV.
- **L**, longitud de la línea, km.
- **I**, intensidad máxima admisible, A.
- **R**, resistencia de la línea, ohm/km.
- **X**, reactancia de la línea, ohm/km.
- φ es el ángulo entre la tensión y la corriente.

Siendo los valores:

L	R	I	X	φ
1,963	0,1194	874,77	0,34	1

Tabla 3. Parámetros eléctricos de la línea para el cálculo de caída de tensión.

El resultado obtenido es: $\Delta V = 0,355$ kV, lo que implica un 0,269%.

La caída de tensión máxima, en general, no deberá exceder del 5 %, en nuestro caso el valor obtenido en cálculos es menor.

2.5 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia totales en la línea serán la suma de las pérdidas debidas al efecto corona y las pérdidas debidas al efecto Joule.

- Las primeras dependen de condiciones climatológicas, tensión de la línea, altura sobre el nivel del mar, tipo de conductor empleado y configuración de la línea. Para este caso son nulas, debido a que no existe efecto corona.
- Las segundas dependen de la intensidad de corriente de la línea y del estado de los aisladores.

Son determinadas a partir de la siguiente expresión:

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

Donde:

- **L**, longitud de la línea, km.
- **R**, resistencia del conductor, ohm/km.
- **I**, intensidad de la línea, A.

Siendo los valores:

<i>L</i>	<i>R</i>	<i>I</i>
1,963	0,119	874,77

Tabla 4. Parámetros eléctricos de la línea para el cálculo de pérdidas de potencia.

El resultado obtenido es: $\Delta P = 538,06$ kW, lo que implica un 0,269% de pérdidas de potencia.

2.6 Efecto corona

El resultado obtenido es: $\Delta P=538,06$ kW, lo que implica un 0,269% de pérdidas de potencia:

$$U_c = 84 \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r_{eq} \cdot \log \frac{DMG}{r_{eq}}$$

Donde,

- U_c , Tensión crítica disruptiva, kV.
- m_c , coeficiente de rugosidad del conductor.
- m_t , coeficiente meteorológico.
- DMG , Distancia Media Geométrica, mm.
- r_{eq} , radio equivalente de la línea, mm.
- δ , factor de corrección de la densidad del aire.

Se ha calculado para la temperatura máxima y mínima de la zona en la que se sitúa la línea:

- T^a : 20°C con un coeficiente $m_t = 1$.
- T^a : 10°C con un coeficiente $m_t = 0,87$.

Considerado los siguientes valores:

m_c	δ	r_{eq}	DMG
0,87	0,93	7,62	807,5

Tabla 5. Parámetros eléctricos de la línea para el cálculo de efecto corona

Los resultados obtenidos respectivamente son:

$$U_c = 355,15 V$$

$$U_c = 294,16 V$$

Las tensiones a las que va a trabajar la línea son menores que los valores de tensión disruptiva calculados, por lo que no se producirá efecto corona.

3. Cadena de aisladores

La cadena de aisladores es el elemento que aporta la separación necesaria entre la línea en tensión y las torres a potencial de tierra, evitando que se produzcan descargas eléctricas entre ambos. A parte de lo ya mencionado, sirven de elemento de sujeción del cable al apoyo.

Los aisladores deben ser diseñados, seleccionados y ensayados para que cumplan los requisitos eléctricos y mecánicos determinados en los parámetros de diseño de las líneas aéreas.

3.1 Cálculos eléctricos

El aislamiento de una cadena de aisladores viene determinado por la línea de fuga de esta. Se considera línea de fuga de un aislador al recorrido más corto, por la superficie de la cadena, que debería recorrer un electrón desde el conductor en tensión hasta el punto de potencial de tierra.

El nivel de aislamiento de la cadena de aisladores depende en gran medida del nivel de contaminación ambiental que haya en la zona, es por ello por lo que según se indica el apartado 4.4 de ITC-LAT 07 del Reglamento, se han de considerar cuatro niveles de contaminación, con cuatro líneas de fugas mínimas respectivamente, que han de mantenerse.

Por las características de la zona en la que se va a instalar la línea, se puede considerar que esta estará afectada bajo un nivel de contaminación III (Fuerte), con lo que acorde con las tablas del RLAT le corresponde una Línea de Fuga Específica Nominal Mínima de 25 mm/kV. Por ello la línea de fuga mínima que se deberá mantener vendrá dada por la siguiente expresión:

$$L_{Fuga\ min} = U_s \cdot l_{min}$$

Donde,

- **$L_{Fuga\ min}$** : Línea de fuga mínima que se deberá de cumplir para evitar descargas, mm.
- **U_s** : Tensión más elevada del sistema, kV.
- **l_{min}** : Línea de fuga mínima específica establecida por el reglamento en función del nivel de contaminación, mm/kV.

Para nuestro caso:

$$L_{Fuga\ min} = 145 \cdot 25 = 3.625\ mm$$

3.2 Cálculos mecánicos

La cadena de aisladores se encarga de la unión física del conductor a la torre, por ello debe estar dimensionada de tal manera que soporte el peso del conductor bajo cualquier condición de trabajo, es por ello por lo que se dimensionará con la tracción de la hipótesis más desfavorable, que en nuestro caso se tratará de la hipótesis de hielo más viento.

Para el cálculo mecánico de la cadena de aisladores, se ha de aplicar un factor de seguridad a la cadena de 3, según lo indicado en el apartado 3.4 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas de Alta tensión. Este factor de seguridad implica que la cadena de aisladores tendrá una carga de rotura 3 veces superior a la carga máxima esperada. Dicha carga de rotura en cualquier situación deberá ser siempre superior a la carga de rotura del conductor.

Para la línea que se está diseñando, la carga de rotura del conductor es de 80,85 kN. Debido a que a la hora de realizar el tendido ya se ha aplicado un factor de seguridad de 3,5, la máxima tracción que se espera obtener es de 23,10 kN. Si aplicamos el coeficiente de seguridad indicado en el reglamento, la tensión que debe ser capaz de soportar la cadena de aisladores será como mínimo de 69,30 kN.

La cadena de aisladores puede ser simple (una única cadena) o múltiple (varias cadenas). El Reglamento estipula que la resistencia mecánica correspondiente a una cadena múltiple puede tomarse igual al producto del número de cadenas que la formen por la resistencia de cada cadena simple, siempre que, tanto en estado normal como con alguna cadena rota, la carga se reparta de por igual entre todas las cadenas intactas. Es importante tener esto a la hora de elegir que cadena se empleará.

Para el cálculo mecánico de los aisladores, se han de distinguir aquellos destinados a apoyos en suspensión y en amarre, debido a que las tensiones que deberán soportar, cada uno de ellos, son distintas.

3.2.1 Cálculo cadena de amarre

Para cadenas de amarre, la tracción a la que se ven sometidas las cadenas es la tracción horizontal a la que se tiende el cable sumado a la tracción vertical provocada por el peso del cable. Es por esto, que la tracción a la que se ven sometidas las cadenas de amarre es superior a las de suspensión y requieren un dimensionado distinto. La carga mínima de rotura que debe tener el aislador de amarre se calculará de la siguiente manera.

$$\frac{\text{Carga rotura conductor LA} - 280}{2,75} < \frac{\text{Carga rotura aislador}}{3}$$

$$Carga\ rotura\ aislador = \frac{8.489 \cdot 3}{2,75} = 88,20\ kN$$

3.3 Elección de la cadena de aisladores

Para la elección de este aislador se ha querido tener en cuenta los efectos de la contaminación de nivel medio que nos encontraremos en la localización de la línea y que la máxima carga de rotura que son capaces de soportar sea inferior a las cargas que se esperan en la línea.

El aislador que se ha elegido y sus características se muestran a continuación:

Aislador	U120BS
Material	Vidrio templado
Clase	U120BS
Paso (mm)	146
Diámetro (mm)	255
Línea de fuga (mm)	315
Carga de rotura (kN)	120

Tabla 6. Características aisladores.

Es por esta razón que se ha empleado un modelo que soporta las cargas mecánicas que nos encontraremos, cuya carga de rotura es de 120kN, inmediatamente superior a los 92,61 kN y los 68,25 kN que ha de resistir función de los cálculos mecánicos ya calculado.

3.4 Número de aisladores

Conocido el aislador que se empleará y la línea de fuga mínima que se ha de cumplir se decide el número de aisladores con la siguiente ecuación. La puesta a tierra de las autoválvulas se realizará conectando directamente a la estructura que las soporte.

$$N^{\circ}\ aisladores = \frac{L_{Fuga\ min}}{L_{Fuga\ aislador}}$$

Donde,

- **Nº aisladores:** Número de aisladores por cadena.
- **L_{Fuga min}:** Línea de fuga mínima función del nivel de contaminación y tensión de servicio, mm.

- **L_{Fuga aislador}**: Línea de fuga del aislador que se va a emplear, mm.

Se obtiene el siguiente número de aisladores:

$$N^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{2900}{315} = 9,21 \text{ aisladores}$$

Por tanto, se deberán emplear 10 aisladores ya que 9,21 es el valor mínimo para cumplir con las especificaciones.

Se consideran los requerimientos del aislamiento frente a impulsos tipo rayo (650 kV) y a frente a sobretensiones de frecuencia industrial de corta duración (275 kV). Para nuestro caso de 10 aisladores resultan:

Tipo de Ensayo		
A	B	C
800	450	110

Tabla 7. Tipo de ensayo.

Donde,

- **A**: Tensión soportada a frecuencia industrial en seco, kV.
- **B**: Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia, kV.
- **C**: Tensión soportada frente a impulso tipo rayo, kV.

Con estos valores se comprueba que con 10 aisladores se cumplen los requerimientos exigidos, por lo que la cadena quedará definida por 10 aisladores.

4. Cálculos mecánicos LAAT

4.1 Datos de los conductores

Cable aéreo	LA-280, Hawk
Material	Aluminio acero
Sección (mm ²)	281,1
Diámetro (mm)	21,8

Cable aéreo	LA-280, Hawk
Peso (kg/m)	0,9762
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	7.500
Carga de rotura UTS (KN)	84,85
Coefficiente de dilatación lineal (°Cx10 ⁻⁶)	18,9

Tabla 8. Datos mecánicos del conductor aéreo.

Cable de guarda	OPGW 48
Peso (Kg/m)	0,624
Sección (mm ²)	180
Diámetro (mm)	17
Peso Carga de rotura (Kg)	8.000
Módulo de elasticidad (Kg/mm ²)	12.000
Coefficiente de dilatación (°C)	1,5 °C·10 ⁻⁵

Tabla 9. Datos mecánicos del cable de guarda.

4.2 Cálculo mecánico del conductor y el cable de guarda

En este apartado se explican las diferentes cargas y sobrecargas a las que se pueden someter los cables durante su funcionamiento. Además, se considerará que ciertas cargas puedan darse combinadas, como se verá más adelante. El objetivo de los cálculos mecánicos posteriores es garantizar que los conductores y el cable de guarda pueden trabajar bajo dichas cargas y sobrecargas.

- Cargas permanentes. Cargas verticales debidas al peso de los elementos que soportan conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra, apoyos y cimentaciones.
- Sobrecargas. Las sobrecargas son las que aparecen sobre los conductores debido a circunstancias externas a la propia instalación como puede ser el efecto del viento soplando transversalmente sobre el conductor, o el peso del maguito de hielo que se puede llegar a formar sobre el conductor. También entran en este apartado, las posibles sobrecargas producidas por la dilatación y contracción de los materiales con las temperaturas.

4.2.1 Acciones consideradas e hipótesis

A continuación, se explican las hipótesis de carga y sobrecarga consideradas en los cálculos:

1. Los esfuerzos aplicados al calcular las flechas son:

- La acción del viento a 120 km/h sobre los conductores a temperatura de 15°.
- La acción de la temperatura a 85° y 50° los conductores de tierra.

Además, se tiene en cuenta en todos ellos el peso del propio conductor.

2. Los esfuerzos aplicados al calcular las tracciones máximas son:

- La acción del viento a 140 km/h sobre los conductores a temperatura de -5°.

Además, se tiene en cuenta en todos ellos el peso del propio conductor.

3. Los esfuerzos aplicados al calcular los fenómenos vibratorios son:

- Tensión de cada día (EDS): Sin sobrecarga y para $T^a = 15^\circ \text{ C}$. Máximo 22%.

4.2.2 Tracción máxima por sobrecarga de viento

Se considerará una temperatura de -5°C en el conductor. Para la línea eléctrica de este proyecto, se considerará un viento de 140 km/h de dirección horizontal sobre el conductor, ejerciendo una fuerza que se define en el RLAT como:

$$F_c = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Donde:

- **q**, presión del viento, daN/m².
- **d**, diámetro del conductor o cable de guarda, m.
- **a₁, a₂**, longitud del vano anterior y posterior, respectivamente, m.

La presión que ejerce el viento sobre un conductor tiene distinta expresión dependiendo del diámetro del mismo. Así, para los conductores de este proyecto se usará la ecuación, mientras que para el cable de guarda se usará la ecuación:

$$q = 50 \times \left(\frac{V_v}{120}\right)^2$$

$$q = 60 \times \left(\frac{V_v}{120}\right)^2$$

Donde,

- V_v , velocidad del viento, km/h.

4.2.3 Cálculo de tracción máxima y de flechas

A la hora de realizar el cálculo de la flecha del conductor y el cable de guarda, según el capítulo cuarto del RLAT, se tendrán en cuenta los estados de equilibrio del conductor, expresados mediante la tensión y el parámetro en función del estado de sobrecarga de dicho conductor, que depende de la temperatura y de las diferentes sobrecargas ambientales.

Las condiciones que deben cumplir los conductores son:

- La tracción máxima de los conductores tendrá que cumplir un coeficiente de seguridad a rotura menor que 3, considerando los conductores sometidos a las hipótesis de sobrecarga en función de la zona del trazado.

En nuestro caso la zona del trazado es Zona A, comprendida entre 0 y 500 metros de altitud, según la ITC-07 del RLAT la tracción máxima del conductor será:

$$T_{MAX} = \frac{\text{Carga de rotura}}{3}$$

$$T_{MAX} = \frac{84,89}{3} = 28,30 \text{ kN}$$

Para el cálculo de las flechas y tensiones de los conductores y cables de tierra se resuelve mediante la ecuación de cambio de condiciones:

$$T_2^2 = (T_2 + A) = B$$

Siendo,

$$A = \alpha \cdot E \cdot (\theta_2 - \theta_1) + K$$

$$K = \frac{a^2 \cdot E \cdot m^2 \cdot \omega^2}{24 \cdot t^2} - t_1$$

$$B = \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot m_2^2 \cdot \omega^2}{24}$$

- **E**, módulo de elasticidad, daN/mm².
- **α** , coeficiente de dilatación lineal, °C⁻¹.
- **S**, sección del conductor, mm².
- **a**, vano, m.
- **t₁, t₂**, tenses en los estados 1 y 2, kg.
- **m₁, m₂**, peso del conductor en los estados 1 y 2, daN/m.
- **θ_2, θ_1** , temperaturas del conductor en los estados 1 y 2, °C.

4.2.4 Flecha máxima con hipótesis de viento

Se calculará la flecha máxima considerando al conductor o cable de guarda sometido a la acción de su propio peso con una sobrecarga de viento, para una velocidad de 120 km/h y una temperatura de 15°C.

4.2.5 Cálculo de flecha mínima

La hipótesis de flecha mínima se emplea para comprobar si algún apoyo se encuentra ahorcado debido a la colocación de los apoyos adyacentes. Si resulta que el apoyo queda por debajo de la flecha mínima, se ha de subir el apoyo o bien realizar un apoyo en amarre para reducir este ahorcamiento. Esta hipótesis se realiza bajo una temperatura de -5°C.

4.2.6 Comprobación de fenómenos vibratorios

En el apartado 3.2.2 de la ITC-07 del Reglamento se define la necesidad de determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra debidas a fenómenos vibratorios, que pueden, no solo acortar la vida útil de los mismos, sino también da lugar a desgastes y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, o las mismas torres.

Estas vibraciones se producen por la vibración eólica y en el caso de conductores en haz, además, la vibración del subvano (entre separadores) El objetivo es la cuantificación y evaluación de posibles fenómenos vibratorios originados por el viento que pueden acortar la vida de un conductor o del cable de guarda, o desgastar los herrajes.

Por ello, se comprobará que, a una temperatura de 15°C, la tracción no supere el 15% de la carga de rotura. Si se realiza un estudio de amortiguamiento, como es el caso del presente proyecto, se permite que dicha tracción no sea superior al 22%.

4.2.7 Vanos de regulación

Las cadenas de suspensión no pueden absorber las diferencias de tensado, debidas a las distintas longitudes de los vanos, a los desniveles, a las variaciones de temperatura y a las condiciones meteorológicas en general, por lo que se admite que los tensados de los cables iguales en todos los vanos de un cantón, varían como lo haría un vano imaginario, denominado vano regulador o vano de regulación. Este vano se calcula de la siguiente manera:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum_1^n a_n^3}{\sum_1^n a_n}}$$

Donde:

- a_r , vano regulador, m.
- n , número de vanos que forman un cantón.
- a , longitud de los vanos, m.

El concepto de vano regulador o vano equivalente corresponde al valor de un vano que representa adecuadamente el comportamiento mecánico de una sección de línea, con varios vanos de diferentes características.

Determinar un vano equivalente para cada cantón, simplifica el proceso de análisis para elegir la tensión base de diseño del tramo y para estudiar el comportamiento de la sección ante los cambios de temperatura.

4.2.8 Esfuerzo de las tracciones

Para calcular la tracción a la que se ven sometido los conductores en función de las hipótesis anteriormente descritas, así como de la tensión que se ha tomado como tensión de diseño de la línea, se tiene que conocer el valor de la tensión inicial de cada vano regulador. Para ello se ha de calcular la tensión en cada vano individual que dependerá de la geometría de la instalación. Esta tensión se obtiene de la siguiente manera:

$$T_m = \frac{1}{4} \left[(2T_a - p \cdot d) + \sqrt{(p \cdot d - 2T_a)^2 - (2p^2 b^2)} \right]$$

Donde,

- T_m , tensión en el punto medio del vano, daN.
- T_A , tensión máxima del conductor aplicando el C.S. correspondiente.
- P , peso aparente del conductor, kg/m.
- d , desnivel entre puntos de amarre del conductor, m.
- b , distancia entre puntos de amarre del conductor, m.

Esta tensión deberá ser proyectada para obtener la tracción horizontal total del cantón de la siguiente manera.

$$T_{mH} = \frac{a}{b} T_m$$

Donde

- T_m , proyección horizontal de la tensión en el punto medio de un vano, daN
- a , longitud del vano, m.
- b , distancia entre los puntos de sujeción en un vano, m.

Una vez calculado todas las proyecciones horizontales de las tensiones en cada uno de los vanos dentro de un mismo cantón, tomamos la mínima de ellas como tensión media del vano, pues es la más restrictiva, y es la que se empleará como condición inicial para el empleo de la ecuación del cambio de condiciones dividida entre el coeficiente de seguridad correspondiente, que en el caso de la categoría especial, será de 3.5.

La ecuación de cambio de condiciones relaciona dos estados diferentes de un cable tendido entre dos puntos, es decir, para un cable dado, teniendo en un vano de longitud dada, si conocemos la tensión y/o la flecha a una temperatura y una sobrecarga dada (estado inicial), podemos conocer la tensión y/o la flecha a otra temperatura o sobrecarga (estado final). La ecuación que modela esta situación es la siguiente:

$$\frac{a^2 P_1^2}{24T_1^2} - \alpha t_1 - \frac{T_1}{S \cdot E} = \frac{a^2 P_2^2}{24T_2^2} - \alpha t_2 - \frac{T_2}{S \cdot E}$$

Donde,

- **a**, longitud del vano (vano regulador), m.
- **P₁, P₂**, resultante de las cargas en la situación inicial y final, daN/m.
- **T₁, T₂**, tracción del conductor o cable de guarda en la situación inicial y final, daN.
- **t₁, t₂**, temperatura del conductor o cable de guarda en la situación inicial y final, °C.
- **α**, coeficiente de dilatación lineal que depende del conductor, °C⁻¹.
- **S**, sección del conductor o cable de guarda, mm².
- **E**, módulo de elasticidad del conductor o cable de guarda, kg/mm².

Mediante un proceso iterativo, se han calculado todas las tracciones para condición tanto para el conductor como para el cable de guarda. Como ya se ha indicado anteriormente, la tensión para el estado inicial se ha tomado la de la hipótesis de más desfavorable y se ha considerado que su tensión inicial es la carga de rotura del conductor entre el coeficiente de seguridad.

Con esta ecuación se obtienen las tracciones para las distintas hipótesis, para un mismo vano regulador de todos los vanos que forman el cantón. Con esto conocido se puede calcular la catenaria que formará el cable al ser tendido, de la cual se puede obtener la flecha y el parámetro. El parámetro, es la variable que define como es la catenaria que forma el cable y está definido de la siguiente manera.

$$h = \frac{T}{p}$$

Donde,

- **h**, parámetro de la catenaria.
- **T**, tensión del cable en el punto más bajo.
- **p**, peso unitario del cable por unidad de longitud

En planos de planta y perfil del presente proyecto, se muestran los valores de parámetros de catenaria calculados para cada uno de los cantones, tanto para el conductor como para el cable de guarda. Se puede comprobar en dichos planos, que todos los cantones están por encima de las distancias mínimas establecidas.

4.2.9 Tablas de tendido

Según las hipótesis y cálculos descritos anteriormente, para cada vano de la línea se muestra la tensión a la que se va a encontrar el conductor, que será la misma para todos los vanos dentro de un mismo cantón, y la flecha que tendrá cada uno de ellos.

Se han realizado dos tablas de tendido, una para el conductor y otra para el cable de guarda para las temperaturas medias de la región de la obra y una temperatura máxima de 85°C. Se incluye en el apartado **7.1. Tablas de tendido**, las tablas de tendido del conductor y el cable de guarda, donde se muestra la flecha y la tensión en cada vano.

5. Cálculo de los apoyos

Para el dimensionamiento de cada uno de los apoyos se han considerado las acciones de cargas y sobrecargas que recoge el Reglamento de Líneas de Alta Tensión para la zona A y combinadas en la forma y condiciones especificadas en el apartado 3 de la ITC-LAT 07 del citado reglamento:

5.1 Hipótesis Normales

Las hipótesis normales recogidas en el reglamento son:

- 1ª Hipótesis: Viento
- 2ª Hipótesis: Hielo → No aplica.

Los coeficientes de seguridad en apoyos metálicos en hipótesis normales no serán inferiores a 1,5.

5.2 Hipótesis Anormales

Las hipótesis anormales recogidas en el reglamento son:

- 3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones
- 4ª Hipótesis: Rotura de conductores

Los coeficientes de seguridad en apoyos metálicos en hipótesis normales no serán inferiores a 1,2.

5.2.1 Hipótesis de cálculo

A continuación, se muestra una tabla, en la que quedan definidas las hipótesis de cálculo que combinan las acciones antes indicadas según el apartado 35.5.5 de la ITC-LAT 07, en función de cada tipo de apoyo:

Tipo de apoyo	Hipótesis		Zona A
Suspensión	1º Hip.	Conductor	-5º+V
		H. Tierra	-5º+V
	2º Hip.	Conductor	-
		H. Tierra	-
	3º Hip.	Conductor	8%T a -5º+V
		H. Tierra	8%T a -5º+V
	4º Hip.	Conductor	100%T a -5º+V
		H. Tierra	100%T a -5º+V
Amarre	1º Hip.	Conductor	-5º+V
		H. Tierra	-5º+V
	2º Hip.	Conductor	-
		H. Tierra	-
	3º Hip.	Conductor	15%T a -5º+V
		H. Tierra	15%T a -5º+V
	4º Hip.	Conductor	100%T a -5º+V
		H. Tierra	100%T a -5º+V
Anclaje	1º Hip.	Conductor	-5º+V
		H. Tierra	-5º+V
	2º Hip.	Conductor	-
		H. Tierra	-
	3º Hip.	Conductor	50%T a -5º+V
		H. Tierra	50%T a -5º+V
	4º Hip.	Conductor	100%T a -5º+V
		H. Tierra	100%T a -5º+V

Tipo de apoyo	Hipótesis		Zona A
Fin de línea	1º Hip.	Conductor	-5º+V
		H. Tierra	-5º+V
	2º Hip.	Conductor	-
		H. Tierra	-
	3º Hip.	Conductor	-
		H. Tierra	-
	4º Hip.	Conductor	100%T a -5º+V
		H. Tierra	100%T a -5º+V

Tabla 10. Tabla condiciones de cálculo.

5.2.2 Esfuerzo en la punta de las crucetas

Con las anteriores hipótesis cubiertas, se han calculado todos los esfuerzos en punta de cruceta tanto para el conductor como para el cable de guarda. Se han obtenido los esfuerzos de las cuatro hipótesis tanto para el conductor como para el cable de guarda.

Se incluye en el apartado **7.2. Esfuerzos en la punta de la cruceta**, para cada apoyo los esfuerzos en la punta de las crucetas para las cuatro hipótesis descritas.

5.2.3 Selección de apoyos

El procedimiento que se ha seguido para la elección de cada una de las torres en función de las tensiones en punta de cruceta obtenidas en el apartado anterior, en función de lo estipulado por el fabricante de apoyos, que en el caso de la presente adenda al proyecto será lmedexsa.

Hay dos criterios a tener en cuenta para la elección de los apoyos. Para cada uno de estos criterios hay una serie de pasos que se han de seguir:

- Esfuerzos
 1. Se ha de calcular el cociente entre el esfuerzo horizontal de la fase y el esfuerzo horizontal en la cúpula. Este cociente se dividirá entre 2 al tratarse de un circuito simple.
 2. Con el valor obtenido en el paso anterior se ha de entrar en la gráfica correspondiente según el catálogo, y obtener el valor e.

3. Cálculo del esfuerzo útil como:

$$Esfuerzo_{\acute{u}til} = \frac{3 \cdot Esfuerzo_{fase} + Esfuerzo_{c\acute{u}pula}}{e}$$

4. Elección de un apoyo capaz de soportar el esfuerzo útil obtenido.

- Par Torsor

1. El par torsor se obtiene como el producto de la fuerza por la longitud de la cruceta. 2. Se calcula el valor del esfuerzo total aplicado como la suma de las fuerzas longitudinales y transversales aplicadas sobre la cruceta y sobre la cúpula.

2. Se calcula el esfuerzo útil, distinto que el esfuerzo total.

3. Con los valores obtenidos, se entra en la tabla adecuada con el par torsor y esfuerzo útil, de tal manera que el punto obtenido quede por debajo de la línea de la gráfica para que el apoyo soporte los esfuerzos.

Se han llevado a cabo los pasos anteriores para cada uno de los apoyos que forman toda la línea, considerando la correcta distancia al terreno y otros elementos dentro de los límites establecidos por el RLAT así como soportar los esfuerzos a los que se van a ver sometidos.

Se muestra en el apartado **7.3. Esfuerzos sobre los apoyos**, los esfuerzos totales a los que quedan sometido cada apoyo seleccionado.

5.2.4 Cálculo de árboles de carga

Las estructuras de apoyo de una línea de transmisión soportan en términos generales tres (3) tipos de esfuerzos, los cuales se clasifican de acuerdo con su dirección o sentido de aplicación en cargas transversales, cargas longitudinales y cargas verticales.

Las cargas transversales comprenden las fuerzas generadas por la acción del viento sobre la estructura, los cables y las cadenas de aisladores y, las generadas por ángulos de deflexión de la línea. Las cargas longitudinales comprenden las fuerzas generadas por el tiro de los conductores. Las cargas verticales comprenden las fuerzas debidas al peso de los conductores, aisladores y cargas de mantenimiento.

En el cálculo de los árboles de carga de las estructuras se tiene en cuenta lo requerido en el numeral 25 del RETIE, las recomendaciones del manual ASCE 74 y lo establecido en la "Normalización de

Estructuras Metálicas para Líneas de Transmisión doble circuito a 230 kV”, implementada por ISA - septiembre de 1989, en lo que sea pertinente en el nivel de 115 kV.

Para cada apoyo se han calculado estos esfuerzos y se incluye en el apartado **7.3. Esfuerzos sobre los apoyos**, los valores de las cargas transversales, cargas longitudinales y cargas verticales.

6. Cimentaciones

Para una eficaz estabilidad de los apoyos, estos se encastrarán en el suelo en bloques de hormigón y hormigón armado, calculados de acuerdo con la resistencia mecánica del mismo y diseñadas para absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo transmite al suelo.

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 98. Se proyectan las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno:

El coeficiente de seguridad al vuelco para las distintas hipótesis no es inferior a:

- Hipótesis normales1,5
- Hipótesis anormales1,2

Se han tenido en cuenta todas las siguientes consideraciones:

- Comprobación al arranque.
- Comprobación a la compresión.
- Comprobación de la adherencia entre el anclaje y la cimentación.

Las cimentaciones calculadas son bajo la premisa de que se trata de un terreno medio normal donde, $\alpha=30^\circ$ y $\delta=3$ (daN/cm²). Con estos parámetros se establecen unas medidas de las cimentaciones determinadas por parte del fabricante para cada una de las alturas de fuste y esfuerzo que soportará cada estructura.

Teniendo en cuenta, además las hipótesis descritas en la memoria del presente proyecto, las cimentaciones que se han empleado se muestran en este apartado, y según la información que nos proporciona el fabricante para las cimentaciones que se emplearán para los apoyos escogidos tendrán el siguiente diseño, sobre el que se definirá las distintas medidas para cumplir con las comprobaciones explicadas previamente:

Ítem	Apoyo	Tipo	a (m)	h (m)	b (m)	H (m)	c (m)	V (Exc) (m ³)	V (horm) (m ³)
1	IC-55000-25	Tetrabloque	2,65	0,95	1,5	4,35	6,97	47,4	49,35
2	CO-9000-24	Tetrabloque	1,15	0,25	0,9	2,65	5,92	8,84	9,54
3	CO-9000-21	Tetrabloque	1,15	0,25	0,9	2,6	5,35	8,68	9,38
4	CO-27000-21	Tetrabloque	1,85	0,45	1,3	3,6	5,35	25,8	27,26
5	CO-33000-30	Tetrabloque	2,1	0,65	1,3	3,85	6,95	29,28	30,74
6	CO-27000-27	Tetrabloque	1,9	0,5	1,3	3,65	6,4	26,48	27,94
7	IC-55000-25	Tetrabloque	2,65	0,95	1,5	4,35	6,97	47,4	49,35

Tabla 11. Cimentaciones.

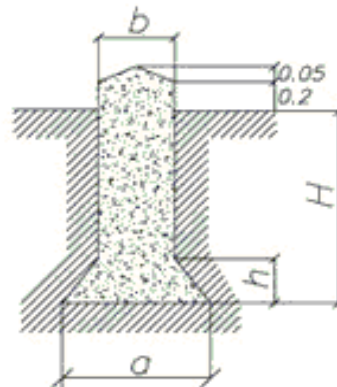


Ilustración 1. Croquis cimentaciones.

7. Resultados del cálculo.

7.1 Tablas de tendido.

7.1.1 Tabla de tendido conductor de fase.

Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
					Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)
1-2	A	330	-12,25	330	1923	6,95	1868	7,15	1817	7,35	1769	7,55	1724	7,75	1681	7,94	1641	8,14	1604	8,33	1568	8,52	1534	8,71	1502	8,9	1471	9,08
2-3	A	347	-5,63	347	1906	7,74	1856	7,95	1810	8,15	1766	8,36	1724	8,56	1685	8,76	1647	8,96	1612	9,15	1579	9,35	1547	9,54	1517	9,73	1488	9,92
3-4	A	383	-0,02	383	1877	9,54	1836	9,75	1797	9,97	1759	10,18	1724	10,39	1690	10,6	1658	10,8	1628	11,01	1598	11,21	1571	11,41	1544	11,6	1518	11,8
4-5	A	315	8,98	315	1940	6,24	1880	6,43	1825	6,63	1773	6,83	1724	7,02	1678	7,21	1635	7,4	1595	7,59	1556	7,78	1520	7,96	1486	8,14	1454	8,32
5-6	A	353	-4,95	353	1901	8,02	1853	8,23	1807	8,44	1765	8,64	1724	8,85	1686	9,05	1649	9,25	1615	9,44	1582	9,64	1551	9,83	1522	10,02	1494	10,21
6-7	A	235	-2,7	235	2061	3,28	1967	3,44	1879	3,6	1799	3,76	1724	3,92	1655	4,08	1592	4,25	1533	4,41	1479	4,57	1429	4,73	1383	4,89	1340	5,04

Tabla 12. Tabla de tendido conductor de fase

7.1.2 Tabla de tendido protección

Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
					Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)
1-2	A	330	-12,25	330	1249	6,83	1217	7,01	1187	7,18	1159	7,36	1132	7,53	1107	7,7	1083	7,87	1061	8,04	1040	8,2	1019	8,36	1000	8,53	982	8,68
2-3	A	347	-5,63	347	1236	7,62	1207	7,8	1180	7,98	1155	8,16	1130	8,34	1107	8,51	1085	8,68	1065	8,85	1045	9,02	1026	9,18	1008	9,35	991	9,51
3-4	A	383	-0,02	383	1214	9,42	1191	9,6	1169	9,79	1147	9,97	1127	10,15	1108	10,33	1089	10,5	1071	10,68	1055	10,85	1038	11,02	1023	11,19	1008	11,35
4-5	A	315	8,98	315	1262	6,12	1227	6,3	1194	6,47	1163	6,65	1134	6,82	1107	6,98	1081	7,15	1057	7,31	1034	7,48	1012	7,64	992	7,79	972	7,95
5-6	A	353	-4,95	353	1232	7,9	1204	8,09	1178	8,27	1153	8,44	1130	8,62	1107	8,8	1086	8,97	1066	9,14	1047	9,31	1028	9,47	1011	9,64	994	9,8
6-7	A	235	-2,7	235	1366	3,16	1304	3,31	1248	3,46	1196	3,61	1148	3,76	1105	3,91	1065	4,05	1028	4,2	994	4,34	962	4,49	933	4,63	906	4,76

Tabla 13. Tabla de tendido cable de protección

7.2 Esfuerzos en la punta de las crucetas.

7.2.1 Esfuerzos primera hipótesis.

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES							
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal		
1	FL	S	IC-55000	526	153	1731	443	5182	165	1900	1492	17446	21151	23319
2	AN-AM	S	CO-9000	743	209	2439	1687	3	624	1	5684	8	6613	9
3	AN-AM	S	CO-9000	810	232	2663	2115	0	785	2	7129	3	8289	1
4	AN-AM	S	CO-27000	920	260	3019	5217	18	1918	13	17568	68	20746	69
5	AN-AM	S	CO-33000	1188	343	3906	8480	25	3101	14	28542	89	32628	108
6	AN-AM	S	CO-27000	898	248	2941	5984	36	2189	29	20141	138	23118	156
7	FL	S	IC-55000	333	85	1085	421	6452	146	2375	1408	21732	25841	29036

Tabla 14. Esfuerzos primera hipótesis

7.2.2 Esfuerzos tercera hipótesis.

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES							
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Esfuerzo equivalente (Kg)	Momento torsor (Kg x m)
							Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal	Transversal	Longitudinal		
1	FL	S	IC-55000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	AN-AM	S	CO-9000	743	209	2439	687	1293	252	474	2313	4352	7737	4654
3	AN-AM	S	CO-9000	810	232	2663	1014	1290	371	472	3412	4341	8999	4642
4	AN-AM	S	CO-27000	736	208	2415	2880	1231	1054	450	9694	4142	16270	4677
5	AN-AM	S	CO-33000	950	274	3125	5280	1055	1934	386	17774	3550	24302	4535
6	AN-AM	S	CO-27000	718	199	2353	3539	1194	1297	437	11914	4019	18158	5134
7	FL	S	IC-55000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 15. Esfuerzos tercera hipótesis

7.2.3 Esfuerzos cuarta hipótesis, conductor de fase.

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES											
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Fase con rotura (Kg)		Fase sin rotura (Kg)		Protección (Kg)		Total (Kg)		Torsión simple (Kg)	Torsión compuesta (Ángulos y FL) (Kg)		
							Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.		Esf.Util	Esf.Equiv.	M.Torsor(Kg x m)
1	FL	S	IC-55000	526	153	1731	0	0	0	5183	0	1900	0	12265	---	12265	14917	46644
2	AN-AM	S	CO-9000	743	209	2439	589	2585	785	0	288	0	2447	2585	---	5033	5672	9307
3	AN-AM	S	CO-9000	810	232	2663	869	2579	1159	0	424	0	3610	2579	---	6189	7007	9284
4	AN-AM	S	CO-27000	736	208	2415	2469	2461	3292	0	1205	0	10257	2461	---	12718	14827	9353
5	AN-AM	S	CO-33000	950	274	3125	4526	2109	6034	0	2211	0	18804	2109	---	20914	23787	9070
6	AN-AM	S	CO-27000	718	199	2353	3033	2388	4045	0	1482	0	12604	2388	---	14992	16980	10268
7	FL	S	IC-55000	267	68	868	0	0	0	5161	0	1900	0	12223	---	12223	14878	46451

Tabla 16. Esfuerzos cuarta hipótesis, conductor de fase

7.2.4 Esfuerzos cuarta hipótesis, protección.

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	ESFUERZOS VERTICALES			ESFUERZOS HORIZONTALES								
				Fase (Kg)	Protección (Kg)	Total (Kg)	Rotura simple (Kg)		Rotura compuesta (Ángulos) (Kg)						Esfuerzo equivalente
							Protección con rotura		Fase		Protección con rotura		Total		
							Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	Trans.	Long.	
1	FL	S	IC-55000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	AN-AM	S	CO-9000	743	209	2439	---	---	785	0	144	1895	2500	1895	9873
3	AN-AM	S	CO-9000	810	232	2663	---	---	1159	0	212	1888	3688	1888	11119
4	AN-AM	S	CO-27000	736	208	2415	---	---	3292	0	602	1802	10477	1802	16641
5	AN-AM	S	CO-33000	950	274	3125	---	---	6034	0	1105	1545	19208	1545	23870
6	AN-AM	S	CO-27000	718	199	2353	---	---	4045	0	741	1750	12875	1750	17258
7	FL	S	IC-55000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 17. Esfuerzos cuarta hipótesis, cable de tierra

7.3 Esfuerzos sobre los apoyos.

7.3.1 Apoyo 1.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"-"d"	"b"	"c"
25	5,8	4,5	4,5	7,2			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
54020	57060	56300	73130	12400	16000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
5000	5000	5000	5000	5000	5000

Tabla 18. Esfuerzos sobre apoyo 1

7.3.2 Apoyo 2.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"-"d"	"b"	"c"
24,4	3,3	3,6	3,6	5,2			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
9855	11310	10960	14600	5305	4000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
2000	2000	2000	2000	2000	2000

Tabla 19. Esfuerzos sobre apoyo 2

7.3.3 Apoyo 3.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"- "d"	"b"	"c"
21,2	3,3	3,6	3,6	5,2			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
9855	11310	10960	14600	5305	4000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
2000	2000	2000	2000	2000	2000

Tabla 20. Esfuerzos sobre apoyo 3

7.3.4 Apoyo 4.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"- "d"	"b"	"c"
21,2	3,3	3,8	3,8	5,9			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
28470	29885	29535	38150	6785	8000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
2000	2000	2000	2000	2000	2000

Tabla 21. Esfuerzos sobre apoyo 4

7.3.5 Apoyo 5.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"-"d"	"b"	"c"
30,2	3,3	4,3	4,3	4,3			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
34090	35320	35015	44880	6940	8000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
2000	2000	2000	2000	2000	2000

Tabla 22. Esfuerzos sobre apoyo 5

7.3.6 Apoyo 6.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"-"d"	"b"	"c"
27	3,3	4,3	4,3	4,3			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
28470	29885	29535	38150	6170	8000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
2000	2000	2000	2000	2000	2000

Tabla 23. Esfuerzos sobre apoyo 6

7.3.7 Apoyo 7.

ALTURA ÚTIL (m)	ARMADOS S y N				ARMADOS T y B		
	Cabeza (m)	Crucetas (m)		Cúpula (m)	Crucetas (m)		
	"b"	"a"	"c"		"a"- "d"	"b"	"c"
25	5,8	4,5	4,5	7,2			

ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES CON ARMADO SIN CARGA EN CÚPULA (Kg)					
1ª Hip. V=120 Km/h C.S. = 1.5	2ª Hip. Hielo C.S. = 1.5	2ª Hip. H+V=60 Km/h C.S. = 1.5	3ª Hip. Desequilibrio C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Fase C.S. = 1.2	4ª Hip. Rot. de Prot. C.S. = 1.2
54020	57060	56300	73130	12400	16000
CARGA VERTICAL POR FASE / CÚPULA (Kg)					
5000	5000	5000	5000	5000	5000

Tabla 24. Esfuerzos sobre apoyo 7

8. Cálculos eléctricos LSAT

Se presentan a continuación para la LSAT los siguientes valores:

- Intensidad máxima admisible en régimen permanente.
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor.
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito en las pantallas.
- Caída de Tensión.
- Pérdidas de potencia.
- Tensiones inducidas.

8.1 Características generales

Las características generales de la línea se muestran en la siguiente tabla:

Características técnicas	
Sistema	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (kV)	132
Tensión más elevada (KV)	145
Nº de circuitos	1
Conductores por fase	1
Conductor de fase	1x1200 KAI +H120
Longitud (m)	25,23 km
Tipo de zanja	Tresbolillo
Canalización	Bajo tubo
Conexión pantallas	Cross Bonding
Potencia nominal (MW)	200
Intensidad de cortocircuito (KA)	40 (1s)

Tabla 25. Características generales de la LSAT.

Resistividades térmicas	
Resistividad térmica del terreno (km/W)	1,5
Resistividad térmica del hormigón (km/W)	0,85
Resistividad térmica tubos polietileno corrugados de doble pared (km/W)	3

Tabla 26. Resistividades térmicas.

8.2 Datos del conductor

Los datos del conductor se muestran en la siguiente tabla:

Cable de Potencia	RHE-RA +2OL 1x1200 KAI /120
Norma constructiva de referencia	IEC 62067 Ed.2.0
Tensión U ₀ /U (kV)	76/132
Tensión a impulsos U _p (kV)	650
Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C)	90
Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C)	250
Sección del conductor (mm ²)	1.200
Peso (kg/m)	9,25
Diámetro del conductor (mm)	41,6
Material del aislamiento	XLPE
Espesor del aislamiento (mm)	15
Diámetro del aislamiento (mm)	75
Sección de la pantalla (mm ²)	120
Espesor de la cubierta (mm)	3,7
Resistencia cc a 20°C (ohm/km)	92
Inductancia cable tresbolillo (mH/km)	0,0247
Intensidad máx. de corto en el conductor durante 0,5 seg. (A)	0,188

Cable de Potencia	RHE-RA +2OL 1x1200 KAI /120
Intensidad max. de corto en la pantalla durante 0.5 seg (A)	160,5/113,5
Esfuerzo máximo de tiro (Kg)	3.600
Radio de curvatura mínimo durante la instalación (m)	1,9

Tabla 27. Datos técnicos conductor.

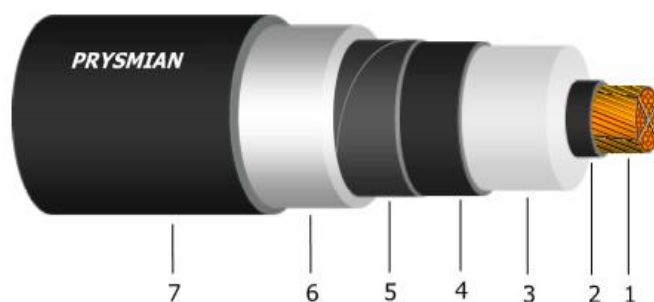


Ilustración 2. Conductor de potencia.

1. Conductor.
2. Semiconductora interna.
3. Aislamiento XLPE.
4. Semiconductora externa.
5. Pantalla metálica Al.
6. Cubierta externa tipo DMZ2 de color gris, libre de halógenos.

Independientemente a los estudios eléctricos desarrollados en el presente proyecto para la línea subterránea, se realiza un estudio de demanda y carga de la línea según la imagen adjunta, en el que se puede observar que se encuentra a un 98 % de su capacidad nominal, como se muestra a continuación:

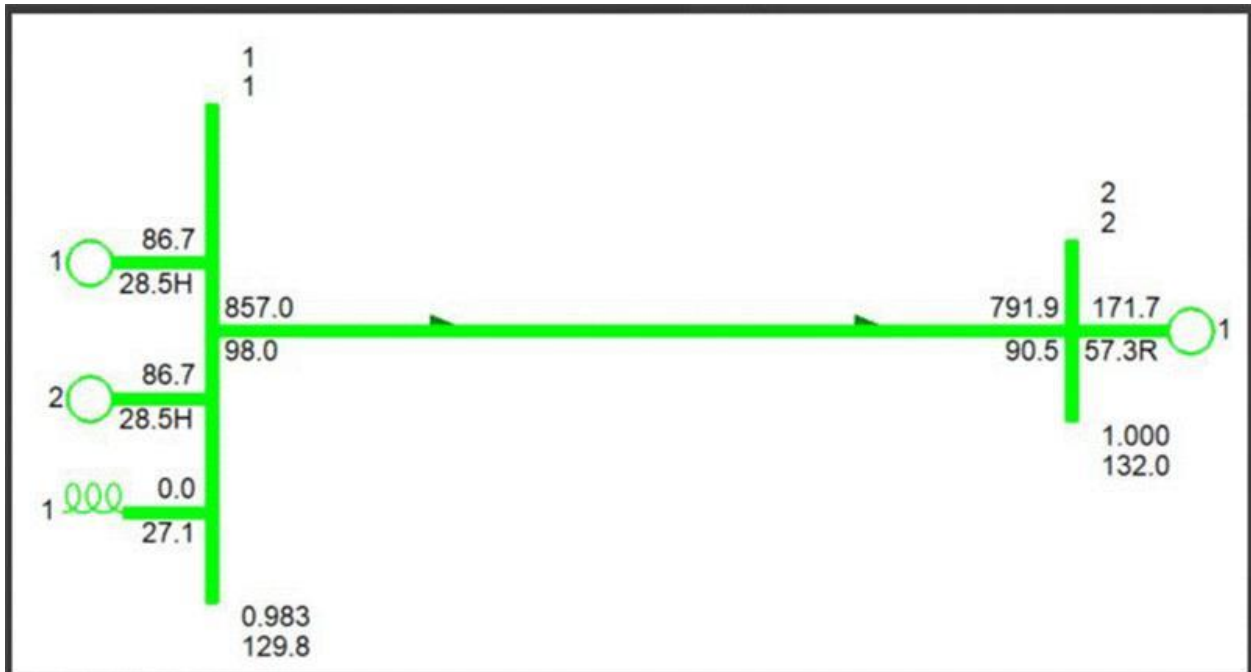


Ilustración 3. Simulación Línea de Alta Tensión 132 kV.

Según el estudio térmico realizado, en el tramo soterrado mediante perforación dirigida comprendido entre el P.K 12+611 y el 13+298, en el que las instalaciones superan los 4 metros de profundidad, se identifica un exceso de temperatura en el aislamiento del conductor. Este conductor propuesto se encontraría entre los límites térmicos permitidos ($>90^{\circ}$) por lo que se recomienda para garantizar la seguridad y fiabilidad del sistema, el incremento de la sección del conductor a 1.600 mm^2 en dicho tramo, en lugar de los 1.200 mm^2 propuestos para el resto de trazado. Esta medida permitirá además tener una mejora en la capacidad portante y disipación térmica evitando comprometer la operación de la línea de alta tensión.

Los datos del conductor se muestran en la siguiente tabla:

Cable de Potencia	RHE-RA +20L 1x1600 KAI /120
Norma constructiva de referencia	IEC 62067 Ed.2.0
Tensión U ₀ /U (kV)	76/132
Tensión a impulsos U _p (kV)	650
Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (°C)	90
Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito (°C)	250
Sección del conductor (mm ²)	1.600
Peso (kg/m)	9,25
Diámetro del conductor (mm)	46,9
Material del aislamiento	XLPE
Espesor del aislamiento (mm)	15,3
Diámetro del aislamiento (mm)	77,5
Sección de la pantalla (mm ²)	120
Espesor de la cubierta (mm)	4,5
Resistencia cc a 20°C (ohm/km)	0,0186
Intensidad máx. de corto en el conductor durante 0,5 seg. (A)	213
Intensidad max. de corto en la pantalla durante 0.5 seg (A)	27,4
Esfuerzo máximo de tiro (Kg)	3.600
Radio de curvatura mínimo durante la instalación (m)	1,9
Radio de curvatura mínimo permanente (sin tracción) (m)	1,5

Tabla 28. Datos técnicos conductor.

8.3 Cálculo de intensidad máxima admisible

El cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio se realiza según la norma UNE 21144, "Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente". La intensidad admisible en un cable en un circuito de corriente alterna puede deducirse de la expresión que calcula el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente.

$$\Delta\theta = \left(I^2 R + \frac{1}{2} W_d \right) T_1 + [I^2 R(1 + \lambda_1) + W_d] n T_2 + [I^2 R(1 + \lambda_1 + \lambda_2) + W_d] n (T_3 + T_4)$$

Donde:

- **I**, es la intensidad de corriente que circula por el conductor, A.
- **$\Delta\theta$** , es el calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente, K.
- **R**, es la resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, Ω/m .
- **W_d** , son las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor, W/m.
- **T_1** , es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente, K·m/W.
- **T_2** , es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del relleno de asiento entre la envolvente y la armadura (K·m/W). En nuestro caso, al ser un cable no armado el valor de esta unidad es 0.
- **T_3** , es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K·m/W).
- **T_4** , es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K·m/W).
- **n**, es el número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga).
- **λ_1** , es la relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable.

- λ_2 , es la relación de las pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable.

La intensidad de corriente admisible se obtiene de la fórmula anterior como se indica a continuación:

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - W_d [0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right)^{0,5}$$

8.3.1 Resistencia del conductor

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima de servicio, viene dada por la fórmula siguiente:

$$R = R' \cdot (1 + \gamma_s + \gamma_p)$$

Donde:

- **R**, es la resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m).
- **R'**, es la resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m).
- γ_s , es el factor pelicular.
- γ_p , es el factor de efecto proximidad.

La resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, θ , viene dada por:

$$R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)]$$

Donde:

- **R₀**, es la resistencia del conductor en corriente continua a 20°C.
- **α_{20}** , es el coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin.
- **θ** , es la temperatura máxima de servicio en grados Celsius para el cable

8.3.2 Pérdidas dieléctricas

Al ser un cable para transmisión de energía eléctrica en CA, se han de calcular las pérdidas dieléctricas. Estas pérdidas vienen dadas por unidad de longitud y en cada fase mediante la siguiente expresión:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot U_o^2 \cdot \text{tg} \delta \text{ (W/m)}$$

Donde:

- ω , es $2 \cdot \pi \cdot f$.
- **C**, es la capacidad por unidad de longitud (F/m).
- **U_o**, es la tensión con relación a tierra (V).
- **tg δ** , es el factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio.

8.3.3 Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas originadas en las pantallas (λ_1) son debidas a las corrientes de circulación (λ_1') y a las corrientes de Foucault (λ_1''):

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1''$$

Dependen del tipo de sistema de PAT, para este caso al ser single bonding se consideran despreciables estas pérdidas.

8.3.4 Factor de pérdidas en la armadura

De acuerdo con la norma UNE 21144-1-1, apartado 2.4, las pérdidas originadas por la armadura se calculan, para este caso, mediante las ecuaciones definidas en el cálculo del factor de pérdidas en la pantalla, considerando la resistencia eléctrica y las características geométrica de la armadura.

8.3.5 Resistencia térmica entre conductor y la envolvente (T1)

La resistencia térmica entre el conductor y la envolvente está dada por:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_1}{d_c} \right)$$

Donde:

- r_T , es la resistividad térmica correspondiente al aislamiento, K·m/W.
- d_c , es el diámetro del conductor sin considerar las pantallas semiconductoras, mm.
- t_1 , es el espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras, mm.

8.3.6 Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura (T2)

La resistencia térmica entre la cubierta y la armadura está dada por:

$$T_2 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_2}{D_s} \right)$$

Donde:

- r_T , es la resistividad térmica correspondiente al asiento de la armadura, K·m/W.
- D_s , es el diámetro exterior de la cubierta metálica o pantalla, mm.
- t_2 , es el espesor del asiento de la armadura, mm.

8.3.7 Resistencia térmica de la cubierta exterior (T3)

La resistencia térmica de las cubiertas exteriores T_3 está dada por:

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{D'_a} \right)$$

Donde:

- r_T , es la resistividad térmica del revestimiento o chaqueta, K·m/W.
- t_3 , es el espesor de la cubierta, mm.

- D'_a , es el diámetro exterior del cable, mm.

8.3.8 Resistencia térmica externa (T4)

La resistencia térmica externa de un cable colocado en un conducto o tubo comprende tres partes:

- La resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto T'_4 .
- La resistencia térmica del material que constituye el conducto T''_4 .
- La resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente T'''_4 .

El valor de T_4 que debe figurar en la ecuación que calcula la intensidad admisible será la suma de estos tres términos:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

8.3.9 Resistencia térmica entre el cable y el conducto o tubo

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0,1 \cdot (V + Y\theta_m) \cdot D_e}$$

Donde:

- **U, V e Y**, son las constantes que dependen del tipo de instalación.
- **D_e** , es el diámetro exterior del cable, mm.
- **θ_m** , es la temperatura media del medio que rellena el espacio entre el cable y el tubo (°C). Se elige un valor estimado inicial y se repite el cálculo con un valor corregido, si ello fuera necesario.

8.3.10 Resistencia térmica propia del tubo o conducto

La resistencia térmica a través de la pared de un conducto deberá calcularse mediante la fórmula:

$$T_4''' = \frac{1}{2 \cdot \pi} \rho_T \ln \frac{D_o}{D_d}$$

Donde:

- D_o , es el diámetro exterior del conducto, mm.
- D_d , es el diámetro interior del conducto, mm.
- ρ_T , es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto, K·m/W.

8.3.11 Resistencia térmica externa al conducto o tubo

En el caso de cables idénticos igualmente cargados, la intensidad de corriente admisible se determinará por la del cable más caliente.

El valor de T_4 se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T_4'''' = \frac{1}{2 \cdot \pi} \rho_T \ln \left(\left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right) \cdot \left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) \cdot \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \cdots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \cdots \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right)$$

Donde:

- p , es el conductor más caliente. A priori, se desconoce qué conductor es el más caliente, por lo que se realizará el cálculo considerando p para cada uno de los conductores por separado, y se obtendrá como resultado el valor resultante de T_4'''' mayor.
- q , número total de cables.
- ρ_T , es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto, K·m/W.
- u , $2L/D_e$, siendo:
 - L , distancia de la superficie del suelo al eje del cable, mm.
 - D_e , diámetro exterior del tubo, mm.

Las distancias d_{pk} y d'_{pk} se calculan de acuerdo con la siguiente figura:

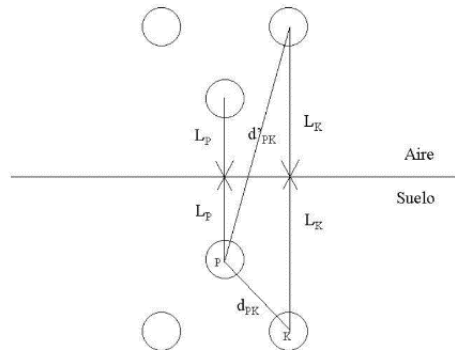


Ilustración 4. Diagrama que muestra un grupo de cables y sus imágenes con relación a la superficie aire-suelo.

Una vez realizados todos los cálculos descritos en el presente apartado, se obtiene el siguiente valor de intensidad máxima admisible:

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - W_d [0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right)^{0,5}$$

Los valores para el cálculo son:

$\Delta\theta$ (°C)	Rca (Ω/m)	Wd (W/m)	λ_1	T1 (K·m/W)	T2 (K·m/W)	T3 (K·m/W)	T4 (K·m/W)
65	$3,422 \times 10^{-5}$	1,012	0,0605	0,4105	0	0,0365	1,786

Tabla 29. Parámetros cálculo intensidad máxima admisible.

$$I_{max} = 907,60 A$$

Para la instalación del presente proyecto:

- Tensión Nominal: 132 kV
- Potencia Nominal: 200 MVA
- Factor de potencia: 0,95
- Intensidad Nominal: 874,77 A

$$I_{max} > I_{nominal}$$

$$907,60 A > 874,77 A$$

Con lo que se garantiza que el conductor seleccionado cumple al criterio de Intensidad máxima.

8.4 Intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en el conductor se realiza según la norma UNE 21192 "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático". La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión:

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

Donde:

- **I**: es la intensidad de cortocircuito admisible.
- **I_{AD}**: es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática.
- **ε**: es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes.

8.4.1 Intensidad de cortocircuito adiabático

La fórmula del calentamiento adiabático se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{AD}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Donde:

- **I_{AD}**: es la intensidad de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito) calculada en una hipótesis adiabática, A.
- **T**: es la duración del cortocircuito, s.
- **K**: es la constante que depende del material del componente conductor de corriente.
- **S**: es la sección geométrica del componente conductor de corriente, mm².

- θ_f : es la temperatura final, °C.
- θ_i : es la temperatura inicial, °C.
- β : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a °C, K.

8.4.2 Factor no adiabático

La fórmula general de una ecuación empírica para el factor no adiabático es la siguiente:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + F \cdot A \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} \cdot F^2 \cdot B \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Donde:

- **F**: es el factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales metálicos no adyacentes.
- **A, B**: son las constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales metálicos adyacentes.

8.5 Intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla se realiza según la norma UNE 21192 "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático".

Se aplicará el mismo método descrito en el apartado de Intensidad máxima admisible, para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en las pantallas. No se considerará la influencia de la lámina metálica adherida a la cubierta del cable ni la influencia de los flejes equipotenciales

Los valores para el cálculo son:

θ_f (°C)	θ_i (°C)	T (s)	$\beta_{\text{conductor}}$	θ_{pantalla}	$S_{\text{conductor}}$	K_{pantalla}	$K_{\text{conductor}}$
200	90	1	228	112,2	1.200	148	148

Tabla 30. Parámetros cálculo intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla

Siendo las temperaturas utilizadas:

- Temperatura inicial conductor: 90°C.
- Temperatura final conductor: 250°C.

Con estos valores se obtiene unas intensidades máximas de cortocircuito admisibles de:

Conductor: I_{cc} (1 s)	113,38 kA
Pantalla: I_{cc} (1 s)	17,31 kA

Tabla 31. Resultados cálculo intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla.

Comparando con el valor de Intensidad de cortocircuito de diseño 40 kA, se ve que estas corrientes son superiores, con lo cual, tanto el conductor como la pantalla escogidos cumplen con los requerimientos.

8.6 Caída de tensión

La caída de tensión presente en la línea se determinará mediante la expresión:

$$e = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Donde:

- **I_n**: es la intensidad nominal en régimen permanente, A.
- **L**: es la longitud de la línea, km.
- **R**: es la resistencia óhmica, W/km.
- **X**: es la reactancia inductiva, W/km.
- **φ**: es el ángulo de fase, °.

Los valores del cálculo son:

L (km)	R (W/km)	I _n (A)	X (W/km)	e (%)
25,23	0,034	972	0,2563	1,09

Tabla 32. Parámetros para el cálculo de la caída de tensión.

8.7 Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia en la línea se determinarán según la siguiente ecuación:

$$\Delta P(\%) = \frac{P L R}{10 U^2 \cos^2 \varphi}$$

Donde:

- **P**: es la potencia nominal, MVA.
- **L**: es la longitud de la línea, km.
- **R**: es la resistencia óhmica, W/km.
- **U**: es la tensión nominal, kV.
- **Cos φ**: es el factor de potencia.

Los valores del cálculo son:

P (MVA)	L (Km)	R (W/km)	U (KV)	AP (%)
200	25,23	0,034	132	0,98

Tabla 33. Parámetros para el cálculo de la pérdida de potencia

Las pérdidas de potencia adquieren un valor muy bajo, con lo que se demuestra que el conductor seleccionado es válido para la instalación.

8.8 Tensiones inducidas

8.8.1 En la pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga

La tensión inducida en la pantalla - tierra, por metro de cable, en servicio permanente a plena carga viene dada por la siguiente expresión:

$$E = I \left[2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S}{d} \right) \right]$$

Donde:

- **I**: intensidad nominal en régimen permanente, A.
- **S**: distancia entre fases, mm.
- **d**: diámetro medio de la pantalla metálica, mm.
- ω : pulsación de corriente, 2Pf rad/s.

8.8.2 En la pantalla - tierra en cortocircuito trifásico

La tensión inducida en la pantalla - tierra, por metro de cable, en caso de cortocircuito trifásico viene dada por la siguiente expresión:

$$E = I_{cc} \left[2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S}{d} \right) \right]$$

Donde:

- I_{cc} : intensidad de cortocircuito trifásica, A.
- **S**: distancia entre fases, mm.
- **d**: diámetro medio de la pantalla metálica, mm.
- ω : pulsación de corriente, 2Pf rad/s.

Con estas expresiones se obtiene unas tensiones inducidas de:

Tensión inducida pantalla-tierra en servicio permanente a plena carga	E = 0,120 V/m
Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito trifásico	E = 6,59 V/m

Tabla 34. Tensiones inducidas.

La tensión inducida en la pantalla no supera los 9,00 kV, valor máximo establecido en el apartado 4.3 Tensiones inducidas, del documento Criterios de diseño para LSAT.

9. Resumen de cálculos eléctricos

9.1. Caída de tensión

Caída de tensión (kV)		
Aéreo	Subterráneo	Total
0,355	1,439	1,794

Tabla 35. Caída de tensión total de la línea.

Por lo que la caída de tensión total de la línea:

$$e (\%) = 1,36 \%$$

9.2. Pérdida de potencia

Pérdida de potencia (kW)		
Aéreo	Subterráneo	Total
538,06	1.960,00	2.498,06

Tabla 36. Pérdida de potencia total de la línea.

Quedando un total de:

$$\Delta P (\%) = 1,25 \%$$



Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**

Documento N°3:
Pliego de Condiciones

Tayan Investment 13, S.L.

Código y revisión: T&I-013357-GEN-450.00.02-R00

Fecha: 09/04/2025

Hoja de control de revisiones

Revisión	Fecha	Motivo de la revisión	Realizado	Revisado	Aprobado
00	09/04/25	Documento de nueva creación	AM	SSC	JCCR

Índice

1. Objeto.....	7
1.1 Campo de aplicación	7
1.2 Replanteo y mediciones.....	7
2. Disposiciones generales.....	7
2.1 Normativa aplicable	8
2.2 Seguridad en el trabajo	8
2.3 Seguridad pública	9
2.4 Organización en el trabajo	9
2.4.1 Datos de la obra	9
2.4.2 Replanteo de la obra.....	10
2.4.3 Mejoras y variaciones en el proyecto	10
2.4.4 Recepción final del material.....	10
2.4.5 Ensayos	10
2.4.6 Limpieza y seguridad en las obras	11
2.4.7 Medios auxiliares	11
2.4.8 Ejecución de las obras	11
2.4.9 Plazo de ejecución	12
2.4.10 Recepción provisional	12
2.4.11 Período de garantía	12
2.4.12 Recepción definitiva	13
2.4.13 Pagos de obra	13
2.4.14 Abono de materiales acopiados	14
2.4.15 Disposición final.....	14

3. Condiciones técnicas para la obra civil y montaje de líneas eléctricas aéreas de alta tensión	14
3.1 Objeto y campo de aplicación.....	14
3.2 Ejecución del trabajo aéreo	14
3.2.1 Replanteo de los apoyos.....	15
3.2.2 Apertura de los hoyos	15
3.2.3 Transporte, acarreo y acopio a pie de hoyos	17
3.2.4 Cimentaciones.....	17
3.2.5 Arena	18
3.2.6 Grava	18
3.2.7 Cemento	19
3.2.8 Agua.....	19
3.2.9 Hormigón	19
3.2.10 Ejecución de las cimentaciones	20
3.2.11 Armado e izado de apoyos	21
3.2.12 Protección de las superficies metálicas	22
3.2.13 Tendido, tensado y engrapado de los conductores	22
3.2.14 Colocación de aisladores	23
3.2.15 Tendido de los conductores.....	23
3.2.16 Tensado, regulado y engrapado de los conductores	25
3.2.17 Condiciones para los cables compuestos OPGW	26
3.2.18 Reposición del terreno	36
3.2.19 Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico	37
3.2.20 Tomas de tierra	37
3.2.21 Electroodos de difusión.....	37

3.2.22	Anillo cerrado.....	37
3.2.23	Comprobación de los valores de resistencia de difusión	38
3.3	Ejecución del trabajo subterráneo.....	38
3.3.1	Trazado	38
3.3.2	Apertura de zanjas	39
3.3.3	Transporte de bobinas de cables.....	40
3.3.4	Tendido de cables.....	41
3.3.5	Protección mecánica.....	43
3.3.6	Señalización	43
3.3.7	Identificación	43
3.3.8	Cierre de zanjas.....	44
3.3.9	Reposición de pavimentos	45
3.3.10	Puesta a tierra.....	45
3.3.11	Agua.....	45
3.4	Paso aéreo-subterráneo.....	45
3.4.1	Hormigonado.....	45
3.4.2	Protección mecánica.....	46
3.4.3	Señalización	46
3.4.4	Cierre de zanja.....	46
3.4.5	Reposición de pavimentos	47
3.4.6	Ejecución de la puesta a tierra.....	47
3.5	Materiales.....	47
3.5.1	Reconocimiento y admisión de materiales.....	48
3.5.2	Apoyos	48
3.5.3	Herrajes	48

3.5.4	Aisladores.....	48
3.5.5	Conductores.....	49
4.	Reposición de obra.....	49
4.1	Calidad de las cimentaciones	49
4.2	Tolerancias de ejecución.....	49
4.2.1	Desplazamiento de apoyos sobre su alineación	49
4.2.2	Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal.....	50
4.2.3	Verticalidad de los apoyos.....	50
4.2.4	Altura de flechas.....	50
4.2.5	Estado y colocación de los aisladores y herrajes	50
4.2.6	Distancias a masa	50
5.	Conclusiones.....	51

1. Objeto

Este Pliego de Condiciones tiene por objeto, la definición de los requisitos que han de cumplir los suministros e instalación de los materiales necesarios para la ejecución de la línea de alta tensión 132 kV que evacua desde la SE Colectora 132/30 kV Tan Energy hasta la SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV.

1.1 Campo de aplicación

Este pliego de condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas y subterráneas de alta tensión hasta 132 kV.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

1.2 Replanteo y mediciones

Todos los trabajos se realizarán en conformidad a los planos y coordenadas entregados previamente a su ejecución.

Se comprobarán siempre los servicios y elementos afectados, tanto si están previstos inicialmente como si surgen a posteriori. Para ello, se realizarán los estudios y calas que sean oportunas. El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las condiciones de obra, con especial atención a los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y los datos necesarios para fijar completamente la ubicación de estos.

2. Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042: "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

2.1 Normativa aplicable

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de edificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

2.2 Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en los puntos f y g del apartado anterior de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal. Metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles. El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

2.3 Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

2.4 Organización en el trabajo

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de estos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

2.4.1 Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliego de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

2.4.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de estas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de estos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

2.4.3 Mejoras y variaciones en el proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

2.4.4 Recepción final del material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

2.4.5 Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

2.4.6 Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

2.4.7 Medios auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

2.4.8 Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 2.5.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 2.5.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

2.4.9 Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

2.4.10 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumplierse estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

2.4.11 Período de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

2.4.12 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

2.4.13 Pagos de obra

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de estas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

2.4.14 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

2.4.15 Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

3. Condiciones técnicas para la obra civil y montaje de líneas eléctricas aéreas de alta tensión

3.1 Objeto y campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de líneas aéreas de 1ª categoría, especificadas en el correspondiente proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de las líneas aéreo-subterráneas de alta tensión hasta 132 kV.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.2 Ejecución del trabajo aéreo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.2.1 Replanteo de los apoyos

Como referencia para determinar la situación de los ejes de las cimentaciones, se dará a las estaquillas la siguiente disposición:

- Tres estaquillas para todos los apoyos que se encuentren en alineación, aun cuando sean de amarre.
- Cinco estaquillas para los apoyos de ángulo. (Las estaquillas se dispondrán en cruz según las direcciones de las bisectrices del ángulo que forma la línea y la central indicará la proyección vertical del apoyo).

Se deberán tomar todas las medidas con la mayor exactitud, para conseguir que los ejes de las excavaciones se hallen perfectamente situados y evitar que haya necesidad de rasgar las paredes de los hoyos, con el consiguiente aumento en el volumen de la fundación que sería a cargo de la Contrata.

3.2.2 Apertura de los hoyos

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- Excavación: Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los apoyos, en cualquier clase de terreno. Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.
- Explanación: Comprende la excavación a cielo abierto, con el fin de dar salida a las aguas y nivelar el terreno en el que se coloca el apoyo, comprendiendo el suministro de explosivos, herramientas y cuantos elementos sean necesarios para su ejecución.
- Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales.
- Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta será por cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.
- El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones de los fosos para las cimentaciones deberán ejecutarse de tal forma que no queden fosos abiertos a una distancia de más de 3 km. para las líneas con apoyos metálicos y a 1 km. para las líneas de

hormigón y madera, por delante del equipo encargado del hormigonado o del equipo de izado de apoyos según queden o no hormigonados los apoyos. En el caso de que, por la naturaleza de la obra, esto no se pueda cumplir, deberá ser consultada la Dirección Técnica. Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas. En el caso de que penetrase agua en fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

- Cuando se efectúen trabajos de desplazamiento de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable. La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que circunde el apoyo. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.
- En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30 cm., como mínimo, por fuera de la excavación, prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante, con el fin de que los montantes del apoyo no queden recubiertos de tierra.
- Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.
- Cuando se empleen explosivos para la apertura de los fosos, su manipulación, almacenaje, transporte, etc., deberá ajustarse en todo a las disposiciones vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajos. En la excavación con empleo de explosivos, el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista. Igualmente se cuidará que la roca no sea dañada, debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no formen bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

3.2.3 Transporte, acarreo y acopio a pie de hoyos

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

Los apoyos de hormigón se transportarán en góndolas por carretera hasta el Almacén de Obra y desde este punto con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie del hoyo.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

3.2.4 Cimentaciones

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones, incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto. Se empleará un hormigón cuya resistencia característica sea de 200 kg/cm².

El amasado del hormigón se hará con hormigonera o si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm como mínimo, en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo como vierteaguas.

Para los apoyos de hormigón, los macizos de cimentación quedarán 10 cm por encima del nivel del suelo y se les dará una ligera pendiente como vierteaguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir a unos 30 cm bajo el nivel del suelo y en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

3.2.5 Arena

Puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia y no contener impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespato. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará según el ensayo siguiente:

De la muestra del árido mezclado se separará con el tamiz de 5 mm, 100 cm³ de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio graduado hasta 300 cm³. Una vez llena de agua hasta la marca de 150 cm³ se agitará fuertemente tapando la boca con la mano. Hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen aparente de arcilla no superará el 8 %.

La proporción de materias orgánicas se determina mezclando 100 cm³ de arena con una solución de sosa al 3 % hasta completar 150 cm³. Después de 24 horas, el líquido deberá quedar sin coloración, o presentar como máximo un color amarillo pálido.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación (en peso):

- 1 parte de cemento.
- 3 partes de arena.

Esta probeta de mortero conservada en agua durante siete días deberá resistir a la tracción en la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre los 12 y 14 kg/cm². Toda arena que sin contener materias orgánicas no resista el esfuerzo de tracción anteriormente indicado, será desechada.

En obras de pequeña importancia, se puede emplear el procedimiento siguiente para determinar la calidad de la arena:

Se toma un poco de arena y se aprieta con la mano, si es silíceo y limpia debe crujiir. La mano ha de quedar, al tirar la arena, limpia de arcilla y barro.

3.2.6 Grava

Podrá proceder de canteras o de graveras de río, y deberá estar limpia de materias extrañas como limo o arcilla, no conteniendo más de un 3 % en volumen de cuerpos extraños inertes.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedra y arenas unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos. Deberá ser de tamaño comprendido entre 2 y 6 cm., no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño.

3.2.7 Cemento

Se empleará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento existentes en el mercado, en envases de papel de 50 kg netos.

En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

Previa autorización de la Dirección Técnica podrá utilizarse cementos especiales, en aquellos casos que lo requieran.

3.2.8 Agua

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

3.2.9 Hormigón

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento. En el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con la tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme. Si no ocurre así, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad. Una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya resistencia característica sea de 200 kg/m². La composición normal de la mezcla será:

- Cemento: 1
- Arena: 3
- Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde troncocónico de 30 cm. de altura y bases de

10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura H del montón formado y en función de ella se conoce la consistencia:

Consistencia	H (cm)
Seca	30 a 28
Plástica	28 a 20
Blanda	20 a 15
Fluida	15 a 10

Tabla 1. Alturas según consistencias.

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

3.2.10 Ejecución de las cimentaciones

La ejecución de las cimentaciones se realizará de acuerdo con el Proyecto.

Los encofrados serán mojados antes de empezar el hormigonado. En tiempos de heladas deberán suspenderse los trabajos de hormigonado; no obstante, si la urgencia de la obra lo requiere, puede proseguirse el hormigonado, tomando las debidas precauciones, tales como cubrir el hormigón que está fraguando por medio de sacos, paja, etc. Cuando sea necesario interrumpir un trabajo de hormigonado, al reanudar la obra, se lavará la parte construida con agua, barriéndola con escobas metálicas y cubriendo después la superficie con un enlucido de cemento bastante fluido.

Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm, como mínimo, en terrenos normales, y 20 cm en terreno de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo, como vierteaguas. Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir unos 30 cm bajo el nivel del suelo y, en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

La manera de ejecutar la cimentación será la siguiente:

- Se echará primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado, de 25 cm de espesor, de manera que teniendo el poste un apoyo firme y limpio, se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón.

- Al día siguiente se colocará sobre él la base del apoyo o el apoyo completo, según el caso, nivelándose cuidadosamente el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo, en el primer caso, o bien, se aplomará el apoyo completo, en el segundo caso, inmovilizando dichos apoyos por medio de vientos.
- Cuando se trate de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base o al apoyo una inclinación del 0,5 al 1 % en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por los conductores.
- Después se rellenará de hormigón el foso, o bien se colocará el encofrado en las que sea necesario, vertiendo el hormigón y apisonándolo a continuación. e) Al día siguiente de hormigonada la fundación, y en caso de que tenga encofrado lateral, se retirará éste y se rellenará de tierra apisonada el hueco existente entre el hormigón y el foso.
- En los recorridos, se cuidará la verticalidad de los encofrados y que éstos no se muevan durante su relleno. Estos recorridos se realizarán de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.

3.2.11 Armado e izado de apoyos

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son el armado, izado y aplomado de los apoyos, incluido la colocación de crucetas y el anclaje, así como el herramental y todos los medios necesarios para esta operación.

Antes del montaje en serie de los apoyos, se deberá realizar un muestreo (de al menos el 10 %), montándose éstos con el fin de comprobar si tienen un error sistemático de construcción que convenga ser corregido por el constructor de los apoyos, con el suficiente tiempo.

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas. Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesiten su sustitución o su modificación, el Contratista lo notificará a la Dirección Técnica.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra. En el caso de rotura de barras y rasgado de taladros, por cualquier causa, el Contratista tiene la obligación de proceder al cambio de los elementos rotos, previa autorización de la Dirección Técnica.

El criterio de montaje del apoyo será el adecuado al tipo del mismo, y una vez instalado dicho apoyo, deberá quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que se le dará una inclinación

del 0,5 al 1% en sentido opuesto a la resultante de los esfuerzos producidos por los conductores. En ambas posiciones se admitirá una tolerancia del 0,2 %.

El procedimiento de levante será determinado por la Contrata, el cual deberá contar con la aprobación de la Dirección Técnica. Todas las herramientas que se utilicen en el izado se hallarán en perfectas condiciones de conservación y serán las adecuadas.

En el montaje e izado de los apoyos, como observancia principal de realización ha de tenerse en cuenta que ningún elemento sea solicitado por esfuerzos capaces de producir deformaciones permanentes.

Los postes metálicos o de hormigón con cimentación, por tratarse de postes pesados, se recomienda que sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

El izado de los apoyos de hormigón sin cimentación se efectuará con medios mecánicos apropiados, no instalándose nunca en terrenos con agua. Para realizar la sujeción del apoyo se colocará en el fondo de la excavación un lecho de piedras. A continuación, se realiza la fijación del apoyo, bien sobre toda la profundidad de la excavación, bien colocando tres coronas de piedra formando cuñas, una en el fondo de la excavación, la segunda a la mitad de la misma y la tercera a 20 cm, aproximadamente, por debajo del nivel del suelo. Entre dichas cuñas se apisonará convenientemente la tierra de excavación.

Una vez terminado el montaje del apoyo, se retirarán los vientos sustentadores, no antes de 48 horas.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca. Una vez que se haya comprobado el perfecto montaje de los apoyos, se procederá al graneteado de los tornillos, con el fin de impedir que se aflojen. Terminadas todas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de los conductores, la Contrata dará aviso para que los apoyos montados sean recepcionados por la Dirección Técnica.

3.2.12 Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados por inmersión.

3.2.13 Tendido, tensado y engrapado de los conductores

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores.
- Tendido de los conductores, tensado inicial, regulado y engrapado de los mismos.
- Comprende igualmente el suministro de herramental y demás medios necesarios para estas operaciones, así como su transporte a lo largo de la línea.

3.2.14 Colocación de aisladores

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará con el mayor cuidado.

Cuando se trate de cadenas de aisladores, se tomarán todas las precauciones para que éstos no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no flexen.

En el caso de aisladores rígidos se fijará el soporte metálico, estando el aislador en posición vertical invertida.

3.2.15 Tendido de los conductores

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los apoyos de este no están recepcionados de cualquier forma. Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la Dirección Técnica.

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces en el suelo, apoyos o cualquier otro obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre un terreno con asperezas o cuerpos duros susceptible de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

Antes del tendido se instalarán los pórticos de protección para cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc.

Para el tendido se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y anclaje.

Se dispondrán, al menos, de un número de poleas igual a tres veces el número de vanos del cantón más grande. Las gargantas de las poleas de tendido serán de aleación de aluminio, madera o teflón y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor.

Cuando se haga el tendido sobre vías de comunicación, se establecerán protecciones especiales, de carácter provisional, que impida la caída de dichos conductores sobre las citadas vías, permitiendo al mismo tiempo el paso por las mismas sin interrumpir la circulación. Estas protecciones, aunque de carácter provisional, deben soportar con toda seguridad los esfuerzos anormales que por accidentes puedan actuar sobre ellas.

En caso de cruce con otras líneas (A.T., B.T. o de comunicaciones) también deberán disponerse las protecciones necesarias de manera que exista la máxima seguridad y que no se dañen los conductores durante su cruce. Cuando hay que dejar sin tensión una línea para ser cruzada, deberán estar preparadas todas las herramientas y materiales con el fin de que el tiempo de corte se reduzca al mínimo y no se cortarán hasta que todo esté preparado.

Cuando el cruzamiento sea con una línea eléctrica (A.T. y B.T.), una vez conseguido del propietario de la línea de corte, se tomarán las siguientes precauciones:

- Comprobar que estén abiertas, con corte visible, todas las fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de un cierre intempestivo.
- Comprobar el enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- Reconocimiento de la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando las zonas de trabajo.

Para poder cumplimentar los puntos anteriores, el Contratista deberá disponer, y hacer uso, de detector de A.T. adecuado y de tantas puestas a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión.

Si existe arbolado que pueda dañar a los conductores, y éstos a su vez a los árboles, dispondrán de medios especiales para que esto no ocurra.

Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño al conductor, el Contratista deberá desplazar a un operario con los medios necesarios para que aquél no sufra daños.

Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el Contratista deberá consultar con la Dirección Técnica la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores podrán efectuarse por el sistema de manguitos de torsión, máquinas de husillo o preformados, según indicación previa de la Dirección Técnica y su colocación se hará de acuerdo con las disposiciones contenidas en el vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Todos los empalmes deberán ser cepillados cuidadosamente para asegurar la perfecta limpieza de las superficies a unir, no debiéndose apoyar sobre la tierra estas superficies limpias, para lo que se recomienda la utilización de tomas.

El Contratista será el responsable de las averías que se produzcan por la no observancia de estas prescripciones.

3.2.16 Tensado, regulado y engrapado de los conductores

Previamente al tensado de los conductores, deberán ser venteados los apoyos primero y último del cantón, de modo que se contrarresten los esfuerzos debidos al tensado.

Los mecanismos para el tensado de los cables podrán ser los que la Contrata estime, con la condición de que se coloquen a distancia conveniente del apoyo de tense, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes del cable a su paso por la polea no sea inferior a 150° .

La Dirección Técnica facilitará al Contratista, para cada cantón, el vano de regulación y las flechas de este vano para las temperaturas habituales en esa época, indicando los casos en que la regulación no pueda hacerse por tablillas y sea necesario el uso de taquímetro.

Antes de regular el cable se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos.

El Contratista facilitará a la Dirección Técnica, para su comprobación, la altura mínima de los conductores, en el caso más desfavorable de toda la línea, indicando la temperatura a que fue medida. Los mismos datos facilitará en todos los vanos de cruzamiento.

El afino y comprobación del regulado se realizará siempre por la flecha.

En el caso de cantones de varios vanos, después del tensado y regulado de los conductores, se mantendrán éstos sobre las poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable. Entonces se procederá a la realización de los anclajes y luego se colocarán los conductores sobre las grapas de suspensión.

Si una vez engrapado el conductor se comprueba que la grapa no se ha puesto en el lugar correcto y que, por tanto, la flecha no es la que debía resultar, se volverá a engrapar, y si el conductor no se

ha dañado se cortará el trozo que la Dirección Técnica marque, ejecutándose los manguitos correspondientes.

En los puentes flojos deberán cuidar su distancia a masa y la verticalidad de los mismos, así como su homogeneidad. Para los empalmes que se ejecuten en los puentes flojos se utilizarán preformados.

En las operaciones de engrapado se cuidará especialmente la limpieza de su ejecución, empleándose herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio.

Si hubiera alguna dificultad para encajar entre sí o con el apoyo algún elemento de los herrajes, éste no deberá ser forzado con el martillo y debe ser cambiado por otro.

Al ejecutar el engrapado en las cadenas de suspensión, se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto. En el caso de que sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas, este desplazamiento no se hará a golpe de martillo u otra herramienta; se suspenderá el conductor, se dejará libre la grapa y ésta se correrá a mano hasta donde sea necesario. La suspensión del cable se hará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen el cable.

El apretado de los estribos se realizará de forma alternativa para conseguir una presión uniforme de la almohadilla sobre el conductor, sin forzarla, ni menos romperla.

El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.

3.2.17 Condiciones para los cables compuestos OPGW

Además de lo prescrito para conductores, a la hora de la recepción, tendido, regulado y engrapado de los cables compuestos OPWG, se tendrán en cuenta:

Datos Técnicos de los Cables a Usarse

Las características del cable OPGW, materiales, accesorios y equipos a instalarse se entregarán al contratista, antes de iniciar los trabajos.

Los accesorios estarán compuestos por de varillas de armar, protecciones de cables y amortiguadores, y todos los herrajes y accesorios necesarios para instalar el cable de fibra óptica.

Todos los carretes de cable OPGW estarán adecuadamente marcados con la siguiente información:

- Nombre del Fabricante
- Lugar de Entrega

- Número de Orden
- Número de Carrete
- Longitud del Cable Contenido en el Carrete
- Peso de Cable
- Peso Bruto Total

Adicionalmente se entregarán los datos de las pruebas reflectométricas efectuadas en los carretes en bodega, con la información técnica de la atenuación de la fibra óptica y la distancia exacta del cable en cada carrete.

Tendido

El Contratista debe entregar a la Dirección de Obra toda la información técnica de los equipos y accesorios que utilizará en este trabajo. La D.O. podrá ordenar las pruebas que considere necesarias para la aprobación de éstos y el Contratista está obligado a efectuarlas a su costo.

Para efectuar las pruebas, el Contratista deberá disponer de un dinamómetro con su respectivo Certificado de Calibración.

El equipo, accesorios y métodos empleados para el tendido serán tales que el cable OPGW no sea dañado.

El cable OPGW debe ser instalado de acuerdo con los cuadros, planos y tablas de tendido correspondientes. Todos los elementos que se usen para el tendido tendrán acabados que impidan cualquier daño a los cables. El tendido del cable OPGW se hará ejerciendo un control cuidadoso y utilizando equipos mecánicos provistos de cabestrantes dentados. Para asegurar que la tensión el cable OPGW no fluctúe indebidamente, ni exceda los valores especificados, se proveerá un sistema de registro de tensión en el extremo de tensar.

Estos equipos deben tener doble tambor con un diámetro igual o mayor a 30 veces el diámetro del cable OPGW. La superficie de contacto del tambor debe ser acanalada para acomodar el cable de tendido o el cable OPGW. Las acanaladuras deben ser revestidas con material plástico durable. El tambor debe tener espacio para acomodar al menos tres vueltas y media de cable OPGW.

La máquina de tendido debe contar con alarma visual-auditiva y parada de automática para sobre tensiones mecánicas.

Las poleas deben tener un diámetro de "fondo de acanaladura" de:

- ≥ 800 mm para el inicio y final del tendido, freno y malacate, con un ángulo de deflexión $\leq 120^\circ$.
- ≥ 600 mm para torres de tensión.
- ≥ 450 mm para torres de suspensión.

La profundidad de la acanaladura será al menos un 25% más grande que el diámetro del cable. El radio en la base de la acanaladura será la menos un 10%, pero no más de un 25%, más grande que el radio del cable, y los lados de la acanaladura deben estar inclinados al menos en 15° respecto a la vertical.

Las poleas deben estar fabricadas en aleación de aluminio y diseñadas para permitir la pasada de empalmes temporales hechos con sujeción "Kellen"; sus acanaladuras revestidas con neopreno poliuretano adecuado, equipadas con rodamiento de bola y rodillo de alta calidad, autolubricados o con elementos para lubricación a presión. El Contratista debe inspeccionar diariamente las poleas para verificar su libre y fácil movimiento en los aparejos y cualquier daño en la cara de contacto que pueda haberse producido durante las operaciones de tendido. Cualquier polea que no gire libremente o que resulte dañada de cualquier manera debe ser reemplazada inmediatamente por otra en buen estado.

Los cables de tendido serán del tipo no rotativo, para evitar esfuerzo de enrollado o de torsión sobre el cable OPGW. La línea de tendido estará unida a los cables OPGW por medio de eslabones giratorios. Los eslabones deben ser suficientemente pequeños para pasar por las poleas de tendido, sin dañar la polea y deben tener rodamiento de bolas y podrán girar libremente bajo carga para eliminar el par que podría causar torceduras y nudos en el cable OPGW.

Todos los daños en cercos e instalaciones que se produzcan debido a las operaciones de la riega del cable piloto o del pescante deben ser reparados por el Contratista, a su cargo, dentro de las 24 horas de producido el daño.

Deberá existir una comunicación directa entre el freno y la máquina de tiro, con una frecuencia diferente a la de los puntos de control, pero en la máquina de tiro debe existir un equipo para comunicarse con los puntos de control en su frecuencia.

Precauciones de seguridad, puesta a tierra

Deben usarse métodos adecuados de puesta a tierra que protejan a personas y equipos de voltajes inducidos en los cables de tensado o en el cable OPGW.

Los siguientes requisitos generales deben aplicarse en todas las secciones de la línea:

- La Puesta a Tierra (PaT) debe ser instalada en ambos extremos de la línea de transmisión, o de la sección de la línea en que se está trabajando a intervalos que la Dirección de Obra indique. Los conjuntos de PaT instalados en ambos extremos de la línea, o tramo de línea en la que se esté trabajando, deben permanecer en su lugar hasta el término de los trabajos.
- Las PaT deben estar firmemente instaladas para evitar una conexión suelta o intermitente. Todas las PaT suministradas e instaladas para protección contra descargas estáticas deben ser claramente visibles para inspección y deben ser de materiales tales como alambre de aluminio desnudo, alambre cubierto con plástico blanco o amarillo, y marcados con banderas rojas de tela colocadas en lugares visibles sobre el cable OPGW en el punto de la PaT. La ubicación de todas las PaT deberá ser comunicada a la D.O. Todas las PaT y las banderas rojas serán retiradas tan pronto como no sean necesarias para la protección.
- Todos los equipos de tendido y tensado deben ser puesto a tierra en forma segura y efectiva con un tipo de aprobado de hincamiento a tierra, firmemente unido al equipo. Se usará al menos dos varillas hincadas en tierra, tanto en el lado del freno como en el lado de la máquina de tiro. Adicionalmente, todas las partes conductoras de la instalación y equipos de tensado deben ser operadas desde una plataforma aislada y con barandillas.
- Se instalará un tipo de PaT móvil a menos de 6 m del carrete y el conjunto de tensado, para que el cable OPGW quede puesto a tierra positiva y constantemente.
- Durante la operación de tendido el cable OPGW debe ponerse a tierra en la primera torre adyacente al equipo de tendido. Esta PaT será obtenida mediante el uso de un conductor eléctrico desde el aparejo de tendido, puesto también a tierra, con cables de cobre de sección adecuada (Nº1 AWG o superior). Los cables de PaT deben ser asegurados a las torres con un tipo apropiado de terminal a tierra y retirados usando pértigas.
- Se colocarán PaT adicionales donde se juzgue necesario. Las PaT ubicadas en estructuras cercanas serán consideradas como tierras secundarias. Las PaT colocadas en las estructuras, o en el lugar donde se efectúe el trabajo se considerarán como puestas a tierra principales.
- La instalación de los puentes temporales en cualquier punto en los que el cable OPGW no sea continuo, debe efectuarse mediante pértigas.
- El trabajo en las estructuras de remate requerirá PaT a ambos lados de la estructura. Las PaT podrán retirarse tan pronto como se termine el trabajo con tal que no se deje circuitos abiertos en la estructura aislada en la cual se terminó el trabajo.
- Las cuadrillas de engrapado deben protegerse con PaT individuales del tipo grapa colocada con pértigas en cada sitio de trabajo.

- Las PaT de protección personal no podrán considerarse suficientes para prever protección total a una cuadrilla contra una descarga eléctrica directa o contra una descarga que ocurra dentro de su área. No debe trabajarse cuando exista indicación de tormentas eléctricas en el área.

Puesta a tierra tipo móvil

La PaT tipo móvil se utilizará tanto a la salida del cable OPGW desde el freno, como en las poleas que se encuentran en las torres.

Las PaT tipo móvil proveerán una presión constante sobre el cable OPGW y las poleas de contacto de las PaT tipo móvil serán con cojinetes de tipo de lubricado permanente. Las PaT móviles serán instaladas de modo que no se exceda en 1Ω de la resistencia medida entre el cable OPGW y el punto de unión del elemento de tierra a la torre, o varilla de PaT enterrada.

Puesta a tierra tipo enterada

Las PaT tipo enteradas se realizarán con elementos flexibles conectados a una varilla o pica de 20mm de diámetro, o superior, de Copperweld o acero galvanizado (o equivalente). Las varillas de tierra se enterarán una longitud mínima de 2,5 m.

Puesta a tierra de torres o postes de acero

Las PaT de estas estructuras serán tipo grapa de tierra flexible.

Tipos aprobados de conductores de tierra

Los cables para la conexión de tierras serán equivalentes al N°1 AWG de cobre, o mayores.

Plataformas aisladas y barreras

Las plataformas aisladas serán de madera de 50 mm de espesor soportadas envigas de 100 mm de altura, o de materiales que ofrezcan aislamiento equivalente. Durante la acción de tensado, la plataforma aislada y las barreras de sogas deben extenderse completamente alrededor del equipo de tal manera que prevenga que cualquier persona que esté sobre el suelo toque cualquier parte del equipo.

Medidas de protección alternativas

Deben considerarse medidas de protección alternativas que ofrezcan igual o mayor protección. Estas previsiones no eliminarán la instalación de tantas PaT adicionales como sean necesarias para la protección de las personas contra contactos estáticos y accidentales de circuitos externos.

Cruces

Cuando haya que cruzar líneas eléctricas, de comunicaciones, carreteras o ferrocarriles, el Contratista debe notificar a los propietarios con anticipación y hacer todos los preparativos y cambios temporales que se requiera.

El contratista proveerá estructuras de protección en todos los cruces, como se requiera, para la protección del cable OPGW línea, carretera estructura o elemento a ser cruzado.

Condiciones de viento

Todas las operaciones de tendido y tensado se interrumpirán cuando las velocidades de viento sean desfavorables para garantizar la total seguridad.

Limitación de las estructuras

Para el tendido se tendrán en cuenta todas las limitaciones de diseño impuestas a las estructuras y que aparecen en los planos respectivos, a más de las cargas máximas de montaje que ellas puedan soportar, así como se tendrán en cuenta las limitaciones establecidas por los fabricantes.

Métodos de tendido

El cable OPGW será instalado por el método de tensión controlada por medio de equipo de tendido rueda de giro doble, tal que los soportes de los carretes sean estacionarios y el cable OPGW sea tirado directamente a las ranuras de las poleas con el hilo piloto, si tocar el suelo, estructuras de guardia u otros objetos. El Contratista suministrará suficiente equipo, incluyendo máquinas de tendido y tensado. Antes de iniciar las operaciones de tendido, el Contratista remitirá por triplicado para la aprobación de la Dirección de Obra un programa detallado de tendido que contenga la siguiente información:

- Método de tendido.
- Tensores temporales de torres y crucetas.
- Plan de transporte.
- Programa de seguridad industrial que contemple las acciones que se realizarán en caso de emergencia o accidente.
- Acciones que se efectuarán para la protección del medio ambiente.
- La sección o subsección a ser tendida, por números de estructuras.
- Número de carretes y longitud del cable contenido en éstos.

- Longitud a utilizarse en cada carrete.
- Localización propuesta del equipo de tendido.
- Ubicación de estructuras de defensa y estructuras de protección.
- Ubicación de telefonistas.

Una vez terminado el tendido de una sección limitada en el extremo por una torre de amarre, serán anclados a la misma de forma definitiva.

Si no se usa una torre de amarre como terminal, el tendido se efectuará de modo que no se exponga a la torre a esfuerzos de torsión resultantes del desbalance longitudinal entre los cables que excedan las limitaciones establecidas anteriormente.

Tensiones de tendido

La tensión de tendido será uniforme y constante durante todo el tiempo de trabajo.

La tensión máxima no excederá del 75% de la tensión dada en las tablas de tendido para las condiciones de cálculo EDS.

Se requiere que las tensiones de tendido estén cerca del máximo permisible a fin de prevenir daño interno del cable OPGW, y mantener pequeñas variaciones de tensión.

Inmediatamente de terminado el tendido de una sección de la línea, la tensión se aumentará hasta el 75% de la tensión de tensado.

Se evitará excesiva longitud de cable entre los carretes y las ruedas de giro aplicando frenos a los carretes y asegurando una tensión constante en el cable sin exceder los 250 kg por cable OPGW.

Carretes

El Contratista debe cargar, transportar y descargar en las bodegas todos los carretes vacíos y os que contienen sobrantes del tendido de cable OPGW. Los sobrantes se deberán entregar en las bodegas debidamente documentadas las cantidades de material reintegrado.

Cajas de empalme para la F.O.

Se deberán instalar cajas para efectuar los empalmes entre los diferentes carretes del cable de F.O., que serán instalados en torres intermedias.

Las cajas permitirán la instalación en la parte más alta de las torres intermedias y cumplir con las siguientes características mínimas:

- Contar con espacio suficiente para alojar un cable de F.O. de reserva.
- Contar con espacio suficiente para alojar y soportar los empalmes de F.O. debidamente protegidos.
- A prueba de balas.
- A prueba de intemperie, con cerramiento hermético que impida la entrada de humedad.
- Mínimo número de empalmes en toda la trayectoria de la línea.

Los empalmes se deberán realizar siempre en una torre, a nivel del suelo, y el cable se deberá enrollar y suspender de la parte superior de la torre para garantizar su protección contra vandalismo.

Para los empalmes se deberán utilizar cajas apropiadas que ofrezcan protección a la intemperie y sean totalmente herméticas. Estas cajas se deberán instalar en las torres y en los pórticos de las subestaciones.

Los empalmes deberán efectuarse mediante el método de fusión térmica. La porción de cable de F.O. empalmada deberá ser protegida mediante un tubo aislante de plástico.

Todo quedará debidamente señalizado.

Cajas de empalme para pórticos

Se deberán instalar cajas para efectuar los empalmes entre los cables OPGW y armado en los pórticos de las subestaciones. Las cajas de empalme serán para 2 tipos de cable, ARMADO y OPGW.

Deberán cumplir con todas las condiciones del apartado anterior.

Cable de llegada de F.O. tipo armado

Deberá realizar las obras civiles para tramo canalizado o bajo tubo.

Deberá tender el cable de llegada a las salas de comunicaciones de cada subestación, para lo que deberá proveer los materiales y accesorios necesarios, como son grapas, tuberías, mangueras, etc.

Dejará cable de reserva y realizará su disposición en los tramos canalizados o bajo tubos. Todo quedará debidamente señalizado.

Caja terminal de F.O. ODF's para postes y torres

Similarmente a las cajas, los empalmes de la F.O. con los pig tails deberán efectuarse mediante el método de fusión térmica. La porción de cable de F.O. empalmada deberá ser protegida mediante un tubo aislante de plástico y se unirán con el otro extremo de la fibra con un adaptador del mismo tipo del Terminal Óptico utilizado. Todo quedará debidamente señalado.

Equipo terminal de F.O. ODF's

Efectuará el montaje del bastidor o rack del ODF de las subestaciones. Caso de requerirse obra civil para tal cometido, el Contratista deberá cubrir con todos los costos que esto demande.

Estará montado en el bastidor o rack de la sala de comunicaciones y se utilizará pig tails para, por el método de fusión térmica, unirlos con la F.O. terminal del cable dieléctrico, y luego se conectarán a los conectores correspondientes. Todo quedará debidamente señalado.

Grapas de retención

Para la fijación del cable OPGW, debe tenerse en cuenta que dicha actividad debe tener en cuenta las ventajas del cable, que el proceso de empalme requiere, y su enrollado posterior en la torre cerca de la caja de empalme asegurando las condiciones electromecánicas requeridas.

Puentes

Todos los puentes de los ensamblajes de retención se instalarán como se muestra en los planos.

Tensado, regulado (templado)

Los métodos de tensado y regulado (Templado) a utilizarse deben ser previamente aprobados por la D.O. El templado del cable OPGW se realizará como máximo 24 horas después de haber sido colocado en las poleas. No se permitirá pretensado del cable OPGW. Los datos de flechas y tensiones serán suministrados por la D.O. Se considerará el "creep" inicial únicamente si se efectúa el templado después de tres horas de la operación de tendido.

Durante la operación de templado todo el cable OPGW permanecerá en poleas. La operación de templado se efectuará únicamente bajo condiciones atmosféricas favorables, relativamente sin viento con temperaturas sobre 10°C.

Control de templado

En todos los sectores comprendidos entre retenciones deben ser medidas las flechas:

- En los vanos de control, 2 para tramos entre 2 y 10 vanos, y 3 para tramos de más de 1 vano.

- Todos los vanos de longitud superior a 600 m, y vanos con ángulo vertical pronunciado. Los vanos de control serán seleccionados por el Contratista, prefiriendo los de mayor longitud y de buena ubicación del teodolito para el flechado. Estos vanos deben ser aprobados por la Dirección de Obra.

Se permitirá una tolerancia de más de 20 cm y menos del 3% de los valores de flechas tabulados en cualquier vano. El Contratista debe comprobar que se obtengan las distancias necesarias tanto a tierra como a otros obstáculos tales como líneas eléctricas, etc., y además verificará que los de suspensión mantengan su posición vertical después del engrapado.

Para definir la temperatura de templado, se usará un termómetro aprobado, el cual debe estar insertado en el núcleo de un tramo de cable OPGW de longitud adecuada. Este tramo de cable OPGW se pondrá a pleno sol a una altura de por lo menos cuatro metros sobre el suelo, y durante un periodo de tiempo no menor a 30 minutos antes de la operación de templado. La temperatura que se lea se empleará como temperatura de templado.

Antes de empezar la operación de templado, el Contratista preparará y remitirá a la Dirección de Obra para su aprobación, un programa de trabajos incluyendo la siguiente información:

- Identificación de la sección de la línea a ser templada, indicando los números de las estructuras que la limitan.
- Método a emplearse en el templado de cada sección.
- Identificación de los vanos de control en cada sección de templado.
- Localización y tipo de tensores temporales que se propone usar en cada sección de templado.

Al fin de cada operación de templado, el Contratista remitirá a la Dirección de Obra un informe por triplicado que contenga las flechas de las operaciones de tendido y templado, número de las estructuras de los extremos de los vanos templado, flechas medidas, factores de corrección usados debido al "creep", método de medición de flechas y temperatura al momento de la medición.

La Dirección de Obra verificará las flechas, y en caso de que los valores medidos se encuentren fuera de las tolerancias especificadas, el Contratista a su costo debe efectuar las correcciones correspondientes.

Engrapado

El cable OPGW será engrapado luego del templado, para lo cual se marcará con presión el sitio de engrapado. Las marcas para el engrapado se harán en el punto en el cual el cable OPGW corta al plano vertical que contiene el eje central de las crucetas, excepto cuando se requiera un engrapado con desplazamiento horizontal (offset). Cuando se requiera un engrapado con desplazamiento horizontal, al cable OPGW debe venir marcado en el sitio de fijación de la grapa de suspensión midiendo sobre el cable la distancia del desplazamiento especificado partiendo del punto de corte anteriormente definido.

Los datos para engrapado con desplazamiento horizontal serán suministrados por la D.O.

El Contratista debe disponer de personal experimentado y equipo adecuado para transferir el cable OPGW desde las poleas de tendido hacia las grapas de sujeción definitivas.

Amortiguadores de vibración, balizas de señalización y salvapájaros

El Contratista debe instalar amortiguadores de vibración como se especifica en los planos. La ubicación de los amortiguadores de vibración para el cable OPGW será la señalada por el fabricante.

Los amortiguadores deben fijarse en tal forma que cuelguen todos en un plano vertical y el Contratista verificará que los huecos de drenaje queden trabajando después de su colocación.

Los amortiguadores de vibración deben instalarse dentro de las 24 horas siguientes al engrapado de los cables OPGW, a excepción de aquellos casos donde la Dirección de Obra ordene que se instalen inmediatamente.

Las balizas de señalización se instalarán conforme a los datos entregados por la D.O., al igual que los dispositivos salvapájaros.

3.2.18 Reposición del terreno

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza, o retiradas a vertedero en caso contrario, todo lo cual será a cargo del Contratista.

Todos los daños serán por cuenta del Contratista, salvo aquellos aceptados por el Director de Obra.

3.2.19 Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico

Su numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La placa de señalización de "Riesgo Eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo. Deberá cumplir las características señaladas en la Recomendación UNESA 0203.

3.2.20 Tomas de tierra

El trabajo detallado en este epígrafe comprende la apertura y cierre del foso y zanja para la hinca del electrodo (o colocación del anillo), así como la conexión del electrodo, o anillo, al apoyo a través del macizo de hormigón.

Podrá efectuarse por cualquiera de los dos sistemas siguientes: Electroodos de difusión o Anillos cerrados. Cuando los apoyos soporten interruptores, seccionadores u otros aparatos de maniobra, deberán disponer de tomas de tierra de tipo de anillos cerrados.

3.2.21 Electroodos de difusión

Cada apoyo dispondrá de tantos electrodos de difusión como sean necesarios para obtener una resistencia de difusión no superior a 20 ohmios, los cuales se conectarán entre sí y al apoyo por medio de un cable de cobre de 35 mm² de sección, pudiendo admitirse dos cables de acero galvanizado de 50 mm² de sección cada uno.

Al pozo de cada electrodo se le dará una profundidad tal que el extremo superior de cada uno, ya hincado, quede como mínimo a 0,50 m. por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre los electrodos y el apoyo.

Los electrodos deben quedar aproximadamente a unos 80 cm. del macizo de hormigón. Cuando sean necesarios más de un electrodo, la separación entre ellos será, como mínimo, vez y media la longitud de uno de ellos, pero nunca quedarán a menos de 5 m. del macizo de hormigón.

3.2.22 Anillo cerrado

La resistencia de difusión no será superior a 20 ohmios, para lo cual se dispondrá de tantos electrodos de difusión como sean necesarios con un mínimo de dos electrodos.

El anillo de difusión estará realizado con cable de cobre de 35 mm², pudiendo admitirse dos cables de acero galvanizado de 50 mm² de sección cada uno. Igual naturaleza y sección tendrán los conductores de conexión al apoyo.

El anillo estará enterrado a 50 cm. de profundidad y de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m., como mínimo, de las aristas del macizo de cimentación.

3.2.23 Comprobación de los valores de resistencia de difusión

El Contratista facilitará a la Dirección Técnica, para su comprobación, los valores de resistencia de puesta a tierra de todos y cada uno de los apoyos.

3.3 Ejecución del trabajo subterráneo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.3.1 Trazado

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc.

Se procurará causar los mínimos daños posibles en la propiedad, ajustándose a los compromisos adquiridos con el propietario antes de la ejecución de las obras.

En entornos rurales se mantendrán cerradas las propiedades atravesadas, en caso de posibilidad de presencia de ganado.

En instalaciones entubadas se respetarán los radios de curvatura mínimos precisos dependiendo del diámetro exterior del tubo, de tal forma que en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 160mm, se respetará un radio de curvatura mínimo de 8m; en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior de 200mm, se respetará un radio de curvatura mínimo de 10m; y en instalaciones bajo tubo de diámetro exterior 250mm, se respetará un radio de curvatura mínimo de 12,5m.

3.3.2 Apertura de zanjas

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados por la Compañía.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 500 mm entre la zanja y las tierras extraídas o cualquier otro objeto, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Las tierras extraídas se apilarán de forma adecuada para su posterior uso, en caso de que las autoridades lo permitan, o para su posterior evacuación a vertedero autorizado. Se prestará especial atención para no mezclarla con agentes contaminantes que pudieran dañar el medio ambiente o impedir su posible reutilización.

Canalización

En este tipo de canalización se instalará un cable por tubo. Los tubos serán independientes entre sí y se ajustarán a lo indicado en la edición vigente de la Especificación de Materiales "Tuberías plásticas corrugadas de doble pared para líneas subterráneas" de REE, siendo sus principales características:

- Tubo de polietileno de alta densidad o polipropileno, de doble pared, lisa la interna y corrugada la externa.
- Diámetro exterior de 110mm.
- Con uniones entre tubos mediante manguitos con junta de estanqueidad.

La disposición de los tubos, que será siempre al tresbolillo, vendrá obligada por el empleo de separadores, situados cada 3 m (dos por tramo de tubo).

Los separadores serán de tipo plástico, compuestos a partir material libre de halógenos y proporcionarán suficiente rigidez mecánica para soportar los esfuerzos electrodinámicos tanto en el momento de instalación como en servicio. La forma del separador obligará al formado del tresbolillo de los tubos, introduciendo una separación entre los tubos.

En caso de separadores de tubos de 250 mm de diámetro exterior, dispondrán en el mismo cuerpo de habitáculos para los tubos de cables equipotenciales y testigo de hormigonado para el encofrado. En caso de separador de tubos de menor diámetro no serán obligatorios estos dos requisitos, pero dispondrán de piezas conectoras para la correcta fijación de los tubos para el conductor equipotencial. Se respetará un radio de 100 mm alrededor de los tubos, sin que se ubique ningún otro elemento, para lo que se realizarán las etapas necesarias en las fases de hormigonado respetando las canalizaciones descritas según los planos.

El encofrado de hormigón ocupará toda la anchura de la canalización. La altura del encofrado será de 783 mm para tubos de diámetros exterior de 110 mm, 858 mm para tubos de diámetro exterior 200 mm y 977 mm para tubos de diámetro exterior 250mm. Para el encofrado de hormigón se utilizará en todo caso hormigón en masa HM-20/B/20 según la norma EHE-08. Las clases general y específica de exposición se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

A continuación, se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta señalizadora por terna (el material, dimensiones, color, etc. de la cinta de señalización será el indicado en la edición vigente de la Especificación de Materiales de REE distribución "Cinta de polietileno para señalización subterránea de cables enterrados", a una profundidad aproximada de 150 mm bajo el pavimento a reponer y situada sobre el eje vertical de cada terna.

3.3.3 Transporte de bobinas de cables

Previamente al traslado, será estudiado el emplazamiento de destino. El transporte de las bobinas se realizará siempre sobre vehículo, manipulándose mediante grúa.

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina. Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Si la bobina se transporta con duelas, se deben proteger convenientemente para que un deterioro de las mismas no afecte al cable.

Cuando se coloquen las bobinas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una con otra, y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y resistentes, con un largo total que cubra completamente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

El almacenamiento de bobinas se realizará sobre firme adecuado, en un lugar donde no pueda acumularse agua. En lugares húmedos se aconseja la separación de las bobinas. No se permitirá el apilamiento de bobinas. Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

3.3.4 Tendido de cables

Tendido de conductores

Antes de iniciar la instalación del cable hay que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin se procederá a mandrilar los tubos de la instalación según los diámetros interiores de los mismos. Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación. Esta operación se deberá realizar obligatoriamente en presencia del director de obra.

Después del mandrilado se procederá a tapar el tubo para evitar la entrada de cuerpos extraños y se levantará acta de esta actividad.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y un radio de curvatura una vez instalado de 10 ($D+d$), siendo D el diámetro exterior del cable y d el diámetro del conductor.

Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja, estarán comunicados y en disposición de detener el proceso de tendido en cualquier momento. A medida que vaya extrayendo el cable de la bobina, se hará inspección visual de cualquier deterioro del cable.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo.

El tendido se hará obligatoriamente a través de rodillos que puedan girar libremente, y contruidos de forma que no dañen el cable. La superficie de los rodillos será lisa, libre de rebabas o cualquier deformación que pudiera dañar el cable. Los rodillos se montarán sobre rodamientos convenientemente lubricados, para lo que se dispondrán los equipos de engrase convenientes. El diámetro del rodillo será, como mínimo, de 2/3 partes el diámetro del conductor.

Solo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable, debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentarse antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o exponiéndolos a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado. Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al director de obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá entubar la canalización, asegurándola con hormigón en el tramo afectado. Nunca se pasará más de un cable por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable, los tubos se tapanán de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

En instalaciones bajo tubo, se tendrá especial cuidado en la boca del tubo para no producir rayaduras en la cubierta del cable. Se colocará un rodillo a la entrada del tubo o, en su defecto, se utilizarán boquillas protectoras.

Tendido de cable de puesta a tierra

La sección de cada cable de tierra no será en ningún caso inferior a la sección de la pantalla y, en cualquier caso, soportará una intensidad de cortocircuito admisible en régimen no adiabático superior a la soportada por la pantalla. Para el mandrilado del tubo utilizado para el tendido de los conductores equipotenciales, se emplearán medios mecánicos y no manuales, como máquina de tiro con limitador de esfuerzo. El mandril será suministrado por el contratista.

3.3.5 Protección mecánica

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

En instalaciones enterradas bajo tubo, el tubo actuará como protección mecánica. Para ello se colocará una placa de polietileno de alta densidad o polipropileno. Los elementos de protección tendrán una adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y un impacto de energía de 40 J.

3.3.6 Señalización

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una, colocada a una distancia mínima de 100 mm del suelo y a una distancia mínima de 300 mm de la parte superior del cable. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

3.3.7 Identificación

Los cables deberán llevar grabado de forma indeleble y fácilmente legible, como mínimo, los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Referencia de fabricación del cable.

- Designación completa del cable.
- Dos últimas cifras del año de fabricación.
- Código UF.
- Orden o lote de fabricación.

La separación máxima entre dos marcas consecutivas será de un metro. En el marcado del cable deberán indicarse convenientemente las propiedades de comportamiento al fuego y obturación del conductor cuando proceda. En el marcado del cable deberán indicarse convenientemente las propiedades de comportamiento al fuego y obturación del conductor cuando proceda.

3.3.8 Cierre de zanjas

Para efectuar el cierre de zanjas, se rellenarán estas con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario.

Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, empleando un rodillo vibratorio compactador manual hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

En el caso de canalización bajo tubo sin hormigonar, las dos primeras tongadas se pasarán con el rodillo sin vibrar, vibrándose el resto. Se procurará que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección (tubos o placas de polietileno) estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

A fin de lograr una buena compactación, no se realizará el cierre de la zanja en las 24 horas posteriores al hormigonado de las mismas ni se emplearán tierras excesivamente húmedas.

3.3.9 Reposición de pavimentos

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos o el organismo afectado. La reposición de capas asfálticas tendrá un espesor mínimo de 70 mm, salvo indicación expresa del organismo afectado.

3.3.10 Puesta a tierra

Las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra según el esquema de conexión que se vaya a emplear.

Los electrodos de puesta a tierra están constituidos, bien por picas de acero-cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos.

En las terminaciones de las subestaciones, se empleará el electrodo de puesta a tierra propio de la subestación.

Las uniones de todos los elementos enterrados se realizarán mediante soldadura aluminotérmica.

3.3.11 Agua

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

3.4 Paso aéreo-subterráneo

En el paso aéreo a subterráneo aplicará lo indicado en documento Memoria Descriptiva.

3.4.1 Hormigonado

El hormigonado se realizará de acuerdo a los planos de canalizaciones del Documento Planos y conforme al artículo 52º "Elementos estructurales de hormigón en masa" de la norma EHE 08, empleándose un hormigón HM 20/B/20. Esta definición, se corresponde con un hormigón en masa (HM) no estructural, lo que determina una resistencia característica mínima de 20 N/mm² según la EHE 08. La consistencia será blanda (B) y el tamaño máximo de árido empleado será de 20. Con referencia a las clases general y específica de exposición, se especificarán en caso necesario en función de la agresividad prevista del terreno para cada proyecto específico.

Antes de realizar las cimentaciones el contratista realizará el replanteo y estaquillado de los apoyos comprobando que los planos de planta y perfil del proyecto se ajustan a la realidad existente en el momento de realizar la línea indicando cualquier divergencia existente a la dirección de obra.

3.4.2 Protección mecánica

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas.

En instalaciones enterradas bajo tubo, el tubo actuará como protección mecánica. Estos tendrán características según las requeridas por la Especificación de Materiales la compañía de distribución "Tuberías plásticas corrugadas de doble pared para líneas subterráneas".

Para ello se colocará una placa de polietileno de alta densidad o polipropileno según la edición vigente de la Especificación de Materiales de la compañía de distribución "Placa de Polietileno para protección de cables enterrados".

Los elementos de protección tendrán una adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y un impacto de energía de 40 J.

3.4.3 Señalización

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la especificación de materiales de la compañía de distribución, colocada a una distancia mínima de 100 mm del suelo y a una distancia mínima de 300 mm de la parte superior del cable. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

3.4.4 Cierre de zanja

Para efectuar el cierre de zanjas, se rellenarán estas con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario.

Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, empleando un rodillo vibratorio compactador manual hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P.M.).

En el caso de canalización bajo tubo sin hormigonar, las dos primeras tongadas se pasarán con el rodillo sin vibrar, vibrándose el resto.

Se procurará que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección (tubos o placas de polietileno) estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

A fin de lograr una buena compactación, no se realizará el cierre de la zanja en las 24 horas posteriores al hormigonado de las mismas ni se emplearán tierras excesivamente húmedas.

3.4.5 Reposición de pavimentos

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos o el organismo afectado. La reposición de capas asfálticas tendrá un espesor mínimo de 70 mm, salvo indicación expresa del organismo afectado.

3.4.6 Ejecución de la puesta a tierra

Las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra según el esquema de conexión que se vaya a utilizar.

Los electrodos de puesta a tierra están constituidos, bien por picas de acero cobre, bien por conductores de cobre desnudo enterrados horizontalmente, o bien por combinación de ambos.

En las terminaciones de las subestaciones, se empleará el electrodo de puesta a tierra propio de la subestación. Las uniones de todos los elementos enterrados se realizarán mediante soldadura aluminotérmica.

3.5 Materiales

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exige el presente Proyecto Tipo. El Director de Obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

Los materiales empleados en la instalación serán suministrados por el contratista, siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares. No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

3.5.1 Reconocimiento y admisión de materiales

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

3.5.2 Apoyos

Los apoyos de hormigón cumplirán las características señaladas en la Recomendación UNESA 6703 y en la Norma UNE 21080. Llevarán borne de puesta a tierra.

Los apoyos metálicos estarán contruidos con perfiles laminados de acero de los seleccionados en la Recomendación UNESA 6702 y de acuerdo con la Norma 36531-1ª R.

3.5.3 Herrajes

Serán del tipo indicado en el Proyecto. Todos estarán galvanizados. Los soportes para aisladores rígidos responderán a la Recomendación UNESA 6626.

Los herrajes para las cadenas de suspensión y amarre cumplirán con las Normas UNE 21009, 21073 y 21124-76.

En donde sea necesario adoptar disposiciones de seguridad se emplearán varillas preformadas de acuerdo con la Recomendación UNESA 6617.

3.5.4 Aisladores

Los aisladores rígidos responderán a la Recomendación UNESA 6612.

Los aisladores empleados en las cadenas de suspensión o anclaje responderán a las especificaciones de la Norma UNE 21002. En cualquier caso, el tipo de aislador será el que figura en el Proyecto.

3.5.5 Conductores

Serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Recomendación UNESA 3403 y con las especificaciones de la Norma UNE 21016.

4. Reposición de obra

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificará que los trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones general y de más pliegos de condiciones particulares.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra. El director de obra contestará por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

4.1 Calidad de las cimentaciones

El director de obra verificará que las dimensiones de las cimentaciones y las características mecánicas del terreno se ajustan a las establecidas en el proyecto.

Asimismo, podrá encargar la ejecución de los ensayos de resistencia característica del hormigón utilizado en la cimentación tal y como lo establecen el Art. 86º de la EHE-08. El contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

4.2 Tolerancias de ejecución

4.2.1 Desplazamiento de apoyos sobre su alineación

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a $(D/100) + 10$, expresada en centímetros.

4.2.2 Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal

No debe suponer aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Proyecto Específico.

4.2.3 Verticalidad de los apoyos

En los apoyos de alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

4.2.4 Altura de flechas

Los errores máximos admitidos en las flechas, cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán:

- De +/-3% En el conductor que se regula.
- De +/-3% Entre los conductores situados en un plano vertical.
- De +/-6% Entre los conductores situados en un plano horizontal.

La medición de flechas se realizará según norma UNE 21101.

4.2.5 Estado y colocación de los aisladores y herrajes

Se comprobará que el montaje de cadenas de aisladores, crucetas aislantes y herrajes, son correctos y conforme a los planos de montaje.

No se admitirá una desviación horizontal de las cadenas de aisladores de suspensión superior al 1% de la longitud de la cadena ni un giro superior a 2° en las crucetas aislantes giratorias.

4.2.6 Distancias a masa

Se comprobará que las distancias fase-tierra son mayores que las mínimas establecidas en el apdo. 5.4.2 de la ITC 07 del RLAT.



5. Conclusiones

El presente pliego de condiciones y los documentos que se acompañan, creemos, serán elementos suficientes para poder formar juicio exacto de la instalación proyectada, y pueda servir de base para la tramitación del expediente de autorización que se desea obtener.



Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**

**Documento N°4:
Estudio de Seguridad y Salud**

Tayan Investment 13, S.L.

Código y revisión: T&I-013357-GEN-450.00.03-R00

Fecha: 09/04/2025

Hoja de control de revisiones

Revisión	Fecha	Motivo de la revisión	Realizado	Revisado	Aprobado
00	09/04/25	Documento de nueva creación	AM	SSC	JCCR

Índice

1.	Objeto	6
2.	Descripción de los trabajos	7
2.1	Descripción de la obra.....	7
2.2	Actividades principales.....	7
3.	Identificación de los riesgos	8
3.1	Acopio de materiales.....	9
3.2	Excavación, canalización y hormigonado	9
3.3	Armado e izado	10
3.4	Tendido y regulado.....	10
3.5	Tendido de los conductores subterráneos	11
4.	Medidas preventivas	11
4.1	Falta de atención.....	12
4.2	Orden y limpieza.....	12
4.3	Fallos técnicos	14
4.3.1	Vehículos.....	15
4.3.2	Máquina retroexcavadora.....	17
4.3.3	Grúas	18
4.3.4	Camión basculante	19
4.3.5	Martillo compresor.....	20
4.3.6	Maquinaria compactadora.....	21
4.3.7	Máquina de soldadura	22
4.3.8	Radiales	23
4.3.9	Grupos electrógenos.....	23

4.3.10	Cabrestantes	24
4.3.11	Máquinas de compresión	25
4.3.12	Herramientas de mano	26
4.4	Camiones hormigonera	28
4.4.1	Dumpers	29
4.4.2	Comportamientos inseguros	30
4.4.3	Señalización	30
4.4.4	Mala higiene postural o ambiental	30
4.4.5	Trabajos en altura	30
4.4.6	Riesgos eléctrico Alta Tensión	31
4.4.7	Accidentes "in itinere" o de desplazamiento	32
5.	Organización de la obra	32
5.1	Responsables de seguridad de en obra	32
5.2	Reuniones de seguridad en obra	33
5.3	Equipos de protección individual y colectivos	33
5.4	Formación de los trabajadores	33
5.5	Paralización de los trabajos	34
5.6	Libro de incidencias	34
5.7	Plan de evacuación y emergencia. Primeros auxilios	35
5.8	Botiquín	35
6.	Plan de seguridad	35
6.1	Presupuesto de seguridad y salud	36

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas SE Colectora Tan Energy (132/30 kV).....	7
Tabla 2. Coordenadas SET Colectora Pinar del Rey.....	7
Tabla 3. Presupuesto de seguridad y salud.....	37

1. Objeto

El presente estudio establece las medidas de seguridad que deben adoptarse en los trabajos de construcción de las instalaciones objeto de este Proyecto.

Este estudio servirá para establecer las directrices básicas en materia de seguridad en obra, facilitando la aplicación que la dirección facultativa debe realizar de las normas de seguridad y salud según el R. D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad en las obras de construcción.

Este Estudio tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la obra. Este deberá incluirse como anexo a todos los contratos firmados entre el promotor y las empresas Contratistas que intervengan en la obra, así como en los que éstas suscriban con los Subcontratistas que vayan a contratar.

La empresa contratista quedará obligada a elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este estudio.

El Estudio de Seguridad tiene por objeto definir y desarrollar las líneas generales de actuación en Seguridad y Salud Laboral de todas las empresas y trabajadores que intervienen en la obra, cualquiera que sea su carácter o participación, estableciendo consecuentemente las medidas oportunas para la vigilancia de su funcionamiento y el control de sus resultados. Concebido fundamentalmente como una conjunción de acciones en el campo de la prevención, este Estudio debe conseguir los siguientes objetivos fundamentales:

- Evitar los posibles riesgos propios de la actividad a realizar, facilitando los elementos de protección colectiva y personales que sean necesarios para garantizar la integridad física de los trabajadores.
- Atender las necesidades de los trabajadores en caso de accidente, habilitando los adecuados medios de transporte y asistencia médica.
- Organizar las acciones preventivas de forma que la acción resulte técnicamente idónea y económicamente rentable.
- Cumplir las disposiciones legales vigentes relativas a la Seguridad y Salud Laboral, procurando la mayor eficacia en la aplicación de las diferentes medidas preceptivas.

2. Descripción de los trabajos

2.1 Descripción de la obra

La obra consiste en la nueva construcción de una nueva línea de enlace aéreo-subterránea de alta tensión (LAT), de 132kV que discurre por la provincia de Cádiz.

El origen de la línea eléctrica estará en la futura Subestación Colectora Tan Energy 132/30KV, donde se centralizará la energía producida por las plantas fotovoltaicas proyectadas en los terrenos colindantes a la misma zona. Esta subestación se sitúa en el Término Municipal Jimena de la Frontera (Cádiz), en las coordenadas ERTS89/UTM 30N:

SE Colectora Tan Energy (132/30 kV)	
285.661,61 mE	4.033.995,44 mN

Tabla 1. Coordenadas SE Colectora Tan Energy (132/30 kV).

El punto final de la línea eléctrica estará en la SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV. Esta subestación se sitúa en el Término Municipal de San Roque (Cádiz), en las coordenadas ERTS89/UTM 30N:

SET Colectora Pinar del Rey	
283.092,00 mE	4.013.404,00 mN

Tabla 2. Coordenadas SET Colectora Pinar del Rey.

La línea proyectada es de 132kV y estará formada por un tramo aéreo y otro subterráneo, tal y como se define en la Memoria Descriptiva.

2.2 Actividades principales

Las principales actividades para ejecutar para el desarrollo del trabajo son:

- Acopio y manipulación de materiales, Los materiales para instalar provenientes de los suministradores se descargarán con medios mecánicos.
- Replanteo y estaquillado.
- Implantación de obra y señalización.
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.

- Movimiento de tierras y obras de excavación. La excavación se realizará por medios mecánicos, manuales o combinados.
- Encofrados y hormigonado.
- Montaje de estructuras metálicas y prefabricados.
- Maniobras de izado, situación en obra y montaje, en esta fase se unen las piezas del recrecido (barras, cartelas y casquillos) mediante tornillos. Posteriormente se iza el apoyo y se instala el recrecido en su base.
- Tendido, regulado, engrapado, conexionado de conductores. Se regularán los conductores y cables de tierra sobre sus cadenas de aislamiento y conjuntos de herrajes tras la instalación del recrecido.
- Colocación de accesorios.
- Tendido y montaje del cable subterráneo y de sus accesorios.
- Conexionado de los conductores.
- Desmontaje de estructuras y equipos.
- Desescombro y retirada.
- Retirada de materiales y equipos existentes dentro de la obra.

Puesta en servicio de la instalación, se procede a conectar eléctricamente la línea a ambas subestaciones.

3. Identificación de los riesgos

Las empresas contratistas adjudicatarias de los trabajos han de considerar que la evaluación de los riesgos de cada una de las actividades de construcción de líneas supone el análisis previo de:

- Las condiciones generales de trabajo, las máquinas y equipos que se manejen, las instalaciones próximas existentes y los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y ordenación del trabajo, las cuales influyen en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores, especialmente aquellos sensibles a ciertos riesgos.

No obstante, se muestran a continuación, las distintas fases en las que se divide la ejecución de la obra y los riesgos laborales identificados para cada una. La valoración de riesgos se conocerá en cada momento tras realizar inspecciones de los trabajos.

3.1 Acopio de materiales

Dentro de esta fase de obra, consideraremos las siguientes operaciones a realizar:

- Excavación.
- Cimentación: será la correspondiente a una caseta de equipos electrónicos y postes de fijación de líneas eléctricas.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Tráfico.

3.2 Excavación, canalización y hormigonado

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques y golpes.
- Sepultamiento.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.

- Trafico.

3.3 Armado e izado

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques y golpes.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Trafico.
- Condiciones ambientales del puesto.

3.4 Tendido y regulado

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques y golpes.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Sepultamiento.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Trafico.
- Condiciones ambientales del puesto.

3.5 Tendido de los conductores subterráneos

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques y golpes.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Sepultamiento.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Trafico.
- Condiciones ambientales del puesto.

4. Medidas preventivas

De forma general, las medidas de prevención y de protección para cada uno de los riesgos se detallan en la normativa indicada en el pliego de condiciones, incluyéndose tanto normativa legal como interna de REE.

La práctica totalidad de los accidentes laborales se deben a alguna de las siguientes causas:

- Falta de atención.
- Deficiencias en el orden y limpieza.
- Fallos técnicos.
- Comportamientos inseguros.
- No respetar la señalización
- Mala higiene postural o ambiental Trabajos en altura.
- Trabajos en zanjas.
- Riesgos eléctricos.
- Accidentes "in itinere" o de desplazamiento.

A continuación, se identificarán estos riesgos y las medidas preventivas a adoptar.

4.1 Falta de atención

Una gran parte de los accidentes laborales se deben a despistes del trabajador. Para evitar esto se recomiendan las siguientes medidas preventivas:

- El esfuerzo de atención ha de ser constante, pero especialmente al inicio y al final de la jornada laboral, donde se detecta que con frecuencia son los momentos en los que suele decaer la atención.
- Habrá de prestar especial atención al circular por lugares donde haya movimiento de mercancías o de vehículos.
- Se evitará siempre la permanencia bajo cargas suspendidas.
- Se procurará siempre no distraer al resto de los trabajadores mientras realicen su trabajo.

Riesgos asociados a esta actividad

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Choque contra objetos móviles/inmóviles.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- Exposición a ambientes pulvígenos.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Contactos eléctricos.

4.2 Orden y limpieza

Riesgos asociados a esta actividad

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Choque contra objetos móviles/inmóviles.

- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Contactos eléctricos.

El orden y la limpieza hacen que el trabajo sea más seguro. De hecho, el desorden y la suciedad contribuyen a la propagación de incendios, dificultan la evacuación en casos de emergencia y provocan caídas y golpes.

Tanto el Estatuto de los Trabajadores como la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, especifican que el orden y la limpieza en el puesto de trabajo son una responsabilidad del trabajador, sea cual sea el puesto que ocupe, luego será este el que habrá de prestar mayor atención a este respecto.

A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

- La basura se colocará en lugar adecuado y será retirada frecuentemente.
- Se evitará la acumulación en el suelo de desperdicios como virutas, papeles, etc.
- Las manchas de aceite, pintura, grasa, etc., se limpiarán inmediatamente.
- Las herramientas y equipos de trabajo se devolverán a su lugar una vez finalizado su empleo.
- Las herramientas punzantes o cortantes se protegerán para evitar daños.
- Cada producto se almacenará en el lugar adecuado.
- No se almacenará nada en: pasillos, vías de evacuación, delante de salidas de emergencia, extintores, etc.
- La altura de los apilamientos será la adecuada al peso que puedan soportar las cajas, palets, etc.
- Se observarán estrictamente las normas de almacenamiento de todas aquellas sustancias nocivas, corrosivas, explosivas, etc.
- Las botellas y bombonas de combustible se almacenarán en posición vertical y sujetas a la pared mediante bridas que impidan una caída accidental.

En lo referente al acopio de materiales se tomarán las siguientes medidas.

El capataz encargado de la obra buscará un lugar adecuado para el acopio de materiales a pie de obra, velando porque se cumplan las medidas de seguridad durante el proceso de descarga de materiales y que no se interrumpa la circulación, tanto durante la descarga como que los materiales

almacenados no creen ningún peligro tanto para la circulación de vehículos, animales o personas como para las instalaciones, especialmente líneas eléctricas.

Para la elección del lugar de acopio, se ha de tener en cuenta los siguientes preceptos. Se procurará buscar un lugar de fácil acceso, de tal manera que la entrada y salida de camiones y demás vehículos no cree situaciones de riesgo en las vías de acceso y que todas las maniobras se hagan de acuerdo con el código de circulación:

- Se comprobará minuciosamente que en la zona de descarga o almacenamiento no hay líneas eléctricas que puedan en un momento dado presentar un peligro, especialmente a personas ajenas, camioneros, etc.
- Los postes se depositarán correctamente, para poder realizar las acciones de estrobo y desestrobo.
- Las bobinas se depositarán verticalmente, preferentemente en zona llana y, en cualquier caso, se calzarán adecuadamente para asegurar su estabilidad. Se emplearán los siguientes equipos de protección individual:
 1. Ropa de trabajo y traje de agua si es necesario.
 2. Botas de seguridad.
 3. Guantes de protección.
 4. Casco de seguridad.

4.3 Fallos técnicos

Riesgos asociados a esta actividad

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- Golpes por objetos o herramientas.

Son aquellos riesgos derivados de fallos en las máquinas y equipos tanto de trabajo como de protección. En caso de que algún trabajador detecte un fallo en las máquinas o equipos, deberá comunicarlo inmediatamente a su inmediato superior. A continuación, se detallan las máquinas a emplear en la realización de los trabajos, así como los riesgos más frecuentes que presentan y las

normas de seguridad aplicables y las protecciones personales y colectivas a emplear. Relación de Maquinaria:

- Vehículos.
- Máquina retroexcavadora.
- Grúas.
- Camión basculante.
- Martillo compresor.
- Maquinaria compactadora.
- Máquina de soldadura.
- Radiales.
- Grupos electrógenos.
- Cabrestantes.
- Máquina de compresión.
- Herramientas de mano

4.3.1 Vehículos

Riesgos asociados a esta actividad

- Golpes/Cortes por objetos y herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamientos por o entre objetos.
- Exposición a ruido.
- Exposición a ambientes pulvígenos.

Vehículos	
Trabajadores afectados	Los utilizarán sólo aquellas personas con el carnet de conducir reglamentario, pero el riesgo de atropello afecta a todos los trabajadores que se encuentren en la obra.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Atropellos y atrapamientos de personas en maniobras. • Choques con elementos fijos de obra. • Vuelcos por estado del terreno.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Respetar todas las normas del Código de Circulación, así como la señalización de obra. • La velocidad de circulación deberá ir en consonancia a la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno. • No abandonar el vehículo con el motor en marcha. • Inspeccionar permanentemente el estado general del vehículo. • No transportar más personas de las oficialmente aprobadas para el vehículo. • No permanecer en las proximidades del vehículo mientras este realice alguna maniobra. • Si se descarga material en las proximidades de zanjas o pozos, se aproximará a una distancia máxima de un metro garantizando ésta mediante topes.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Uso obligatorio del cinturón de seguridad.

4.3.2 Máquina retroexcavadora

Retroexcavadora	
Trabajadores afectados	Los utilizarán sólo aquellas personas con el carnet reglamentario, pero el riesgo de golpes afecta a todos los trabajadores que se encuentren en la obra.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Vuelcos por hundimiento del terreno. • Golpes a personas o cosas en el movimiento de giro.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • No se realizarán reparaciones con la máquina funcionando. • La cabina estará dotada de extintor de incendios. • La intención de ponerse en movimiento se indicará con el claxon. • El conductor no abandonará la máquina sin parar el motor y en caso de pendiente, embragará la marcha contraria al sentido de la misma. El personal de obra estará fuera del radio de acción de la máquina. • Al circular lo hará con la cuchara plegada. • Al finalizar el trabajo o en descansos, la cuchara quedará apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina, desconectando la batería y quitando la llave de contacto. • Durante las excavaciones la máquina estará calzada al terreno mediante sus zapatas hidráulicas.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Ropa de trabajo adecuada. • Botas antideslizantes.

4.3.3 Grúas

Grúas	
Trabajadores afectados	Todos se verán afectados por los riesgos de atrapamiento o de desprendimiento.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Choques con elementos fijos de obra. • Atrapamiento de personas en maniobras. • Vuelcos por estado del terreno. • Desprendimiento de cargas.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • La grúa deberá estar en perfectas condiciones mecánicas para llevar a cabo el trabajo de modo seguro. En especial no se iniciará el mismo si el circuito hidráulico tiene alguna pérdida visible. Deberá haber pasado las inspecciones reglamentarias correspondientes. • No se sobrepasará la capacidad de carga de la grúa. • La grúa deberá posicionarse correctamente y su peso deberá ser suspendido por los gatos estabilizadores de la misma. Si dichos gatos apoyan en un terreno poco firme y provoca la oscilación de la grúa, se suspenderá el izado de la carga y se buscará un mejor emplazamiento. Los elementos de sujeción deberán estar debidamente homologados. • El gruista no abandonará la cabina nunca con el motor de esta en marcha.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Ropa de trabajo adecuada. • Guantes. • Botas de seguridad.
Protecciones colectivas	<ul style="list-style-type: none"> • Cinta señalizadora. • Vallas.

4.3.4 Camión basculante

Camión basculante	
Trabajadores afectados	Los utilizarán sólo aquellas personas con el carnet de conducir reglamentario, pero el riesgo de atropello afecta a todos los trabajadores que se encuentren en la obra.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Choques con elementos fijos de obra. • Atropello y atrapamiento de personas en maniobras. • Vuelcos por el estado del terreno
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • No se emprenderá la marcha sin bajar la caja del camión realizándose dicha bajada inmediatamente después de la descarga. • Respetar todas las normas del Código de Circulación, así como la señalización de obra. • La velocidad de circulación estará en consonancia a la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno. • Durante la carga, permanecerá fuera del radio de acción de la máquina y alejado del camión. • Antes de empezar la descarga, tendrá el freno de mano echado. • No permanecerá nadie en las proximidades del camión mientras éste realice maniobras. • Si se descarga material en las proximidades de zanjas o pozos, se aproximará a una distancia máxima de 1m garantizando ésta mediante topes.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Ropa de trabajo adecuada. • Botas antideslizantes.

4.3.5 Martillo compresor

Martillo compresor	
Trabajadores afectados	Todos los trabajadores.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos. • Golpes. • Proyección de objetos. • Ambiente ruidoso. • Generación de polvo.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • No dejar la máquina a ningún operario no autorizado. • La posición de uso puede hacer inclinar la espalda, se usará faja elástica y se evitará el "dolor de riñones", la lumbalgia. • Colocar la unidad lo más nivelada posible y en un ambiente tan limpio como se pueda, en el que la temperatura no exceda de 50°C. El desnivel máximo admisible es de 15° en sentido longitudinal y transversal. • No poner en marcha el compresor en lugares cerrados o poco ventilados. • Los tubos o mangueras de distribución y sus acoplamientos deben ser de tamaño y tipo adecuados para la presión de trabajo. • No utilizar jamás aire comprimido para respirar. • No añadir combustible con el motor en marcha, y mantenerlo alejado de la máquina. • Cerrar las puertas del compresor durante su funcionamiento para mejorar su refrigeración. • Utilizar protectores auditivos cuando el nivel de ruido supere los 90 dB.
Protecciones	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado.

Martillo compresor

personales	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes de protección. • Gafas de protección. • Protectores auditivos. • Botas de seguridad. • Ropa de trabajo adecuada
------------	---

4.3.6 Maquinaria compactadora

Maquinaria compactadora

Trabajadores afectados	Todos los trabajadores.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos. • Golpes. • Máquina en marcha fuera de control. • Proyección de objetos. • Ruido.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Guiar el pisón en avance frontal, evitando desplazamientos laterales. • No dejar el pisón a ningún operario no autorizado. • La posición de guía puede hacer inclinar la espalda, se usará faja elástica y se evitará el "dolor de riñones", la lumbalgia.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Protectores auditivos. • Botas de seguridad. • Ropa de trabajo adecuada.

4.3.7 Máquina de soldadura

Máquina de soldadura	
Trabajadores afectados	Todos los trabajadores.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Electrocución. • Quemaduras. • Deslumbramiento.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • La alimentación a la máquina se realizará siempre con bases de enchufe que soporten la potencia de la máquina, se prohíbe introducir los conductores directamente en el enchufe. • Se dispondrá junto al soldador un recipiente resistente al fuego para recoger los cabos de electrodo calientes con objeto de evitar incendios y quemaduras al personal. • Se conectará la máquina a tierra bien sea con pica de puesta a tierra o al circuito general de tierra de la instalación. • Las tomas de masa se realizarán mediante pinzas de tornillo o de presión que aseguren un contacto adecuado. No se podrán usar circuitos de masa a base de perfiles o redondos de hierro. La toma de masa se deberá hacer siempre sobre la pieza a soldar y nunca sobre estructuras o equipos. • Los cables de pinza y masa serán preferentemente de una sola pieza.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Careta de protección homologada. • Guantes de trabajo. • Ropa de trabajo adecuada.

4.3.8 Radiales

Radiales	
Trabajadores afectados	Todos los trabajadores.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes y amputaciones en extremidades superiores. • Descargas eléctricas. • Rotura de disco. • Proyección de partículas. • Incendios.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • El disco estará dotado de carcasa de protección y seguridad. • Se controlará el estado del disco. • La zona estará limpia de materiales combustibles, para evitar incendios.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Guantes de protección. • Gafas de protección. • Botas de seguridad

4.3.9 Grupos electrógenos

Grupos electrógenos	
Trabajadores afectados	Todos los trabajadores.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Electrocutión. • Inhalación de gases de escape. • Combustible. • Quemaduras.

Grupos electrógenos

<p>Normas básicas de seguridad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El transporte de la máquina se realizará en posición vertical y atada cuidadosamente en el interior del vehículo que la transporte para prevenir posibles fugas de aceite, combustible, etc. • Antes de arrancar la máquina se conectará una toma de tierra. • Se prohíbe la conexión de la misma a redes eléctricas existentes. • No arrancar la máquina cerca de materiales inflamables, gases o vapores. • No arrancar la máquina en lugares cerrados o poco ventilados. • No tocar el escape de la máquina ni las partes cercanas al mismo. • No efectuar operaciones de servicio como control del nivel de aceite, repostaje de combustible, etc. mientras la máquina esté en marcha. • Cualquier conexión o desconexión eléctrica se efectuará con el conector adecuado y con la máquina parada. • Mantenerse alejado de las partes móviles de la máquina y no acercarse a las mismas con prendas largas o libres.
<p>Protecciones personales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes de trabajo. • Ropa de trabajo adecuada.

4.3.10 Cabrestantes

Cabrestante

<p>Trabajadores afectados</p>	<p>Todos los trabajadores.</p>
<p>Riesgos más frecuentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vuelco. • Atrapamiento de extremidades con partes móviles. • Quemaduras.

Cabrestante	
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Situar el cabestrante correctamente buscando una buena salida de los cables y respetando la distancia horizontal entre la máquina y el apoyo, que debe ser mayor a dos veces la altura de este. Nivelar correctamente la máquina y bajar las patas traseras y delanteras hasta la suspensión de la misma. El anclaje de la máquina se realizará con estrobos sujetos a los ojales posteriores de esta. La máquina se conectará a un electrodo de puesta a tierra. No se repostará combustible con la máquina en funcionamiento. Mientras la máquina está en marcha, queda prohibido tocar las partes móviles de esta, y se evitará acercarse a ella con ropas anchas o sueltas. No arrancar la máquina en lugares cerrados o poco ventilados. No tocar el escape de la máquina ni las partes cercanas al mismo.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> Casco de seguridad homologado. Ropa de trabajo adecuada. Guantes de protección
Protecciones colectivas	<ul style="list-style-type: none"> Toma a tierra.

4.3.11 Máquinas de compresión

Máquina de compresión	
Trabajadores afectados	Todos los trabajadores.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> Atrapamiento de extremidades. Proyección de objetos. Golpes.

Máquina de compresión

<p>Normas básicas de seguridad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No superar nunca los valores especificados de presión o fuerza del equipo. • La presión hidráulica no se aplicará a través de mangueras retorcidas. • La bomba no se arrancará a no ser que la válvula esté en posición neutra. • Se proporcionará apoyo firme a la bomba y cabeza de la prensa. • No se repostará combustible con la máquina en funcionamiento. • No arrancar la máquina en lugares cerrados o poco ventilados. • No tocar el escape de la máquina ni las partes cercanas al mismo, ni tocar la cabeza de la prensa mientras esté operando. • Hay que asegurar que se ha cerrado convenientemente la cabeza antes de comenzar la compresión. Y no transportar el equipo sosteniéndolo por las mangueras.
<p>Protecciones personales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Ropa de trabajo adecuada. • Botas de seguridad. • Gafas de seguridad. • Guantes de trabajo.

4.3.12 Herramientas de mano

Herramientas manuales

<p>Trabajadores afectados</p>	<p>Todos los trabajadores.</p>
<p>Riesgos más frecuentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas eléctricas. • Proyección de partículas. • Caídas en altura. • Ambiente ruidoso.

Herramientas manuales	
	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de polvo. • Incendios y explosiones. • Cortes en extremidades.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Todas las máquinas estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad. • Todas las herramientas eléctricas empleadas serán de clase II o III y su tensión de alimentación no excederá de 250 voltios. Cuando se empleen en lugares muy conductores, serán de clase III. • Llevarán incorporado un interruptor tal que el usuario deba mantenerlo pulsado constantemente para la posición de marcha. Además, estará situado de modo que se evite la puesta en marcha accidental. • Las lámparas portátiles empleadas estarán conforme a las normas UNE 20417 y 20-419, provistas de reja protectora y tulipa estanca. Cuando se trabaje en lugares húmedos o conductores su tensión de alimentación será inferior a 24 voltios si no se alimenta por medio de un transformador de separación. • El personal que utilice estas herramientas conocerá las instrucciones de uso. • Las herramientas se revisarán periódicamente. • Estarán acopiadas en un lugar adecuado de la obra, llevándolas al mismo lugar una vez finalizado el trabajo. • No se emplearán herramientas eléctricas sin enchufe, si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión, éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa. • Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Cascos homologados. • Guantes de protección.

Herramientas manuales	
	<ul style="list-style-type: none"> • Protecciones auditivas y oculares en el empleo de máquinas taladradoras y percutoras. • Arnés de seguridad para trabajos en altura.
Protecciones colectivas	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas de trabajo limpias y ordenadas. • Mangueras de alimentación a herramientas en buen estado. • Protección de huecos

4.4 Camiones hormigonera

Hormigonera	
Trabajadores afectados	Los utilizarán sólo aquellas personas con el carnet reglamentario, pero el riesgo de golpes afecta a todos los trabajadores que se encuentren en la obra.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Choques con elementos fijos de obra. • Atrapamiento de personas en maniobras. • Vuelcos por estado del terreno.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de dos metros (como norma general) del borde de las zanjas. • Se prohíbe a los operarios situarse detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso. • La maniobra de vertido será dirigida por un capataz que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Ropa de trabajo adecuada. • Guantes. • Botas de seguridad.

4.4.1 Dumpers

Dumpers	
Trabajadores afectados	Los utilizarán sólo aquellas personas con el carnet reglamentario, pero el riesgo de golpes afecta a todos los trabajadores que se encuentren en la obra.
Riesgos más frecuentes	<ul style="list-style-type: none"> • Choques con elementos fijos de obra. • Atrapamiento de personas en maniobras. • Vuelcos por estado del terreno. • Vuelcos durante el vertido. • Choques por falta de visibilidad.
Normas básicas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • El personal encargado de la conducción será especialista en el manejo del vehículo. • Se prohíbe los colmos del cubilete de los dumper que impidan la visibilidad frontal. • Se prohíbe el transporte de piezas que sobresalgan lateralmente del cubilete del dumper. • Se prohíbe expresamente conducir los dumpers a velocidades superiores a los 20 km/h. • Se prohíbe el transporte de personas sobre los dumpers. • Los dumpers de esta obra estarán dotados de cabina antivuelco y luz estroboscópica giratoria de situación. • Los conductores estarán en posesión del carnet de clase B.
Protecciones personales	<ul style="list-style-type: none"> • Casco de seguridad homologado. • Ropa de trabajo adecuada. • Guantes. • Botas de seguridad.

4.4.2 Comportamientos inseguros

Son aquellos que hacen aumentar la probabilidad de que ocurra un accidente.

1. No usar el material de seguridad, se usará siempre el material de protección necesario según la actividad a desarrollar. Bajo ningún concepto se permitirá retirar o inhabilitar de ningún modo las defensas de las máquinas o herramientas.
2. Uso inapropiado de las máquinas o herramientas, cada herramienta ha sido diseñada para realizar unas funciones y serán estas y no otras las que se efectúen con ellas. No se usarán herramientas para funciones distintas a las que le corresponden (destornilladores como palancas, alicates como martillo, etc.) No se usarán carretillas para transportar personas. Para acceder a lugares altos, se usarán escaleras, no sillas, cajas apiladas, etc.
3. Uso de máquinas o herramientas sin conocer su uso o sin autorización, no se permitirá el uso de máquinas cuyo funcionamiento se desconozca sin la supervisión de una persona experta en su manejo. Las reparaciones en las máquinas las realizarán los técnicos

4.4.3 Señalización

- Se observará de manera estricta lo que exigen o prohíben.
- No se retirará ni moverá ninguna señal de su emplazamiento.
- Las señales estarán siempre visibles, no colocando nada delante de ellas que impida su correcta visualización.
- Cualquier trabajo de mantenimiento habrá de ser señalizado.

4.4.4 Mala higiene postural o ambiental

Determinadas tareas como levantar y desplazar pesos o trabajar sentado o de pie durante muchas horas pueden producir lesiones súbitas (accidentes) o microlesiones (de carácter acumulativo) a no ser que se realicen de modo adecuado. El manejo de materiales, herramientas, etc., se realizará de forma racional, al objeto de evitar sobreesfuerzos y atrapamientos, se tendrá especial cuidado en la coordinación de movimientos. No se admitirá el levantamiento de cargas superiores a 50 kg a mano.

4.4.5 Trabajos en altura

Se considerarán como tales todos aquellos trabajos que presenten peligro de caída superior a los dos metros de altura.

Los trabajos en altura solo podrán efectuarse utilizando medios de acceso seguro. El cinturón de sujeción solo se empleará en trabajos y operaciones en las que el trabajador no necesite desplazarse, o cuando lo hace, las direcciones de sus desplazamientos estén limitadas y no haya posibilidad de caída libre. Siempre que exista posibilidad de caída libre, se emplearán sistemas anticaídas. Con objeto de que la caída libre sea lo menor posible, se emplearán elementos de amarre de corta longitud y se situará el punto de anclaje por encima del usuario y tan lejos de su cintura como se pueda.

4.4.6 Riesgos eléctrico Alta Tensión

Se considera instalación eléctrica de alta tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados cuya finalidad sea producir, convertir, transformar, transmitir, distribuir o utilizar energía eléctrica cuya tensión nominal sea superior a los 1.000 voltios de tensión eficaz compuesta para corriente alterna o 1.500 voltios de tensión entre polos para corriente continua. Los riesgos que se derivan de la manipulación consisten básicamente en entrar en contacto con partes de la instalación que tengan tensión, habitualmente o no, y formar parte del circuito por donde circula una determinada corriente eléctrica. Este contacto puede suceder de forma directa, o más habitualmente en alta tensión, por fenómenos disruptivos; es decir, establecer contacto con la corriente eléctrica sin llegar a tocar físicamente parte de la instalación, pero acortando tanto la distancia al elemento conductor, que la rigidez dieléctrica del aire, en esa distancia y esa tensión, no sea de valor suficiente y se produzca el cebado de un arco eléctrico que haga cerrarse el circuito de defecto en esa instalación. Generalmente este tipo de riesgo aparece en el trabajo en las siguientes actividades:

- Subestaciones.
- Líneas aéreas y subterráneas de A. T.

Cuando se efectúen trabajos en una instalación de alta tensión, o en su proximidad, no podrá considerarse sin tensión a no ser que haya sido señalada como tal o realmente está en descarga y se ha verificado la ausencia de tensión. Se prohíbe manipular directamente los puntos de la instalación que estén en tensión, incluso utilizando guantes aislantes, así como efectuar trabajos sobre los mismos, incluso si se utilizan herramientas aisladas. Esto último no comprende el uso, siguiendo las condiciones reglamentarias, de las pértigas de maniobra y de los dispositivos de verificación de ausencia de tensión. No se procederá a la realización de ninguna maniobra sin el permiso del responsable de los trabajos. Tanto el inicio como la finalización de los trabajos han de comunicarse por escrito al responsable de los trabajos.

Cuando se trabaje en proximidad de instalaciones de alta tensión o en celdas de protección, el trabajo se realizará por parejas, con objeto de tener una mejor vigilancia y más rápido auxilio si fuese necesario. No se podrá abrir o retirar los resguardos de protección de las celdas sin haber comprobado la ausencia de tensión en los aparatos y conductores alojados en ellas. Antes de volver a ponerlas en servicio, han de ser cerradas con el resguardo de protección.

Para el aislamiento eléctrico del personal que maniobre en alta tensión, aparatos de corte incluidos los interruptores, se emplearán al menos, y a la vez, dos de los siguientes elementos de protección:

- Pértiga aislante.
- Guantes aislantes.
- Banqueta o alfombra aislante.
- Conexión equipotencial del mando manual del aparato de corte y plataforma de maniobras.

Siempre se acatarán las "cinco reglas de oro" para trabajos en instalaciones eléctricas:

1. Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad del cierre accidental.
2. Enclavar o bloquear los aparatos de corte siempre que sea posible.
3. Verificar la ausencia de tensión mediante equipo normalizado.
4. Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
5. Delimitar la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes.

4.4.7 Accidentes "in itinere" o de desplazamiento

Son aquellos accidentes que se producen al ir al trabajo o al volver del mismo. La ley otorga a este tipo de accidentes categoría de accidente laboral.

En cualquier desplazamiento se acatará la normativa vigente de circulación, tanto para peatones como vehículos.

5. Organización de la obra

Se considerarán en este apartado los riesgos y medidas preventivas en las instalaciones provisionales de obra.

5.1 Responsables de seguridad de en obra

La organización de la seguridad en la obra es responsabilidad del Promotor, quien designará (cuando corresponda) al coordinador en materia de seguridad y salud en la fase de ejecución de obra, con las competencias y funciones descritas en el apartado de Obligaciones de las partes implicadas.

Cada empresa contratista contará a pie de obra con un responsable de seguridad y salud, que corresponderá con una persona de acreditada competencia (con formación en materia de prevención de riesgos y de primeros auxilios), siendo la encargada de organizar, dirigir y mantener el control y supervisión de los trabajos realizados por empleados de su Empresa, así como de los realizados por otras Empresas subcontratadas. Como norma general tendrá asignadas las siguientes funciones.

- Organizar los trabajos dentro del ámbito de su competencia, para garantizar la realización de estos con las suficientes garantías de seguridad.
- Supervisar y controlar de forma continuada el cumplimiento de las normas de seguridad por parte de trabajadores propios como de trabajadores subcontratados.
- Permitir el acceso de sólo personal autorizado/cualificado a los lugares de especial peligrosidad, o a la realización de actividades de especial riesgo (trabajos en altura, eléctricos, etc.).

5.2 Reuniones de seguridad en obra

A lo largo de la ejecución del proyecto, se deben realizar reuniones de seguridad en obra, donde se traten todos aquellos aspectos que afecten a la seguridad de la misma, y especialmente se haga un seguimiento y control sobre los incumplimientos detectados.

A estas reuniones podrán asistir además de las empresas contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos, el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (en el caso en que sea necesario su nombramiento), la dirección facultativa y el promotor o representante del mismo.

5.3 Equipos de protección individual y colectivos

La empresa contratista, facilitará los Equipos de Protección Individual que se indican para cada fase de ejecución en cada apartado, y además dispondrán cuando lo necesiten de los siguientes equipos de protección colectivos: pértigas detectoras de tensión, pértigas aislantes de maniobra, pértigas aislantes de medición, cuerdas aislantes, equipos de puesta a tierra y en cortocircuito, y guantes aislantes.

5.4 Formación de los trabajadores

De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados. Al ingresar en la obra se informará al personal de los riesgos específicos de los trabajos a los cuales van a ser asignados, así como las medidas de seguridad que deberán emplear personal y colectivamente.

Se insistirá en la importancia del uso de los medios preventivos puestos a su disposición, enseñando su correcto uso y explicando las situaciones peligrosas a que la negligencia o la ignorancia pueden llevar.

Conforme al artículo 8 del R.D. 773/1997, de 30 de mayo, el empresario deberá informar a los trabajadores, previamente al uso de los equipos, de los riesgos contra los que les protegen, así como de las actividades u ocasiones en las que deben utilizarse.

Asimismo, deberá proporcionarles instrucciones, preferentemente por escrito, sobre la forma correcta de utilizarlos y mantenerlos.

5.5 Paralización de los trabajos

Cuando el Coordinador de Seguridad y Salud o cualquier otra persona integrada en la Dirección Facultativa compruebe que la inobservancia de la normativa sobre prevención de riesgos laborales implica, a su juicio, un riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores podrá ordenar la paralización inmediata de tales trabajos o tareas, dejando constancia en el Libro de Incidencias.

Dicha medida será comunicada a la Empresa responsable, que la pondrá en conocimiento inmediato de los trabajadores afectados, del Delegado de Prevención o, en su ausencia, de los Representantes del Personal. Por otro lado, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social del cumplimiento de esta notificación.

La paralización de los trabajos se levantará por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social si la hubiese decretado, por el Coordinador de Seguridad y Salud o por el Empresario tan pronto como se subsanen las causas que la motivaron, debiendo el empresario comunicarlo a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y/o al Coordinador de Seguridad y Salud, según el caso.

5.6 Libro de incidencias

El libro de incidencias existirá con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud un Libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

Este libro deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

A dicho libro tendrán acceso la Dirección Facultativa, los Contratistas, los Subcontratistas y los Trabajadores Autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de

prevención en las Empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines a que se refiere el párrafo primero de este apartado.

Efectuada una anotación el libro de incidencias, el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud, estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la Provincia en la que se realiza la obra. Igualmente deberá notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

5.7 Plan de evacuación y emergencia. Primeros auxilios

En todos los vehículos que se empleen para transportar el personal a obra, se dispondrá de un botiquín de primeros auxilios.

La empresa contratista, pondrá en conocimiento de todos sus trabajadores el número de teléfono y la dirección del centro asistencial con el que tenga concertado estos servicios.

El Coordinador de Seguridad y Salud, estará formado en materia de cómo actuar en caso de Emergencia y Primeros Auxilios.

5.8 Botiquín

El contenido mínimo del botiquín será: desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

Junto al botiquín se dispondrá de un cartel en el que figuren de forma visible los números de teléfonos necesarios en caso de urgencias como los del hospital más próximo, centro asistencial más cercano, de la mutua de las distintas empresas intervinientes, servicio de ambulancias, bomberos, policía local.

6. Plan de seguridad

El plan de seguridad que elabore la empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos.

El plan de seguridad, una vez aprobado, debe ser el documento aplicable en obra, para lo cual debe permanecer en poder del jefe de trabajo y del coordinador de seguridad.

6.1 Presupuesto de seguridad y salud

Concepto	Unidades	€/unidad	Total
Protecciones individuales			
Casco de seguridad	60	1,99 €	119,48 €
Gafas antipolvo y antipacto	180	4,25 €	764,67 €
Ropa de trabajo	60	14,79 €	887,40 €
Cinturón aniticaídas	15	23,61 €	354,15 €
Guantes dieléctricos	900	14,07 €	12.664,77 €
Guantes de uso general	180	4,38 €	788,40 €
Chaleco reflectante	60	8,50 €	510,00 €
Pantalla de soldador	30	7,81 €	234,30 €
Arnés para trabajo de altura	30	22,64 €	679,20 €
Par botas dieléctricas	30	46,40 €	1.392,00 €
Cristal pantalla de soldador	30	11,26 €	337,80 €
Cinturón de seguridad	15	30,05 €	450,75 €
Par botas seguridad lona	120	46,48 €	5.577,60 €
Total protecciones individuales			24.760,51 €
Protecciones colectivas			
Cinta de balizamiento colocada	1050	11,39 €	11.959,50 €
Valla normalizada	900	16,59 €	14.934,87 €
Extintor polvo polivalente 6 kg	90	42,33 €	3.809,59 €
Total protecciones colectivas			30.703,95 €
Instalaciones de higiene y bienestar			
Mes alquiler caseta aseos	30	106,20 €	3.186,11 €
Recipiente recogida de basura	30	7,97 €	238,96 €
Material de limpieza	30	157,64 €	4.729,18 €
Inodoro y lavabo instalado	30	167,79 €	5.033,85 €

Concepto	Unidades	€/unidad	Total
Servicio de abastecimiento periódico de agua potable	3	613,99 €	1.841,97 €
Servicio de recogida periódica de aguas fecales	3	722,85 €	2.168,54 €
Suministro eléctrico casetas de servicios	3	570,84 €	1.712,53 €
Total protecciones colectivas			18.911,13 €
Servicios de prevención			
Botiquín	8	17,48 €	139,87 €
Reconocimiento médico anual obligatorio para el personal	30	16,59 €	497,83 €
Formación de Seguridad y Salud	30	39,83 €	1.194,79 €
Total servicios de prevención			1.832,49 €
Total			76.208,08 €

Tabla 3. Presupuesto de seguridad y salud.

En virtud de estos valores y conforme a lo establecido en el art. 4 del R.D. 1627/1997 para Obras de Construcción o Ingeniería Civil, donde se expone que hay obligatoriedad de elaborar un Estudio de Seguridad en los casos en que se superen alguna de las de las circunstancias siguientes:

- Cuando el presupuesto total adjudicado de Obra supere 450 mil euros.
- Cuando la duración sea superior a 30 días y haya 20 o más trabajadores.
- Cuando el volumen de mano de obra supere 500 jornadas – hombre.

Asciende el presupuesto del presente estudio de seguridad y salud para la Adenda del Proyecto Técnico Administrativo LAT 132 kV, de Subestación Colectora 132/30 kV Tan Energy a SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz), a un total de setenta y seis mil doscientos ocho euros con ocho céntimos de euro.



Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**

Documento N°5:
Gestión de Residuos

Tayan Investment 13, S.L.

Código y revisión: T&I-013357-GEN-450.00.04-R00

Fecha: 09/04/2025

Hoja de control de revisiones

Revisión	Fecha	Motivo de la revisión	Realizado	Revisado	Aprobado
00	09/04/25	Documento de nueva creación	AM	SSC	JCCR

Índice general

1. Objeto	5
2. Normativa aplicable	5
2.1 General.....	5
2.2 Residuos.....	6
2.3 Vertidos.....	7
2.4 Emisiones	7
3. Descripción de los trabajos	8
4. Identificación, medición y medidas de actuación	8
4.1 Identificación de residuos.....	8
4.2 Medición de los residuos estimados.....	10
4.3 Medidas de prevención de generación de residuos	11
4.3.1 Trabajos de construcción.....	11
4.4 Medidas de separación, manejo y almacenamiento de los residuos de la obra .	13
4.4.1 Segregación.....	13
4.4.2 Almacenamiento	13
4.5 Destino final de los residuos generados	15
4.5.1 Residuos no peligrosos	15
4.5.2 Residuos peligrosos.....	16
5. Valoración del coste previsto de gestión	16
5.1 Tramo aéreo	17
5.2 Tramo subterráneo.....	18
6. Resumen	19

Índice de Tablas

Tabla 1.	Código LER de los residuos estimados.....	9
Tabla 2.	Medición de los residuos estimados generados.	11
Tabla 3.	Medición y presupuesto de los residuos estimados – tramo aéreo.	17
Tabla 4.	Medición y presupuesto de los residuos estimados – tramo subterráneo...	18
Tabla 5.	Tabla resumen	19

1. Objeto

El presente estudio de residuos se realiza para minimizar los impactos derivados de la generación de residuos en la construcción del presente proyecto, estableciendo las medidas y criterios a seguir para reducir al máximo la cantidad de residuos generados, segregarlos y almacenarlos correctamente y proceder a la gestión más adecuada para cada uno de ellos.

El estudio se lleva a cabo en cumplimiento del R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y se ha redactado según los criterios contemplados en el artículo 4 de dicho Real Decreto.

2. Normativa aplicable

2.1 General

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de gestión integrada de la calidad ambiental.
- Decreto 131/2021, de 6 de abril, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de Andalucía. Hacia una Economía Circular en el Horizonte 2030.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- Legislación específica Autonómica y local.

2.2 Residuos

- Real Decreto 717/2010 de 28 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía.

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas
- Legislación específica Autonómica y local.

2.3 Vertidos

- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
- Real Decreto 29/2011, de 14 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas, y el Real Decreto 650/1987, de 8 de mayo, por el que se definen los ámbitos territoriales de los Organismos de cuenca y de los planes hidrológicos.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y criterios y estándares para declaración suelos contaminados.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Legislación específica Autonómica y local.

2.4 Emisiones

- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas.

- Real Decreto 1264/2005, de 21 de octubre, por el que se regula la organización y funcionamiento del Registro nacional de derechos de emisión.
- Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- Legislación específica Autonómica y local.

3. Descripción de los trabajos

Las características generales para el proyecto de la línea de enlace entre la SE Colectora 132/30 kV Tan Energy y la SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV son:

- Localización: Jimena de la Frontera, Castellar de la Frontera y San Roque
- Provincia: Cádiz.
- Tipo de obra: nueva construcción.
- Existencia o no de demolición: no.
- Tiempo estimado ejecución: 9 meses.

Las actividades para llevar a cabo y que van a dar lugar a la generación de residuos van a ser las siguientes:

- Apertura/acondicionamiento de accesos y zonas de trabajo: desbroces y movimientos de tierra.
- Obra civil: excavación y hormigonado para la canalización de la línea.
- Acopio de material necesario.
- Tendido de los conductores y cables de tierra.
- Limpieza y restauración de las zonas de obra.

4. Identificación, medición y medidas de actuación

4.1 Identificación de residuos

Todos los posibles residuos de construcción y demolición (RCD) generados en la obra se han codificado atendiendo a la Lista Europea de Residuos (LER), según la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, concretamente en el Artículo 6, que

dicta que la identificación y clasificación de los residuos se hará de conformidad con la lista establecida en la Decisión 2014/955/UE de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

De acuerdo con los grupos y la codificación establecidos la Lista Europea de Residuos (LER), obtenemos la siguiente tabla:

Tipo de residuo	Código LER
Restos de hormigón	170101
Escombros	170106*/170107
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Excedentes de excavación	170504
Chatarras metálicas	170401/170402/170405/170407
Papel y cartón	200101
Residuos vegetales (podas y talas)	200201
Restos asimilables a urbanos	200301
Lodos fosas sépticas	200304
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102/150104/150105/150106
Residuos peligrosos	
Aceites usados	130204*/130205*/130206*/130207*/130208*
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*

Tabla 1. Código LER de los residuos estimados.

Residuos peligrosos son aquellos residuos identificados en la Lista Europea de Residuos (LER) mediante un asterisco () junto a su código, conforme a lo establecido en la Decisión 2014/955/UE de la Comisión, que modifica la Decisión 2000/532/CE sobre la lista de residuos. Estos residuos presentan una o varias características de peligrosidad enumeradas en el anexo III de la Directiva 2008/98/CE, tales como toxicidad, inflamabilidad, ecotoxicidad, entre otras, y requieren una gestión específica para prevenir riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Es necesario aclarar que en el Plan de gestión residuos, que se elabora en una etapa de proyecto posterior al presente estudio por los contratistas responsables de acometer los trabajos, poseedores de los residuos, incluso durante la propia obra, se podrá identificar algún otro residuo.

Asimismo, la estimación de cantidades, que se incluye en el punto Valoración del coste previsto de gestión del presente documento, es aproximada, teniendo en cuenta la información de la que se dispone en la etapa en la cual se elabora el proyecto de ejecución. Las cantidades, por tanto, también deberán ser ajustadas en los correspondientes Planes de gestión de residuos.

4.2 Medición de los residuos estimados

Se ha estimado la cantidad de residuos generados en la obra, a partir de las mediciones del proyecto, en función del peso de materiales integrantes en los rendimientos de los correspondientes descompuestos de cada unidad de obra, determinando el peso de los restos de los materiales sobrantes (mermas, roturas, despuntes, etc.) y el del embalaje de los productos suministrados.

El volumen de excavación de las tierras y de los materiales pétreos no utilizados en la obra, se ha calculado en función de las dimensiones del proyecto.

Ítem	Tipo de Residuo	Código LER	Cantidad	Unidad
1	Excedentes de excavación	170504	33.523,64	Tn
2	Restos de hormigón	170101	619,8	Tn
3	Lodos fosas sépticas	200304	225	m3
4	Papel y cartón	200101	732	kg
5	Maderas	170201	1700	kg
6	Plásticos (envases y embalajes)	170203	650	kg
7	Chatarras metálicas	170401/170402/170405/170407	748,27	kg
8	Restos asimilables a urbanos	200301	1060	kg
9	Restos asimilables a urbanos - Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102/150104/150105/150106	1480	kg
10	Tropos impregnados	150202*	2820	kg
11	Tierras contaminadas	170503*	18	kg
12	Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	1.184,7	Tn

Ítem	Tipo de Residuo	Código LER	Cantidad	Unidad
13	Residuos vegetales (podas y talas)	200201	127	kg

Tabla 2. Medición de los residuos estimados generados.

Residuos peligrosos son aquellos residuos identificados en la Lista Europea de Residuos (LER) mediante un asterisco () junto a su código, conforme a lo establecido en la Decisión 2014/955/UE de la Comisión, que modifica la Decisión 2000/532/CE sobre la lista de residuos. Estos residuos presentan una o varias características de peligrosidad enumeradas en el anexo III de la Directiva 2008/98/CE, tales como toxicidad, inflamabilidad, ecotoxicidad, entre otras, y requieren una gestión específica para prevenir riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

4.3 Medidas de prevención de generación de residuos

4.3.1 Trabajos de construcción

Como norma general es importante separar aquellos productos sobrantes que pudieran ser reutilizables de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos.

Además, es importante separar los residuos desde el origen, para evitar contaminaciones, facilitar su reciclado y evitar generar residuos derivados de la mezcla de otros.

Se exponen a continuación algunas buenas prácticas para evitar/minimizar la generación de algunos residuos:

Tierras de excavación

- Separar y almacenar adecuadamente la tierra vegetal para utilizarla posteriormente en labores de restauración. La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y la altura máxima de los acopios será de dos metros para que no pierda sus características.
- Minimizar, desde la elección del trazado de la línea, la definición del tamaño de las campas y de accesos, los movimientos de tierras a llevar a cabo.
- Utilizar las tierras sobrantes de excavación en la propia obra en la medida de lo posible.

Lodos resultantes de las perforaciones: detritus

- Dejar secar para su posterior reutilización como material de relleno o transporte a vertedero.

Lodos bentoníticos resultantes de las perforaciones

- Reutilizar en la obra.
- Secar mediante bomba centrífuga.

Medios auxiliares (palets de madera), envases y embalajes:

- Utilizar materiales cuyos envases/embalajes procedan de material reciclado.
- No separar el embalaje hasta que no vayan a ser utilizados los materiales.
- Guardar los embalajes que puedan ser reutilizados inmediatamente después de separarlos del producto. Gestionar la devolución al proveedor en el caso de ser este el procedimiento establecido.
- Los palets de madera se han de reutilizar cuantas veces sea posible.

Residuos metálicos:

- Separarlos y almacenarlos adecuadamente para facilitar su reciclado.

Aceites y grasas:

- Realizar el mantenimiento de la maquinaria y cambios de aceites en talleres autorizados.
- Si es imprescindible llevar a cabo alguna operación de cambio de aceites y grasas en la obra, utilizar los accesorios necesarios para evitar posibles vertidos al suelo (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable).

Tierras contaminadas

- Establecer las medidas preventivas para evitar derrames de sustancias peligrosas:
 - Mantener cerrados todos los recipientes que contengan sustancias peligrosas para el medio ambiente (desenconfiante, aceites etc.).
- Si fuera necesario el almacenamiento de combustibles, disponer de bandeja metálica.
- Resguardar de la lluvia las zonas de almacenamiento (mediante techado o uso de lona impermeable), para evitar que las bandejas se llenen de agua.

Residuos vegetales

- Respetar todos los ejemplares arbóreos que no sean incompatibles con el desarrollo de la agenda del proyecto.
- Facilitar la entrega de los restos de podas/talas a sus propietarios.

- En los casos en los que sea posible (por su tamaño o después de haber sido triturados) los restos vegetales se incorporarán al terreno.

4.4 Medidas de separación, manejo y almacenamiento de los residuos de la obra

Los requisitos en cuanto a la segregación, almacenamiento, manejo y gestión de los residuos en obra están incluidos en las especificaciones ambientales, formando así parte de las prescripciones técnicas de la adenda del proyecto.

Para que se pueda desarrollar una correcta segregación y almacenamiento de residuos en la obra, todo el personal implicado deberá estar adecuadamente formado sobre cómo separar y almacenar cualquier tipo de residuos que pueda derivarse de los trabajos.

4.4.1 Segregación

Para una correcta valorización o eliminación se realizará una segregación previa de los residuos, separando aquellos que por su no peligrosidad (residuos urbanos y asimilables a urbanos) y por su cantidad puedan ser depositados en los contenedores específicos colocados por el correspondiente ayuntamiento, de los que deban ser llevados a vertedero controlado y de los que deban ser entregados a un gestor autorizado (residuos peligrosos). Para la segregación se utilizarán bolsas o contenedores que impidan o dificulten la alteración de las características de cada tipo de residuo.

La segregación de residuos en obra ha de ser la máxima posible, para facilitar la reutilización de los materiales y que el tratamiento final sea el más adecuado según el tipo de residuo.

En ningún caso se mezclarán residuos peligrosos y no peligrosos.

Si en algún caso no resultara técnicamente viable la segregación en origen, el poseedor (contratista) podrá encomendar la separación de fracciones de los distintos residuos no peligrosos a un gestor de residuos externo a la obra, teniendo que presentar en este caso, la correspondiente documentación acreditativa conforme el gestor ha realizado los trabajos.

Se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases y embalajes, papel, vidrio y resto).

4.4.2 Almacenamiento

Desde la generación de los residuos hasta su eliminación o valorización final, los residuos peligrosos y no peligrosos se almacenarán de forma separada.

Según el tipo de residuos, se podrán almacenar en la propia obra y cuando no sea viable se podrán almacenar en una instalación propia del contratista (siempre y cuando cuente con todos los permisos necesarios) o contratar los servicios de almacenamiento a un gestor autorizado. En cualquier caso, los residuos no permanecerán almacenado por más de 6 meses.

Par las zonas de almacenamiento se cumplirán los siguientes criterios:

- Serán seleccionadas, siempre que sea posible, de forma que no sean visibles desde carreteras o lugares de tránsito de personas, pero con facilidad de acceso para poder proceder a la recogida de los mismos.
- Estarán debidamente señalizadas mediante marcas en el suelo, carteles, etc. para que cualquier persona que trabaje en la obra sepa su ubicación.
- Los contenedores de residuos peligrosos estarán identificados según se indica en la legislación aplicable (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular), con etiquetas o carteles resistentes a las distintas condiciones meteorológicas, colocados en un lugar visible y que proporcionen la siguiente información: descripción del residuo, icono de riesgos, código del residuo, datos del productor y fecha de almacenamiento.
- Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos estarán protegidas de la lluvia y contarán con suelo impermeabilizado o bandejas de recogida de derrames accidentales. (Normalmente no estarán ubicadas en obra).
- Los residuos que por sus características puedan ser arrastrados por el viento, como plásticos (embalajes, bolsas...), papeles (sacos de mortero...), etc. deberán ser almacenados en contenedores cerrados, a fin de evitar su diseminación por la zona de obra y el exterior del recinto.
- Se delimitará e identificará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la planta. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.
- Se evitará el almacenamiento de excedentes de excavación en cauces y sus zonas de policía.
- En el caso de desmantelamiento de apoyos, se evitarán los almacenamientos de chatarra que puedan dañar el entorno de la zona de obra.

Por las características de las actividades a llevar a cabo, lo habitual será almacenar pequeñas cantidades de residuos en las campas de trabajo siendo estos trasladados a un almacén propiedad

del contratista. No procede, por tanto, la inclusión de un plano con las zonas destinadas al almacenamiento de los residuos.

En los correspondientes Planes de Gestión de residuos de construcción y demolición que proporcionen los contratistas se deberá incluir la localización de los almacenes utilizados. En dichos planes también se incluirá la descripción de los contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.

4.5 Destino final de los residuos generados

La gestión de los residuos se realizará según lo establecido en la legislación específica vigente.

Siempre se favorecerá el reciclado y valoración de los residuos frente a la eliminación en vertedero controlado de los mismo.

4.5.1 Residuos no peligrosos

- Residuos sólidos urbanos (RSU): Los residuos sólidos urbanos y asimilables (papel, cartón, vidrio, envases de plástico) separados en sus distintas fracciones serán llevados a un vertedero autorizado o recogidos por gestores autorizados. En el caso de no ser posible la recogida por gestor autorizado y de tratarse de pequeñas cantidades, se podrán depositar en los distintos contenedores que existan en el Ayuntamiento más próximo.
- Restos vegetales: La eliminación de los residuos vegetales deberá hacerse de forma simultánea a las labores de talas y desbroce. Los residuos obtenidos se apilarán y retirarán de la zona con la mayor brevedad, evitando así que se conviertan en un foco de infección por hongos, o que suponga un incremento del riesgo de incendios.
- Los residuos forestales generados se gestionarán según indique la autoridad ambiental competente. Con carácter general, y si no hubiera indicaciones, preferiblemente se entregarán a sus propietarios.
- Según el caso y si el tamaño lo permite (si es necesario se procederá a su trituración) los restos se incorporarán al suelo.
- Si ninguna de las opciones anteriores es posible, se gestionará su entrega a una planta de compostaje y en último caso se trasladarán a vertedero controlado.
- Excedentes de excavación: como ya se ha comentado tratarán de reutilizarse en la obra, si no es posible y existe permiso de los Ayuntamientos afectados y de la autoridad ambiental competente, (y siempre con la aprobación de los responsables de Medio Ambiente),

podrán gestionarse mediante su reutilización en firmes de caminos, rellenos etc. Si no son posibles las opciones anteriores se gestionarán en vertedero autorizado.

- Escombros, y excedentes de hormigón: Gestión en vertedero autorizado. Si es factible, los restos de hormigón se llevarán a una trituradora de áridos para su reutilización.
- Chatarra: se entregará a gestor autorizado para que proceda al reciclado de las distintas fracciones.

4.5.2 Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos se gestionarán mediante gestor autorizado. Se dará preferencia a aquellos gestores que ofrezcan la posibilidad de reciclaje y valorización como destinos finales frente a la eliminación.

Antes del inicio de las obras los contratistas están obligados a programar la gestión de los residuos que prevé generar. En el Plan de gestión de residuos de construcción se reflejará la gestión prevista para cada tipo de residuo: planes para la reutilización de excedentes de excavación u hormigón, retirada a vertedero y gestiones a través de gestor autorizado (determinando los gestores autorizados), indicando el tratamiento final que se llevará a cabo en cada caso.

Como anexo a dicho Plan se deberá presentar la documentación legal necesaria para llevar a cabo las actividades de gestión de residuos:

- Acreditación como productor de residuos en la Comunidad Autónoma en la que se llevan a cabo los trabajos.
- Autorizaciones de los transportistas y gestores de residuos (las correspondientes según se trate de residuos peligrosos o no peligrosos).
- Autorizaciones de vertederos y depósitos.
- Documentos de Aceptación de los residuos que se prevé generar (residuos peligrosos).

Al final de los trabajos las gestiones de residuos realizadas quedaran registradas en una ficha de "Gestión de residuos generados en las obras de construcción" que incluirá las cantidades de residuos generadas según su tipo, destino y fecha de gestión.

5. Valoración del coste previsto de gestión

En el cuadro que se muestra a continuación se incluye una estimación de las cantidades previstas de residuos a generar y los costes asociados a su gestión. Se resalta que el coste es muy aproximado

pues los precios están sometidos a bastante variación en función de los transportistas y gestores utilizados. Además, las cantidades estimadas en este estado del proyecto también se irán ajustando con el desarrollo del mismo:

5.1 Tramo aéreo

Residuos no Peligrosos						
Tipo de residuo	Código LER	Ud.	Coef. Ponderación	Cantidad estimada	€/unidad	Costes
Excedentes de excavación	170504	Tn	1,2	232,66	21,00 €	4.885,78 €
Restos de hormigón	170101	Tn	0,05	10,18	75,00 €	763,43 €
Lodos fosas sépticas	200304	m ³		100,00	0,02 €	2,00 €
Papel y cartón	200101	kg		690,00	0,25 €	172,50 €
Maderas	170201	kg		1.400,00	0,80 €	1.120,00 €
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg		350,00	0,60 €	210,00 €
Chatarras metálicas	170401/170402/ 170405/170407	kg	0,01	748,27	0,02 €	11,22 €
Restos asimilables a urbanos	200301	kg		280,00	0,03 €	7,00 €
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102/150104/ 150105/150106	kg		280,00	0,03 €	7,00 €
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg		420,00	0,02 €	6,30 €
Total residuos no peligrosos						7.185,23 €
Residuos Peligrosos						
Tipo de residuo	Código LER	Ud.	Coef. Ponderación	Cantidad estimada	€/unidad	Costes
Trapos impregnados	150202*	kg		5,00	1,34 €	6,69 €
Tierras contaminadas	170503*	Tn	0,05	9,694	18,00 €	174,49 €
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	kg		52	1,44 €	74,83 €
Total Residuos Peligrosos						256,02 €
						7.441,24 €

Tabla 3. Medición y presupuesto de los residuos estimados – tramo aéreo.

5.2 Tramo subterráneo

Residuos no Peligrosos						
Tipo de residuo	Código LER	Ud.	Coef. Ponderación	Cantidad estimada	€/unidad	Costes
Excedentes de excavación	170504	Tn	0,25	5.716,99	21,00 €	120.056,74 €
Restos de hormigón	170101	Tn	0,025	272,19	75,00 €	20.414,39 €
Lodos fosas sépticas	200304	m ³		125,00	0,02 €	2,75 €
Papel y cartón	200101	kg		42,00	0,25 €	10,50 €
Maderas	170201	kg		300,00	0,80 €	240,00 €
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg		300,00	0,60 €	180,00 €
Chatarras metálicas	170401/170402/ 170405/170407	kg	0,01	0,00	0,02 €	- €
Restos asimilables a urbanos	200301	kg		780,00	0,03 €	19,50 €
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102/150104/ 150105/150106	kg		1.200,00	0,03 €	30,00 €
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg		2.400,00	0,02 €	36,00 €
Total residuos no peligrosos						140.989,87 €
Residuos Peligrosos						
Tipo de residuo	Código LER	Ud.	Coef. Ponderación	Cantidad estimada	€/unidad	Costes
Trapos impregnados	150202*	kg		13,00	1,34 €	17,40 €
Tierras contaminadas	170503*	Tn	0,7	822,50	18,00 €	14.805,07 €
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	kg		75,00	1,44 €	107,93 €
Total Residuos Peligrosos						14.930,40 €
						155.920,28 €

Tabla 4. Medición y presupuesto de los residuos estimados – tramo subterráneo.

6. Resumen

Resumen			
Tipo de tramo	Tipo de residuo	Costes	Costes totales
Tramo aéreo	Peligroso	256,02 €	7.441,24 €
	No peligroso	7.185,23 €	
Tramo subterráneo	Peligroso	14.930,40 €	155.920,28 €
	No peligroso	140.989,87 €	
Total			163.361,52 €

Tabla 5. Tabla resumen

Asciende el presupuesto del presente documento de gestión de residuos para la Adenda del Proyecto Técnico Administrativo LAT 132 kV, de Subestación Colectora 132/30 kV Tan Energy a SET Colectora Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz), a un total de ciento sesenta y tres mil trescientos sesenta y un euros con cincuenta y dos céntimos de euro.

Adenda al Proyecto Técnico Administrativo

**LAT 132 kV, de Subestación Colectora
132/30 kV Tan Energy a SET Colectora
Pinar del Rey 132/400 kV (Cádiz)**

Documento N°6:
Presupuesto

Tayan Investment 13, S.L.

Código y revisión: T&I-013357-BUD-450.00.01-R00

Fecha: 09/04/2025

Hoja de control de revisiones

Revisión	Fecha	Motivo de la revisión	Realizado	Revisado	Aprobado
00	09/04/25	Documento de nueva creación	AM	SSC	JCCR



Índice general

1.	Presupuesto	5
1.1	Presupuesto LAAT 132kV	5
1.2	Presupuesto LSAT 132 KV	12
2.	Resumen del presupuesto	19



Índice de tablas

Tabla 1. Presupuesto LAAT.	12
Tabla 2. Presupuesto LSAT 132 KV	18
Tabla 3. Resumen de presupuesto.....	19

1. Presupuesto

1.1 Presupuesto LAAT 132kV

Presupuesto LAAT Pinar del Rey 132kV – Desglose detallado						
1. Ejecución						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
01.01	Excavación en zanja	Excavación de zanja, con compactación y nivelación del terreno para instalación de conductores y accesorios. Material extraído transportado y dispuesto conforme a normativas.	196	m ³	75,00 €	14.700,00 €
01.02	Relleno de hormigón	Relleno con hormigón HM-20 de alta resistencia, con espesor mínimo de 20 cm, para estabilización de la zanja. Se asegura un compactado adecuado para garantizar la durabilidad y resistencia estructural.	204	m ³	102,20 €	20.848,80 €
01.03	Cerramiento perimetral PAS	Instalación de cerramiento de tipo PAS con postes metálicos galvanizados, malla de alambre galvanizado de alta resistencia. Colocación según normativa de seguridad para prevenir accesos no autorizados a la obra.	1	PA	2.275,00 €	2.275,00 €

2. Materiales

2.1 Apoyos

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.01	Apoyo tipo CO-GCO	Apoyo de tipo CO-GCO, fabricado en acero estructural con recubrimiento anticorrosivo. Ideal para soportar líneas de alta tensión de 132kV, con resistencia a condiciones meteorológicas adversas.	4	ud.	8.620,00 €	34.480,00 €
02.02	Apoyo tipo AGR-IC	Apoyo AGR-IC para estructuras metálicas con anclaje reforzado, utilizado en la instalación de cables de alta tensión, garantizando su estabilidad frente a fuerzas externas.	2	ud.	9.245,00 €	18.490,00 €
02.03	Apoyo PAS	Apoyo PAS fabricado en acero galvanizado con aislamiento térmico y resistencia a la corrosión, para sistemas de distribución de energía a alta tensión.	1	ud.	28.724,80 €	28.724,80 €

2.2 Conductores

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.2.01	Línea trifásica, LA-280	Cable trifásico de aluminio reforzado, aislamiento XLPE (polietileno reticulado), con una capacidad de conducción de 280 mm ² , diseñado para resistir altas temperaturas y condiciones meteorológicas extremas.	13.524	m	7,70 €	104.134,80 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.2.02	Cable de guarda	Cable de guarda de acero, con aislamiento de aluminio para protección mecánica y óptica de la línea. Dispositivo diseñado para resistir el impacto de descargas atmosféricas y protección frente a cortocircuitos.	2.156	m	4,60 €	9.917,60 €
2.3 Cadenas de aisladores						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.3.01	Cadenas de amarre LA-280	Cadenas de amarre para línea de alta tensión, modelo LA-280, fabricadas en acero inoxidable, diseñadas para resistir tensiones y desgastes por las condiciones atmosféricas extremas.	60	ud.	489,50 €	29.370,00 €
02.3.02	Cadenas de amarre cable de guarda	Cadenas de amarre específicas para cable de guarda, fabricadas en aleaciones de alta resistencia a la corrosión y con capacidad para soportar las tensiones de un sistema de alta tensión.	10	ud.	142,00 €	1.420,00 €
3. Equipos y accesorios						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
03.01	Autoválvula 132kV (Incluido montaje)	Dispositivo de protección instalado en las líneas de alta tensión para proteger contra sobrecargas y fallos. Esta válvula permite la desconexión de la línea en caso de fallo, asegurando la continuidad del servicio eléctrico. Incluye el montaje del equipo.	3	ud.	4.810,00 €	14.430,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
03.02	Terminal exterior TES245/55, 132kV	Terminal exterior de alta tensión para conexión de cables de 132 kV. Fabricado con aislamiento termo-retráctil, diseñado para un rendimiento confiable bajo condiciones extremas de temperatura y humedad.	3	ud.	7.507,50 €	22.522,50 €
03.03	Bornas equipos de conexión y pequeño material	Conjunto de bornas de alta calidad para la conexión de cables en equipos eléctricos. Incluye el pequeño material necesario como tornillería, terminales, y otros accesorios de fijación.	15	ud.	63,10 €	946,50 €
03.04	Aislamiento conductor y puentes flojos	Material aislante utilizado para proteger los conductores y puentes flojos de posibles cortocircuitos o fugas de corriente.	42	m	6,50 €	273,00 €
03.05	Aislamiento grapas	Aislamiento específico para grapas de sujeción de cables de alta tensión, para asegurar la protección eléctrica y mecánica.	21	ud.	21,50 €	451,50 €
03.06	Dispositivo anticollisión protección	Dispositivo de protección instalado en cables o estructuras para evitar colisiones, especialmente en zonas de alta circulación.	392	ud.	3,10 €	1.215,20 €
03.07	Amortiguadores tipo stockbridge LA-280	Amortiguadores de vibraciones tipo Stockbridge para reducir las oscilaciones de las líneas de transmisión, fabricados específicamente para la línea LA-280.	36	ud.	2,90 €	104,40 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
03.08	Salvapájaros, balizas	Balizas o dispositivos de protección para evitar que las aves entren en contacto con los cables, garantizando la seguridad en las líneas aéreas.	166	ud.	3,40 €	564,40 €
03.09	Separadores	Dispositivos instalados para separar los conductores y evitar que entren en contacto entre sí, especialmente en líneas de alta tensión.	338	ud.	1,60 €	540,80 €

4. Puesta a tierra

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
04.01	Apoyo Frecuentado	Apoyo de tierra utilizado para sistemas de puesta a tierra en áreas de uso frecuente, diseñado para garantizar una conexión eficiente y segura a tierra.	4	ud.	43,10 €	172,40 €
04.02	Apoyo No Frecuentado	Apoyo de tierra utilizado en áreas con menor frecuencia de uso, diseñado para ofrecer un rendimiento confiable a largo plazo.	3	ud.	78,20 €	234,60 €

5. Montaje

5.1 Montaje de apoyos

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.01	Apoyo tipo CO-GCO	Apoyo de tipo CO-GCO, utilizado para soportar cables de alta tensión en líneas aéreas, diseñado para soportar las cargas mecánicas y garantizar la estabilidad de la instalación.	4	ud.	4.224,90 €	16.899,60 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.02	Apoyo tipo AGR-IC	Apoyo de tipo AGR-IC, utilizado en la instalación de líneas de alta tensión, diseñado para resistir condiciones meteorológicas extremas.	2	ud.	5.741,20 €	11.482,40 €
05.03	Apoyo PAS	Apoyo PAS, utilizado para anclar cables en líneas de alta tensión, proporcionando soporte estructural.	1	ud.	12.926,20 €	12.926,20 €
05.04	Señal triangular "Riesgo Eléctrico" UNE-EN-60417-1	Señalización de advertencia "Riesgo Eléctrico" conforme a la normativa UNE-EN-60417-1. Instalación en ubicaciones de alto riesgo eléctrico.	7	ud.	3,40 €	23,80 €
05.05	Placa empresa propietaria	Placa con el nombre de la empresa propietaria, para su instalación en las estructuras de la línea, como parte de la señalización.	7	ud.	8,60 €	60,20 €

5.2 Montaje de conductores

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.2.01	Línea trifásica, LA-280	Instalación de línea trifásica LA-280, cable conductor de alta tensión utilizado en la transmisión de electricidad a larga distancia.	13.524	ml	5,50 €	74.382,00 €
05.2.02	Cable de guarda	Instalación de cable de guarda, utilizado para proteger la línea de transmisión de rayos y sobrecargas.	2.156	ml	2,80 €	6.036,80 €
05.2.03	Implantación del tramo subterráneo	Montaje e instalación del tramo subterráneo, asegurando la correcta conexión de la red eléctrica.	1	ud.	4.848,40 €	4.848,40 €

5.3 Montaje cadenas de aisladores y accesorios

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.3.01	Cadenas de amarre LA-280	Cadenas de amarre específicas para la línea LA-280, utilizadas para asegurar el cable en el sistema de transmisión.	60	ud.	89,00 €	5.340,00 €
05.3.02	Cadenas de amarre cable de guarda	Cadenas de amarre diseñadas para asegurar el cable de guarda, utilizado para evitar daños a los cables principales.	10	ud.	21,80 €	218,00 €
05.3.03	Amortiguadores, tipo stockbridge LA-280	Amortiguadores instalados en las líneas LA-280 para reducir las oscilaciones y mantener la estabilidad de la estructura.	36	ud.	22,20 €	799,20 €
05.3.04	Salvapajaros, balizas	Instalación de balizas para prevenir accidentes con aves, instaladas en cables y estructuras eléctricas.	166	ud.	1,80 €	298,80 €
05.3.05	Separadores	Separadores instalados para evitar que los cables entren en contacto entre sí, protegiendo así la estructura y la instalación eléctrica.	338	ud.	7,00 €	2.366,00 €

5.4 Montaje de puesta a tierra

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.4.01	Apoyo Frecuentado	Apoyo de tierra de uso frecuente, utilizado para mantener la conexión a tierra de manera eficiente en instalaciones donde se requiere un acceso regular. Este tipo de apoyo está diseñado para resistir condiciones climáticas adversas y asegurar una baja resistencia a tierra.	4	ud.	54,00 €	216,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.4.02	Apoyo No Frecuentado	Apoyo de tierra utilizado en ubicaciones de acceso menos frecuente, diseñado para ofrecer un rendimiento confiable y duradero en aplicaciones donde no se requiere un mantenimiento constante. Ofrece una baja resistencia a tierra y es ideal para líneas de transmisión a larga distancia.	3	ud.	65,80 €	197,40 €
Subtotal Presupuesto Ejecución Material LAAT 132kV						441.911,10 €

Tabla 1. Presupuesto LAAT.

1.2 Presupuesto LSAT 132 KV

Presupuesto LSAT Pinar del Rey 132 kV – Desglose detallado						
1. Ejecución						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
01.01	Canalización enterrada bajo tubo (*)	Excavación de zanja de 1,20 metros de ancho y 2,49 metros de profundidad. Colocación de tubo PVC Ø250 mm, con cama de arena compactada para protección del cable, relleno de zanja y compactación final para garantizar estabilidad.	21.937	ml	82,50 €	1.809.802,50 €
01.02	Canalización hormigonada bajo tubo (*)	Excavación en zanja, colocación de cama de hormigón HM-20 de 20 cm de espesor, colocación de tubo de acero Ø250 mm, recubrimiento de hormigón con capacidad para resistir tensiones mecánicas.	2.018	ml	119,50 €	241.151,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
01.03	Perforación dirigida (*)	Perforación dirigida con tecnología HDD (Horizontal Directional Drilling) para el paso de líneas bajo obstáculos como carreteras y vías férreas, con instalación de tubo guía para asegurar la protección de los cables de alta tensión.	565	ml	475,00 €	268.375,00 €
01.04	Perforación dirigida profunda (*)	Perforación dirigida profunda con tecnología HDD (Horizontal Directional Drilling) para el paso de líneas bajo obstáculos como carreteras y vías férreas, con instalación de tubo guía para asegurar la protección de los cables de alta tensión.	710	ml	675,00 €	479.250,00 €
01.05	Pozos de ataque (*)	Excavación de pozos y entibado de los mismos para acceder a zonas de perforación, con medidas de seguridad para evitar el colapso de las paredes del pozo.	19	ud.	1.000,00 €	19.000,00 €
01.06	Pozo de ataque perforación profunda (*)	Excavación y entibado de pozo profundo de hasta 5 metros para acceso a perforación dirigida en zonas de gran profundidad. Se utilizarán sistemas de protección y refuerzo estructural para seguridad.	7	ud.	3.000,00 €	21.000,00 €
01.07	Arquetas perforación profunda (*)	Fabricación e instalación de arquetas de acceso a perforación profunda, diseñadas para resistir la presión y condiciones del entorno, con tapas de seguridad para evitar accidentes.	7	ud.	980,00 €	6.860,00 €
01.08	Arquetas canalización	Instalación de arquetas subterráneas de acceso para el paso de conductores, con protección IP66 para evitar la entrada de polvo y agua. Estas arquetas permiten el fácil acceso para mantenimiento y conexiones.	236	ud.	380,00 €	89.680,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
01.09	Arquetas canalización (*)	Instalación de arquetas subterráneas de acceso para el paso de conductores, con protección IP66 para evitar la entrada de polvo y agua. Estas arquetas permiten el fácil acceso para mantenimiento y conexiones.	259	ud.	390,00 €	101.010,00 €
2. Materiales						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.01	Conductor de fase, RHZ1-RA +2OL 1x1200 KAI/H120 (132kV)	Cable de fase con conductor de aluminio compactado de alta seguridad, aislamiento XLPE, libre de halógenos, con armadura de alambres de acero, con resistencia al fuego y con dos hilos ópticos para telecomunicaciones.	73.468	ml	94,50 €	6.942.726,00 €
02.02	Conductor de fase, RHZ1-RA +2OL 1x1600 KAI/H120 (132kV)	Cable de fase con mayor capacidad de carga, con conductor de aluminio compactado de alta seguridad, aislamiento XLPE, libre de halógenos, con armadura de alambres de acero, con resistencia al fuego y con dos hilos ópticos para telecomunicaciones.	2.240	MI	121,00 €	271.040,00 €
02.03	Alquiler de bobina tipo 25	Alquiler de bobinas para el tendido del cable de alta tensión, tipo 25, con capacidad adecuada para el almacenamiento y despliegue del conductor sin riesgo de daños.	27	ud.	458,82 €	12.388,14 €
02.04	Conductor F.O.	Cable de fibra óptica para comunicaciones, utilizado en la transmisión de datos y monitoreo de las líneas de alta tensión. Con aislamiento especial para resistir altas tensiones.	27.803	ml	7,58 €	210.746,74 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.05	Caja III enterrada IP67 PC - SC 18/90 X	Caja de empalme enterrada, modelo IP67, fabricada en PC (policarbonato) de alta resistencia, con protección contra agua y polvo para garantizar la seguridad y fiabilidad.	14	ud.	3.873,75 €	54.232,50 €
02.06	Descargadores LTP - CSSA090-SL Ur=9.0kV	Dispositivo de protección contra sobrecargas de alta tensión, con características de alta resistencia para garantizar la seguridad de la línea y evitar daños por descargas.	47	ud.	168,75 €	7.931,25 €
02.07	Caja III enterrada PAT LBM 15/X - IP68	Caja de empalme subterránea de protección IP68, diseñada para ser instalada en ambientes con condiciones severas de humedad y polvo.	9	ud.	3.873,75 €	34.863,75 €
02.08	Empalmes Click Fit 145kV con pantallas aisladas	Empalmes de alta tensión para cables de 145kV, con pantallas de aislamiento para evitar pérdidas de energía y garantizar conexiones seguras.	69	ud.	4.850,00 €	334.650,00 €
02.09	RZ1-K (AS) 0,6/1kV 1x120Cu	Cable de baja tensión con conductor de cobre de 120 mm ² , aislado con material termoplástico (PVC). Este cable se utiliza para sistemas eléctricos de media tensión (0,6/1 kV), con una estructura que garantiza la protección frente a impactos y condiciones ambientales adversas. Ideal para instalaciones en interiores y entornos industriales.	200	ml	9,00 €	1.800,00 €
02.10	RKRZ1 SP-CB OL (AS) 1x120/120Cu	Cable de alta resistencia para aplicaciones industriales, con conductor de cobre de 120 mm ² y 120 mm ² de pantalla, aislado con material termoplástico de alta capacidad para soportar tensiones hasta 1 kV. Este tipo de cable se utiliza en sistemas de protección y en instalaciones subterráneas.	360	ml	26,25 €	9.450,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.11	Cable Cu Desnudo Clase 2 1x120 mm ²	Cable de cobre desnudo de 120 mm ² , clase 2, utilizado principalmente en líneas de transmisión aérea de baja y media tensión. La ausencia de aislamiento permite una mayor capacidad de conducción y es adecuado para la conexión de sistemas de alta tensión.	750	ml	11,25 €	8.437,50 €
02.12	Abrazadera simple B-1453 fijación cable	Abrazadera metálica para la fijación de cables de alta tensión en estructuras de soporte. Esta abrazadera proporciona una sujeción segura y estable, garantizando que el cable se mantenga en su lugar sin riesgo de desplazamiento. Fabricada en acero galvanizado, es resistente a la corrosión.	841	ud.	61,88 €	52.041,08 €
02.13	Material de fijación en la cámara	Materiales necesarios para la fijación de cables y componentes dentro de las cámaras de empalme, incluyendo abrazaderas, pernos, y otros elementos de sujeción que aseguran que todo el sistema esté correctamente instalado y no se produzcan desplazamientos. Estos materiales cumplen con las normativas de seguridad para instalaciones eléctricas subterráneas.	23	PA	5.625,00 €	129.375,00 €
02.14	Material de fijación en pórtico/estructura	Elementos de fijación como anclajes, soportes y abrazaderas para asegurar los cables y componentes en estructuras metálicas o pórticos. Estos elementos están diseñados para resistir cargas mecánicas y garantizar la integridad del sistema eléctrico en condiciones operativas y ambientales exigentes.	2	PA	1.012,50 €	2.025,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
02.15	Cámara de empalme (todo incluido) (*)	Cámara de empalme subterránea que incluye todos los elementos necesarios para realizar conexiones seguras en cables de alta tensión. La cámara es estanca, con protección IP68, para resistir la entrada de agua y polvo. Además, incluye tapas de seguridad, sistema de refrigeración y materiales de sellado para asegurar la durabilidad de las conexiones.	23	ud.	4.326,06 €	99.499,38 €
3. Equipos						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
03.01	Terminal exterior TES245/55, 132kV	Terminal exterior para cables de alta tensión de 132kV, con aislamiento termo-retráctil para asegurar conexiones seguras y resistentes a las inclemencias climáticas.	3	ud.	8.662,50 €	25.987,50 €
03.02	Autoválvula 132kV (incluido montaje)	Autoválvula de alta tensión para 132kV, instalada para protección contra sobrecargas. Incluye montaje y pruebas de funcionamiento.	6	ud.	5.550,00 €	33.300,00 €
03.03	Bornas equipos de conexión y pequeño material	Conectores y bornas de alta calidad para la conexión de equipos eléctricos, garantizando alta conductividad y seguridad en el sistema de alta tensión.	30	ud.	72,75 €	2.182,50 €
4. Montaje						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
04.01	Tendido LSAT	Instalación de conductores de alta tensión utilizando guías y tensores mecánicos, asegurando la correcta tensión y alineación de la línea.	1	PA	291.750,00 €	291.750,00 €
04.02	Implantación e instalaciones	Instalación de estructuras de soporte, anclajes y puntos de conexión para la correcta fijación de los conductores y componentes del sistema.	1	PA	183.300,00 €	183.300,00 €

Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
04.03	Empalmes Click Fit 145kV con pantallas aisladas	Empalmes de alta tensión instalados con pantallas aisladas para garantizar la máxima seguridad y eficiencia en la conexión de cables de alta tensión.	69	ud.	14.600,00 €	1.007.400,00 €
5. Ensayos						
Código	Descripción	Detalle Técnico	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (€)	Total (€)
05.01	Resonante, dpp y cubierta	Pruebas de puesta en servicio utilizando sistemas de resonancia y diagnóstico parcial para verificar la integridad del sistema de alta tensión antes de la activación.	1	PA	84.712,50 €	84.712,50 €
Subtotal Presupuesto Ejecución Material LSAT 132kV						12.835.967,34 €

Tabla 2. Presupuesto LSAT 132 KV

Las partidas identificadas con (*) se encuentran divididas al 50% con otros promotores.

2. Resumen del presupuesto

Resumen del Presupuesto		
Partida	LAT 132 kV Pinar del Rey	Total
Pos.	Subtotal Presupuesto Ejecución Material LSAT 132 kV Pinar del Rey	12.835.967,34 €
Pos.	Subtotal Presupuesto Ejecución Material LAAT 132 kV Pinar del Rey	441.911,10 €
Total Presupuesto Ejecución Material LSAT + LAAT 132 kV Pinar del Rey		13.277.878,44 €
Partida	Costes Adicionales	
Pos.	Estudio de Seguridad y Salud	76.208,08 €
Pos.	Gestión de Residuos	163.361,52 €
Pos.	Ingeniería de Detalle	76.865,44 €
Pos.	Gastos Generales (13%)	1.726.124,20 €
Pos.	Beneficio Industrial (6%)	796.672,71 €
Total Costes Adicionales LSAT + LAAT 132 kV Pinar del Rey		2.839.231,94 €
Total presupuesto obra LAT Pinar del Rey 132 kV		16.117.110,38 €
Pos.	Impuestos (IVA 21%)	3.384.593,18 €
Partida	Total presupuesto obra LAT Pinar del Rey 132 kV (IVA incluido)	19.501.703,56 €

Tabla 3. Resumen de presupuesto.

El presupuesto de obra (sin IVA) del presente proyecto asciende a la cantidad de dieciséis millones ciento diecisiete mil ciento diez euros con treinta y ocho céntimos de euro (16.117.110,38 €).