Proyecto para Autorización Administrativa de Construcción PSFV “Moraleja Solar” 5 MW y Línea Aéreo-Subterránea 15 kV

Arroyomolinos y Moraleja de Enmedio, Madrid, España

Peticionario: Enrile PV, S.L.

Ingeniería: Astrom Technical Advisors, S.L. (ATA)

Versión: v01

Fecha: Octubre 2025

[redacted]
511
[redacted]

Documentos del Proyecto

DOCUMENTO 1: MEMORIA

- Capítulo 1: Datos Generales
- Capítulo 2: Memoria Descriptiva
- Capítulo 3: Memoria de Cálculos Justificativos

DOCUMENTO 2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO 4: PLANOS

Anexos

ANEXO I: Estudio de Seguridad y Salud

ANEXO II: Fichas Técnicas de Equipos Principales

ANEXO III: Cronograma de Ejecución

ANEXO IV: Estudio de Gestión de Residuos

ANEXO V: Configuración Eléctrica de la PSFV

ANEXO VI: Estudio de Producción PVSyst

ANEXO VII: Plan de Desmantelamiento

ANEXO VIII: Relación de Bienes y Derechos Afectados (RBDA)

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Capítulo 1: Datos Generales del Proyecto

Índice

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO 3

1.1. OBJETO 3
1.2. ANTECEDENTES 4
1.3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 4
1.4. POTENCIAS DEL PROYECTO 5
1.5. TITULAR - PROMOTOR 7

2. LEGISLACIÓN APLICABLE 8

2.1. NORMATIVA LOCAL 8
2.2. PRODUCCIÓN ELÉCTRICA 8
2.3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS 8
2.4. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN 9
2.5. INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN 9
2.6. ESTRUCTURAS Y OBRA CIVIL 9
2.7. SEGURIDAD Y SALUD 10
2.8. MEDIO AMBIENTE 11
2.9. NORMAS UNE APLICABLES 11

1. Datos Generales del Proyecto

1.1. Objeto

El objeto del presente documento, que se redacta conforme a las Leyes vigentes, trata sobre la descripción de la **Planta Solar Fotovoltaica "Moraleja Solar", de 5 MW** de capacidad de acceso otorgada en el punto de conexión (en adelante la "Planta Solar FV" o la "Planta"), y sus **Infraestructuras Eléctricas de Evacuación**, con la siguiente finalidad:

- En el orden técnico, obtener la correspondiente Autorización Administrativa de Construcción del Proyecto, que ha sido redactado de acuerdo a:
  - El 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.
  - El 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.
  - El Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- En el orden administrativo, obtener la Autorización Administrativa de Construcción y Aprobación del Proyecto a realizar, según lo establecido en:
  - La Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico.
  - 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.
- Informar a los Ayuntamientos de Arroyomolinos y Moraleja de Enmedio, Madrid, de la obra civil y electromecánica que se pretende realizar para llevar a cabo la implantación del proyecto, así como solicitar la correspondiente licencia de obras.
- Servir de base para la contratación de las obras e instalaciones.

Las infraestructuras eléctricas objeto del presente proyecto estarán formadas por:

- Una (1) Planta Solar Fotovoltaica, de 6,63 MW de potencia pico y 5,1 MW de potencia instalada.
- Una (1) Línea Aéreo-Subterránea en 15 kV, de 4,44 km de longitud aproximada.

1.2. Antecedentes

La cada vez más extendida preocupación por la degradación medioambiental, así como la conveniencia de reducir la dependencia energética de fuentes de energía no renovables, han sido dos de los factores clave en la investigación y el desarrollo de fuentes de energía alternativas que puedan aportar mejores soluciones técnicas y económicas a ambas cuestiones.

Actualmente, el sector de las energías renovables se está desarrollando a un ritmo muy superior al que los expertos más optimistas habían estimado, jugando la energía solar fotovoltaica un papel fundamental gracias a su alto grado de desarrollo y su disminución progresiva de costes.

Para hacer viable la penetración de las instalaciones renovables de generación en las redes de distribución y transporte, se deberán proyectar y construir las infraestructuras eléctricas necesarias para su conexión al sistema cumpliendo con los requerimientos locales, autonómicos y estatales, así como los procedimientos de operación y normativas del sector eléctrico que sean de aplicación.

1.3. Descripción de la Actividad

La actividad que se llevará a cabo en la zona es la transmisión de la energía eléctrica producida por la instalación fotovoltaica al sistema eléctrico español, la cual se basa en la transformación directa de la luz solar incidente sobre los paneles solares en energía eléctrica.

La construcción de estas plantas se justifica por la necesidad de conseguir los objetivos y logros propios de una política energética medioambiental sostenible. Estos objetivos se apoyan en los siguientes principios fundamentales:

- Reducir la dependencia energética.
- Aprovechar los recursos en energías renovables.
- Diversificar las fuentes de suministro incorporando los menos contaminantes.
- Reducir las tasas de emisión de gases de efecto invernadero.
- Facilitar el cumplimiento del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC).

La Planta Solar FV se proyecta en varias parcelas pertenecientes al municipio Moraleja de Enmedio, Madrid.

La transmisión de la energía al sistema eléctrico español se realizará a través de las infraestructuras eléctricas de evacuación, la cual está formada por una Línea Aéreo-Subterránea de 15 kV **(objeto del presente proyecto)** que servirá para evacuar la potencia generado por la PSFV, cuyo origen será el Centro de Transformación **(objeto del presente proyecto)** de dicha planta, y cuyo destino será el Centro de Entrega **(objeto de otro proyecto)**. Desde el Centro de Entrega partirán líneas de entrada y salida **(objeto de otro**

proyecto) que discurrirán hasta intercalar en un anillo cerrado con la subestación eléctrica de la compañía distribuidora **(objeto de otro proyecto)**.

La Planta Solar FV se diseña considerando una estructura soporte de los módulos fotovoltaicos consistente en un sistema de seguimiento al sol y a un eje horizontal con objeto de incrementar la radiación solar incidente que presentaría una instalación con paneles en horizontal situado en el mismo lugar.

La consecución de estos objetivos implicará la utilización de equipos y materiales de alta calidad que, además, permitan garantizar en todo momento la seguridad tanto de las personas como de la propia red y los restantes sistemas que están conectados a ella.

A continuación, se muestra un esquema general del proyecto a modo de aclaración:

Figura 1: Esquema General del Proyecto

1.4. Potencias del Proyecto

En este apartado se definen las potencias del Proyecto de acuerdo con los conceptos establecidos en el Real Decreto 1183/2020 y Real Decreto-Ley 23/2020.

Capacidad de Acceso otorgada en el Punto de Conexión:

El artículo 4 del Real Decreto-ley 23/2020 establece que:

"La capacidad de acceso será la potencia activa máxima que se le permite verter a la red a una instalación de generación de electricidad."

Por tanto, la **Capacidad de Acceso** de la Planta Solar FV "Moraleja Solar" conforme al Permiso de Acceso de Conexión otorgado por I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U. es de: **5 MW**.

Potencia Instalada

Según la disposición final tercera del Real Decreto 1183/2020, la potencia instalada se define como:

"En el caso de instalaciones fotovoltaicas, la potencia instalada será la menor de entre las dos siguientes:

a) la suma de las potencias máximas unitarias de los módulos fotovoltaicos que configuran dicha instalación, medidas en condiciones estándar según la norma UNE correspondiente.
b) la potencia máxima del inversor o, en su caso, la suma de las potencias de los inversores que configuran dicha instalación."

Para esclarecer los términos, el MITERD ha incorporado en su página web un apartado de preguntas frecuentes, en el que se especifica lo siguiente:

- En el caso de módulos bifaciales, "La potencia máxima de módulo resultaría del sumatorio de la potencia máxima de ambas caras".
- "La potencia máxima de un inversor que habrá que considerar a efectos de determinar la potencia instalada será la potencia nominal (potencia activa), es decir, aquella que es capaz de soportar en régimen permanente".

Teniendo en cuenta todo lo anterior, para la Planta Solar FV "Moraleja Solar" obtenemos los valores reflejados en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor
Cantidad de Módulos	9.212
Coeficiente de Bifacialidad	80%
Potencia unitaria de la cara delantera del módulo en condiciones estándar	720 W
Potencia unitaria de la cara trasera del módulo en condiciones estándar	576 W
Potencia máxima de módulos fv	**11,939 MW**
Cantidad de Inversores	17
Potencia unitaria nominal de inversor a 40ºC, fpd=1	300 kW
Potencia máxima de inversores	**5,1 MW**

Tabla 1: Potencias Máximas de Módulos e Inversores

Siendo la Potencia Instalada la menor entre las calculadas en la tabla superior, se concluye que la **Potencia Instalada** de la Planta Solar FV "Moraleja Solar" es **5,1 MW**.

Cabe mencionar que la Potencia Instalada de la Planta Solar FV "Moraleja Solar" es superior a la Capacidad de Acceso. En este sentido, el artículo 4 del Real Decreto-ley 23/2020 establece que "Las autorizaciones administrativas de instalaciones de generación se podrán otorgar por una potencia instalada superior a la capacidad de acceso que figure en el permiso de acceso". Por otro lado, la disposición adicional primera del Real Decreto 1183/2020 establece que "Las instalaciones de generación de electricidad cuya potencia total instalada supere la capacidad de acceso otorgada en su permiso de acceso deberán disponer de un sistema

de control, coordinado para todos los módulos de generación e instalaciones de almacenamiento que la integren, que impida que la potencia activa que esta pueda inyectar a la red supere dicha capacidad de acceso".

En consecuencia, la potencia activa generada por la Planta Solar FV "Moraleja Solar" estará limitada mediante un sistema de control (Power Plant Controller) para garantizar que la potencia inyectada a la red nunca supere la Capacidad de Acceso.

Potencia Pico:

Aunque este término no viene definido en la normativa comentada a lo largo de este apartado, la Potencia Pico se conoce coloquialmente en el sector de la energía solar fotovoltaica como la suma de las potencias de la cara frontal de los módulos fotovoltaicos en condiciones estándar de medida.

Por tanto, la **Potencia Pico** de la Planta Solar FV "Moraleja Solar" es: **6,63 MW.**

Resumen

Parámetro	Valor
Potencia Pico	6,63 MW
Potencia Instalada	5,1 MW
Capacidad de Acceso	5 MW

Tabla 2: Potencias del Proyecto

1.5. Titular - Promotor

El Titular y a la vez Promotor de la instalación objeto del presente Proyecto es la mercantil **ENRILE PV, S.L.** cuyos datos a efectos de notificación se citan a continuación:

- Nombre del titular: **ENRILE PV, S.L.**
- Dirección del titular: **Calle Don Ramón de la Cruz 63. 1º B, CP 28001 (Madrid)**
- NIF/CIF: **B-10774784**
- Persona/s de contacto: Fernando Herraiz Colás
- Correo electrónico de contacto: [redacted]
- Teléfono de Contacto: [redacted]

2. Legislación Aplicable

Para la elaboración del presente Proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

2.1. Normativa Local

- Normativa urbanística y ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Arroyomolinos, Madrid, España.
- Normativa urbanística y ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio, Madrid, España.

2.2. Producción Eléctrica

- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- 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.
- Real Decreto 2351/2004, de 23 de diciembre, por el que se modifica el procedimiento de resolución de restricciones técnicas y otras normas reglamentarias del mercado eléctrico.
- Real Decreto 1454/2005, de 2 de diciembre, por el que se modifican determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Reglamento (UE) 2016/631 de la Comisión, de 14 de abril de 2016, que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red.
- Todas las instalaciones cumplirán la Normativa Europea EN, la Normativa CENELEC, las Normas UNE y las Recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).
- Normas particulares de REE.

2.3. Instalaciones Fotovoltaicas

- 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.

- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica Conectadas a Red del IDAE.

2.4. Instalaciones de Baja Tensión

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus Instrucciones técnicas complementarias ITC-BT 01 a 52.
- Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.

2.5. Instalaciones de Alta Tensión

- R.D. 223/2008 por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas. RLAT.
- RD 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.
- R. D. 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.
- Normativas IEC y UNE aplicables.
- IEEE 80: Guía para la seguridad en la puesta a tierra de subestaciones.
- IEEE 575: Guide for Bonding Shields and Sheaths of Single-Conductor Power Cables Rated 5 kV through 500 kV.
- IEC 60287-2-1: Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-1: Thermal resistance - Calculation of thermal resistance.
- IEC TR 61597:2021: Overhead electrical conductors - Calculation methods for stranded bare conductors

2.6. Estructuras y Obra Civil

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Documentos Básicos del CTE aplicables.
- 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 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.
- UNE-EN-1990/2019 Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.

2.7. Seguridad y Salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores.
- 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 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.
- 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.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

2.8. Medio Ambiente

- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, que regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales.
- Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

2.9. Normas UNE Aplicables

A continuación, se describen la relación de normas UNE incluidas en la ITC-LAT 02 aplicables a este proyecto.

2.9.1. Generales

- UNE 20324:1993: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324/11V1:2000: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 20324:2004 ERRATUM: Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE 21308-1:1994: Ensayos en alta tensión. Parte 1: definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos.
- UNE-EN 50102:1996: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102 CORR:2002: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/A1:1999: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 50102/Al CORR:2002: Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 60060-2:1997: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60060-2/A11:1999: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.

- UNE-EN 60060-3:2006: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 60060-3 CORR.:2007: Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 600711:2006: Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN 60071-2:1999: Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE-EN 60270:2002: Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- UNE-EN 60865-1:1997: Corrientes de cortocircuito. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- UNE-EN 60909-0:2002: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- UNE-EN 60909-3:2004: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3: Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes parciales de cortocircuito circulando a través de tierra.

2.9.2. Cables y Conductores

- UNE 21144-1-1:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
- UNE 21144-1-1/2M:2002: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
- UNE 21144-1-2:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
- UNE 21144-1-3:2003: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
- UNE 21144-2-1:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-1/1M:2002: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-1/21V1:2007: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-2:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.

- UNE 21144-3-1:1997: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 1: Condiciones de funcionamiento de referencia y selección del tipo de cable.
- UNE 21144-3-2:2000: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
- UNE 21144-3-3:2007: Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 3: Cables que cruzan fuentes de calor externas.
- UNE 21192:1992: Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE 211003-2:2001: Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV (Um= 7,2 kV) a 30 kV (Um=36 kV).
- UNE 211003-3:2001: Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV (Um=36 kV).
- UNE 211435:2007: Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución.
- UNE-1-113 620-5-E-1:2007: Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 5: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de XLPE. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 5E-1, 5E-4 y 5E-5).

2.9.3. Aparamenta eléctrica

- UNE-EN 62271:2019: Aparamenta de Alta Tensión.
- UNE-EN 60044-1/A2:2004: Transformadores de medida. Parte 1: Transformadores de intensidad.
- UNE-EN 60044-2/A2:2004: Transformadores de medida. Parte 2: Transformadores de tensión inductivos.

2.9.4. Accesorios para Cables

- UNE 21021:1983: Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Capítulo 2: Memoria Descriptiva

Índice

1. PSFV "MORALEJA SOLAR" 3

1.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 3
1.2. RELACIÓN DE AFECCIONES DEL PROYECTO 9
1.3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA 23
1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS PRINCIPALES 45
1.5. EXPLOTACIÓN DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA 67

2. LÍNEA AÉREO – SUBTERRÁNEA 15 KV 69

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA LÍNEA 69
2.2. TRAZADO DE LA LÍNEA 72
2.3. AFECCIONES 72
2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS CONDUCTORES 75
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN TRAMO AÉREO 78
2.6. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO 97

1. PSFV "Moraleja Solar"

1.1. Situación y Emplazamiento

1.1.1. Localización y Características Generales del Lugar de Ubicación del Proyecto

La Planta Solar FV se proyecta en el municipio de Moraleja de Enmedio, en concreto se instalará en nueve parcelas pertenecientes al término municipal del mismo, las cuales presentan una superficie total de 134.956 m². Se trata de una zona ubicada al norte del término municipal.

La orografía de la parcela presenta diferencias topográficas de 25 m, con cotas que van desde los 655 m.s.n.m. hasta los 680 m.s.n.m.

Las coordenadas (ETRS89 UTM 30T) de referencia donde se localizará la Planta son las siguientes:

	Coordenadas ETRS89 UTM 30T
X	426.781,30 m E
Y	4.458.225,25 m N

Tabla 1: Coordenadas del Emplazamiento

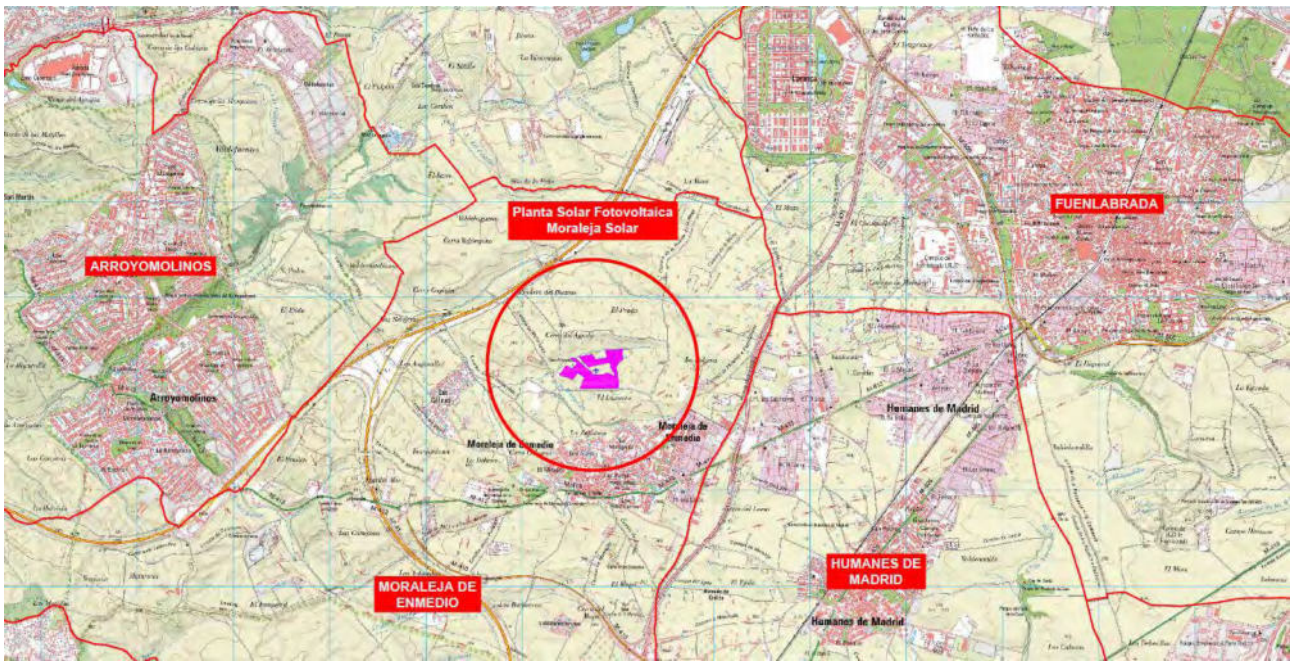


Figura 1: Localización del Proyecto

1.1.2. Polígonos y Parcelas Catastrales Afectadas

Los Polígonos y Parcelas pertenecientes al Término Municipal de Moraleja de Enmedio sobre el que se proyecta la Planta Solar FV son los siguientes:

Polígono	Parcela	Referencia Catastral	Término Municipal	Superficie (m^2)	Ocupación (m^2)
1	102	28089A001001020000OF	Moraleja de Enmedio	21.863	20.981,60
1	104	28089A001001040000OO	Moraleja de Enmedio	7.855	7.419,84
1	105	28089A001001050000OK	Moraleja de Enmedio	7.185	6.963,40
1	106	28089A001001060000OR	Moraleja de Enmedio	11.553	11.098,05
1	154	28089A001001540000OW	Moraleja de Enmedio	14.643	13.745,18
1	156	28089A001001560000OB	Moraleja de Enmedio	47.011	45.368,39
1	157	28089A001001570000OY	Moraleja de Enmedio	18.981	18.693,11
1	159	28089A001001590000OQ	Moraleja de Enmedio	4.960	4.744,35
1	10160	28089A001101600000OK	Moraleja de Enmedio	905	854,11
Superficie Total (m^2)				134.956	129.868,03
Superficie Total (ha)				13,50	12,99

Tabla 2: Polígono y Parcela donde se proyecta la Planta Solar FV

La siguiente imagen muestra la zona ocupada por las parcelas catastrales listadas en la tabla anterior y el vallado de la Planta Solar Fotovoltaica.

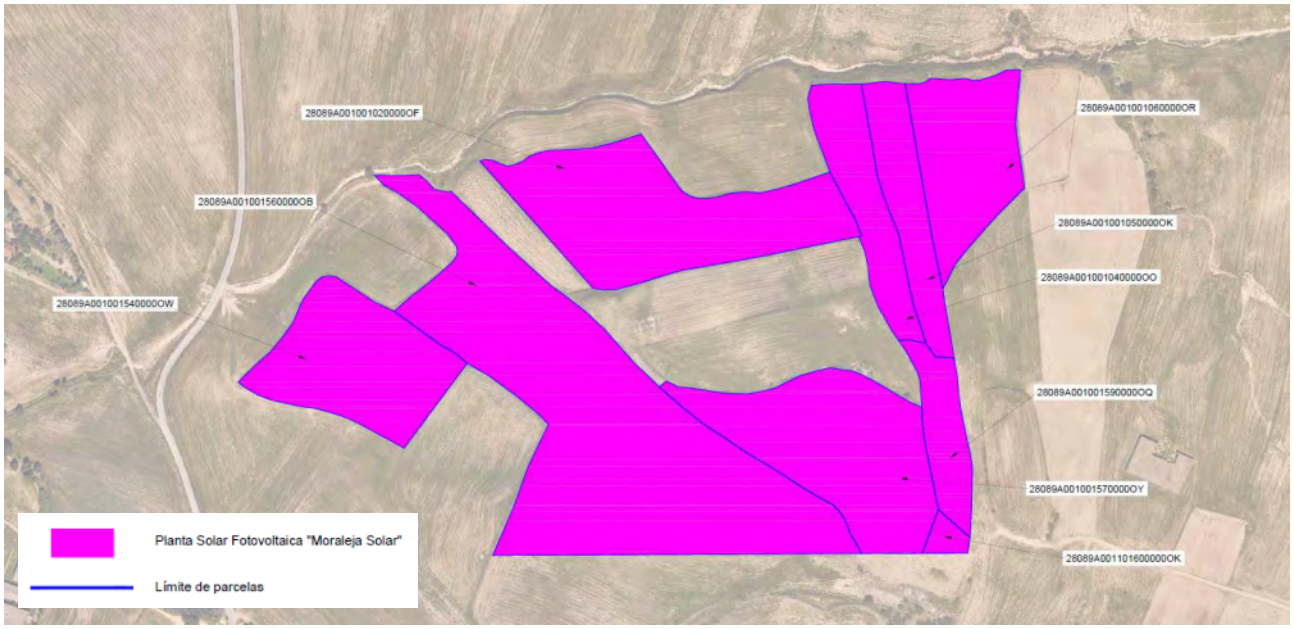


Figura 2: Área Disponible para la Implantación de la Planta Solar FV

La superficie total disponible para la implantación de la Planta Solar FV es de 13,50 ha, siendo el área de ocupación previsto de 12,99 ha, lo que implica un porcentaje de ocupación previsto del 96,22 %.

1.1.3. Orografía del Terreno

El diseño de la implantación de la Instalación Fotovoltaica ha sido realizado teniendo en cuenta la orografía del terreno, para lo que se ha realizado un levantamiento topográfico de la zona de actuación y se han determinado las pendientes máximas de cara a identificar aquellas zonas que pudieran requerir movimientos de tierra para cumplir con los criterios establecidos para el proyecto en cuanto a pendientes:

- Pendientes N-S máximas admisibles del 14%.
- Pendientes S-N máximas admisibles del 14%.
- Pendientes E-O máximas admisibles del 14%.

La orografía actual de la zona de implantación presenta diferencias topográficas de 25 m, con cotas que van desde los 655 m.s.n.m. hasta los 680 m.s.n.m.

A continuación, se muestran unas imágenes con las pendientes del terreno:

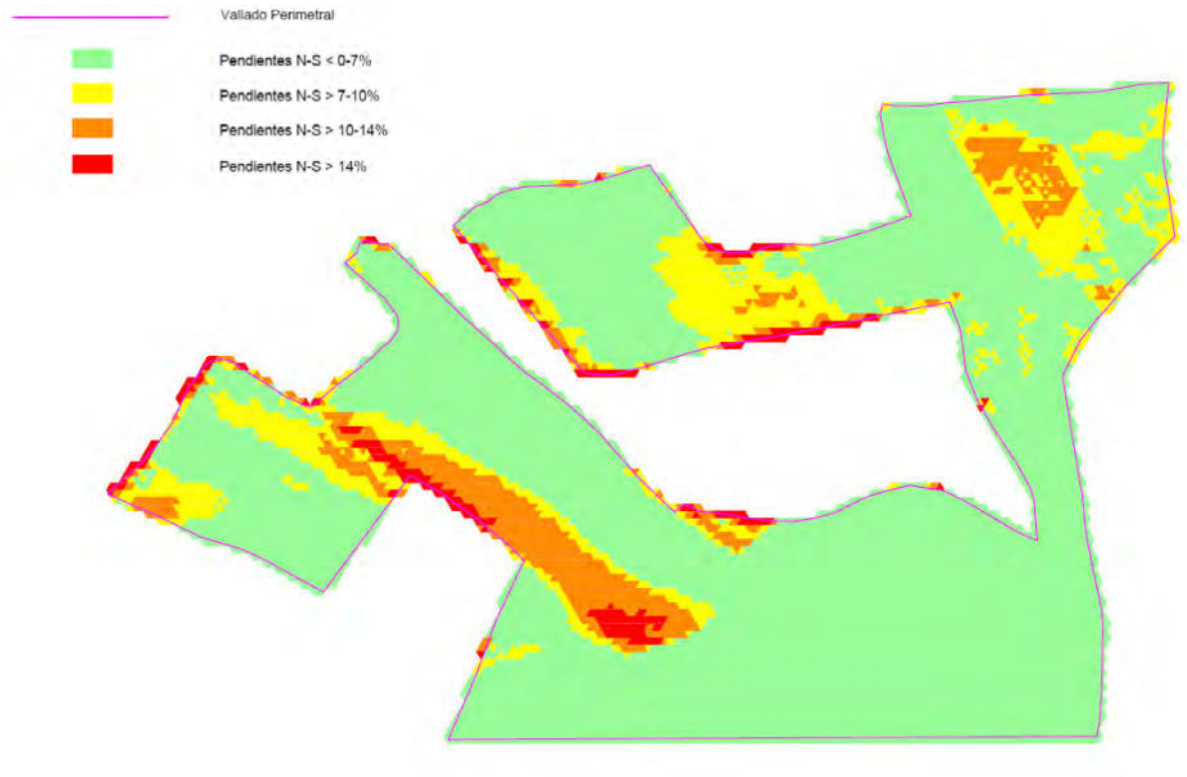


Figura 3: Pendientes Máximas del terreno N-S

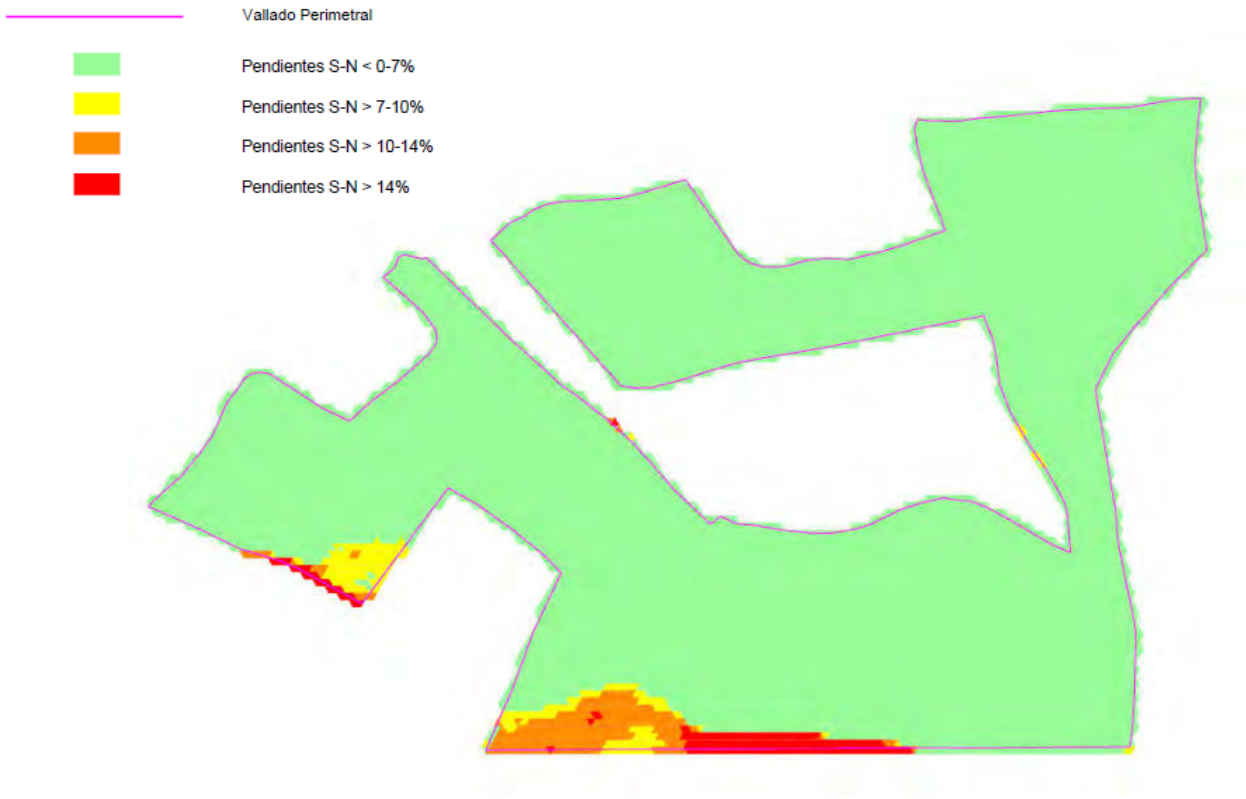


Figura 4: Pendientes Máximas del terreno S-N

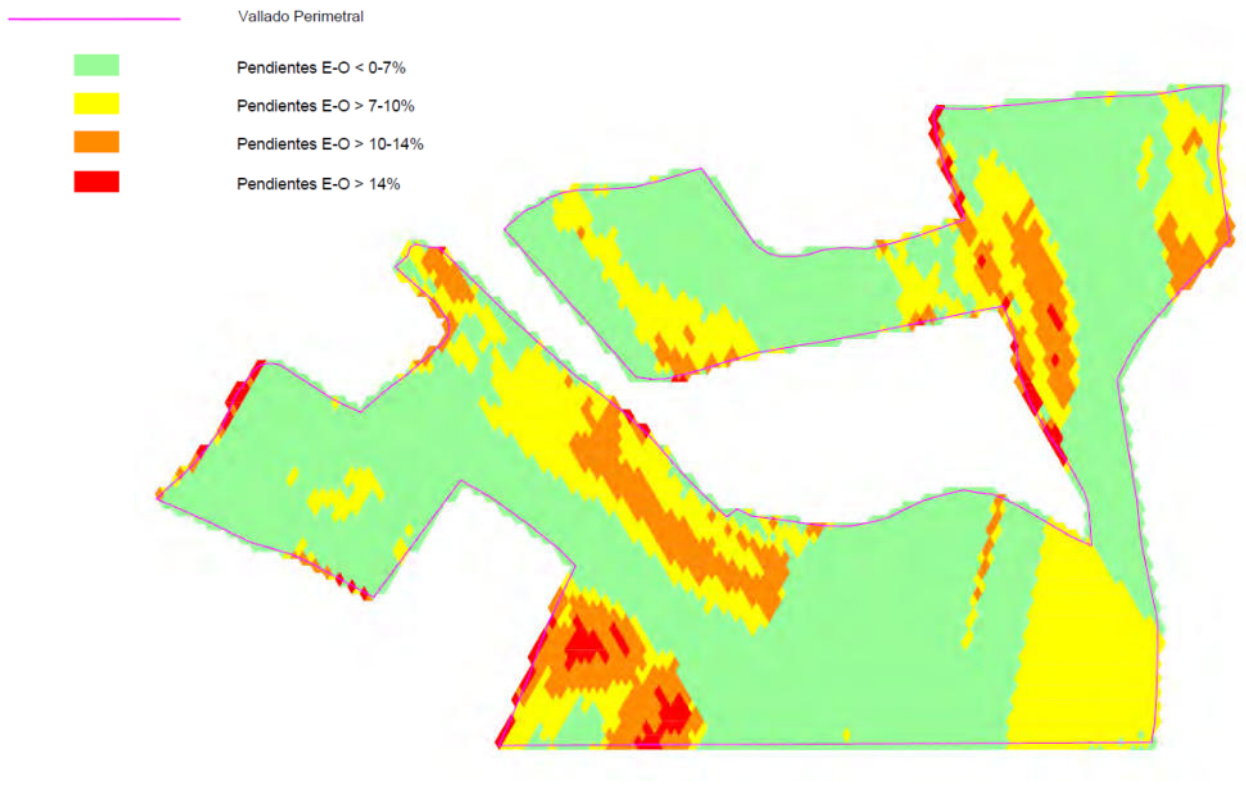


Figura 5: Pendientes Máximas del terreno E-O

Para más información, véase el plano *2.7 Orografía conceptual del terreno,* del Documento *04. Planos.*

1.1.4. Accesos a Planta

La ruta de acceso para llegar a la Planta Solar FV (marcada en color verde en la siguiente imagen), se proyecta desde el Camino de Móstoles-Moraleja, al que le continúa el Camino de Móstoles.

Las coordenadas (ETRS89 UTM 30T) de referencia de las puertas de acceso de la Planta Solar FV son las siguientes:

Accesos	Coordenadas (ETRS89 UTM 30T)	
	X	Y
1	426.417,01 m E	4.458.208,73 m N

Tabla 3: Coordenadas Puertas de Acceso

A continuación, se muestra un plano detalle de la localización del camino de acceso a la Planta Solar FV y de la puerta de acceso:

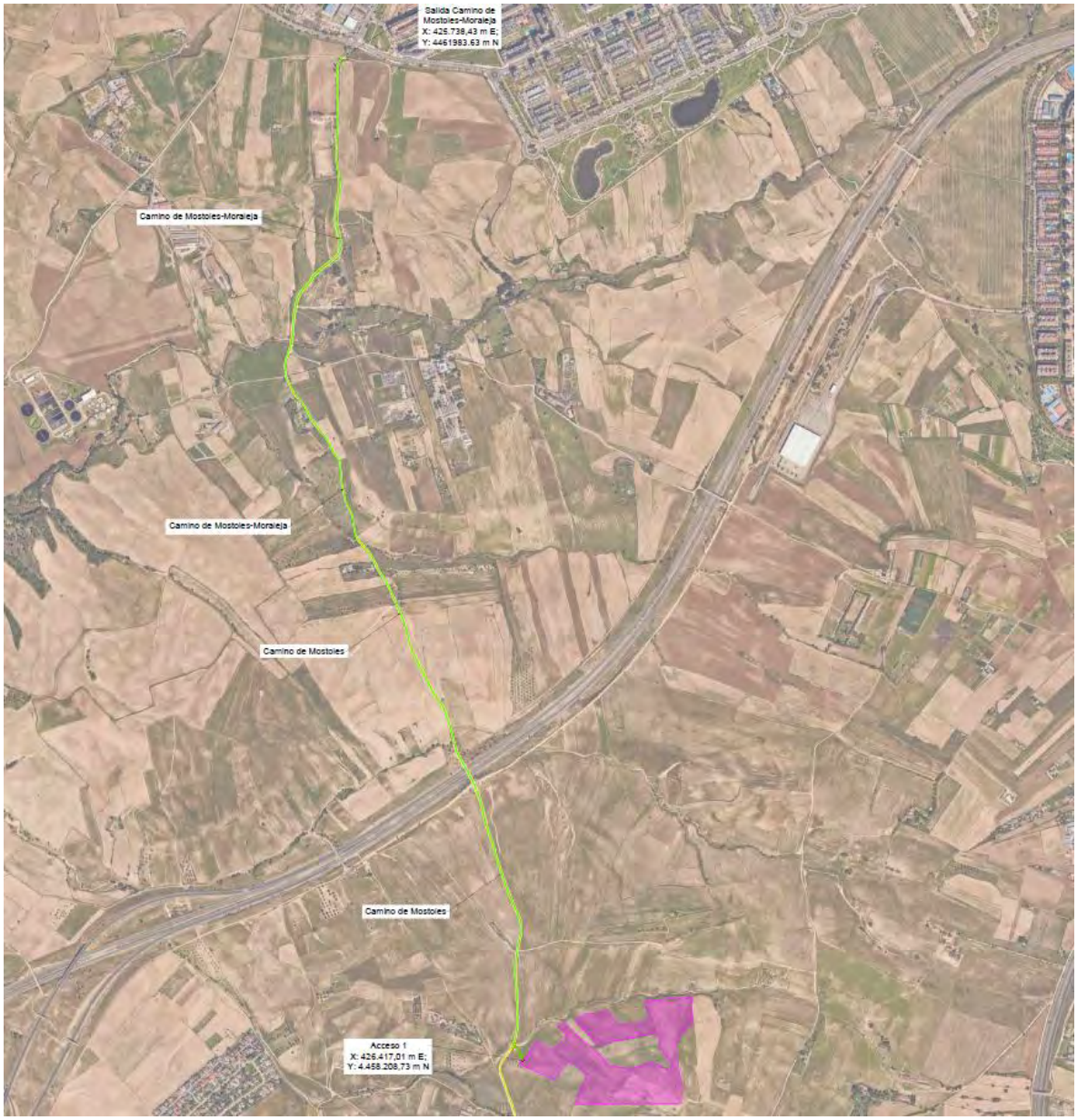


Figura 6: Accesos a la Planta Solar FV

Cabe mencionar que todos los accesos planteados, ya sean caminos existentes o proyectados, serán acondicionados de acuerdo al tránsito y funcionalidad en caso de que sea necesario.

Para más información, véase el plano "*2.1 Accesos a la Planta"* del Documento *04. Planos.*

1.1.5. Condiciones Climáticas

En Moraleja de Enmedio, los veranos son cortos, cálidos, secos y mayormente despejados y los inviernos son muy fríos y parcialmente nublados.

En la siguiente tabla, se muestran las condiciones ambientales y meteorológicas del lugar donde está ubicada la Planta Solar Fotovoltaica de acuerdo con los datos obtenidos tras la consulta de la base de datos SOLARGIS.

Meses	Temperatura Media (ºC)	Radiación global horizontal (kWh/m^2)	Radiación difusa (kWh/m^2)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	4,9	67,8	24,8	2,4
Febrero	6,4	90,4	30,8	2,6
Marzo	9,4	139,5	48	2,8
Abril	12,2	172,6	59,8	2,8
Mayo	16,5	208,1	70,3	2,6
Junio	22,1	229,3	68,9	2,6
Julio	25,8	247,1	57,8	2,6
Agosto	25,4	215,8	56,2	2,4
Septiembre	20,3	159,3	49,9	2,3
Octubre	15	112,5	40,9	2,3
Noviembre	8,9	72,1	27,2	2,5
Diciembre	5,8	59,3	22,5	2,3
Año	**14,4**	**1.773,9**	**557,1**	**2,5**

Tabla 4: Condiciones Climáticas del Emplazamiento

El estudio de producción energética PVSyst de la Planta Solar FV (Anexo VI del presente Proyecto) se ha realizado considerando los datos climáticos anteriores.

1.2. Relación de afecciones del Proyecto

Los organismos competentes que pudieran verse afectados por la implantación del Proyecto son los listados a continuación:

- Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Sociedad Española de Ornitología.
- Ecologistas en Acción.
- Consejería de Cultura, Turismo y Deporte de la Comunidad de Madrid.
- Consejería del Medio Ambiente, Agricultura e Interior.
- I-DE Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U.
- Red Eléctrica de España S.A.
- Confederación Hidrográfica del Tajo.
- Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

- Dirección General de Urbanismo de la Viceconsejería de Medio Ambiente, Agricultura y Ordenación del Territorio.

A continuación, se realiza una descripción detallada de cada una de las afecciones del Proyecto:

1.2.1. Urbanismo, Linderos y Caminos Públicos

A la hora de realizar la implantación de la Planta, se ha considerado una distancia mínima de 1 m desde la linde de las parcelas hasta el vallado perimetral, independientemente de que el lindero sea una parcela privada o un camino público. Además, desde el vallado a las estructuras se ha considerado una distancia mínima de 4 m, por lo que la separación a linderos con carácter general se fija en 5 metros.

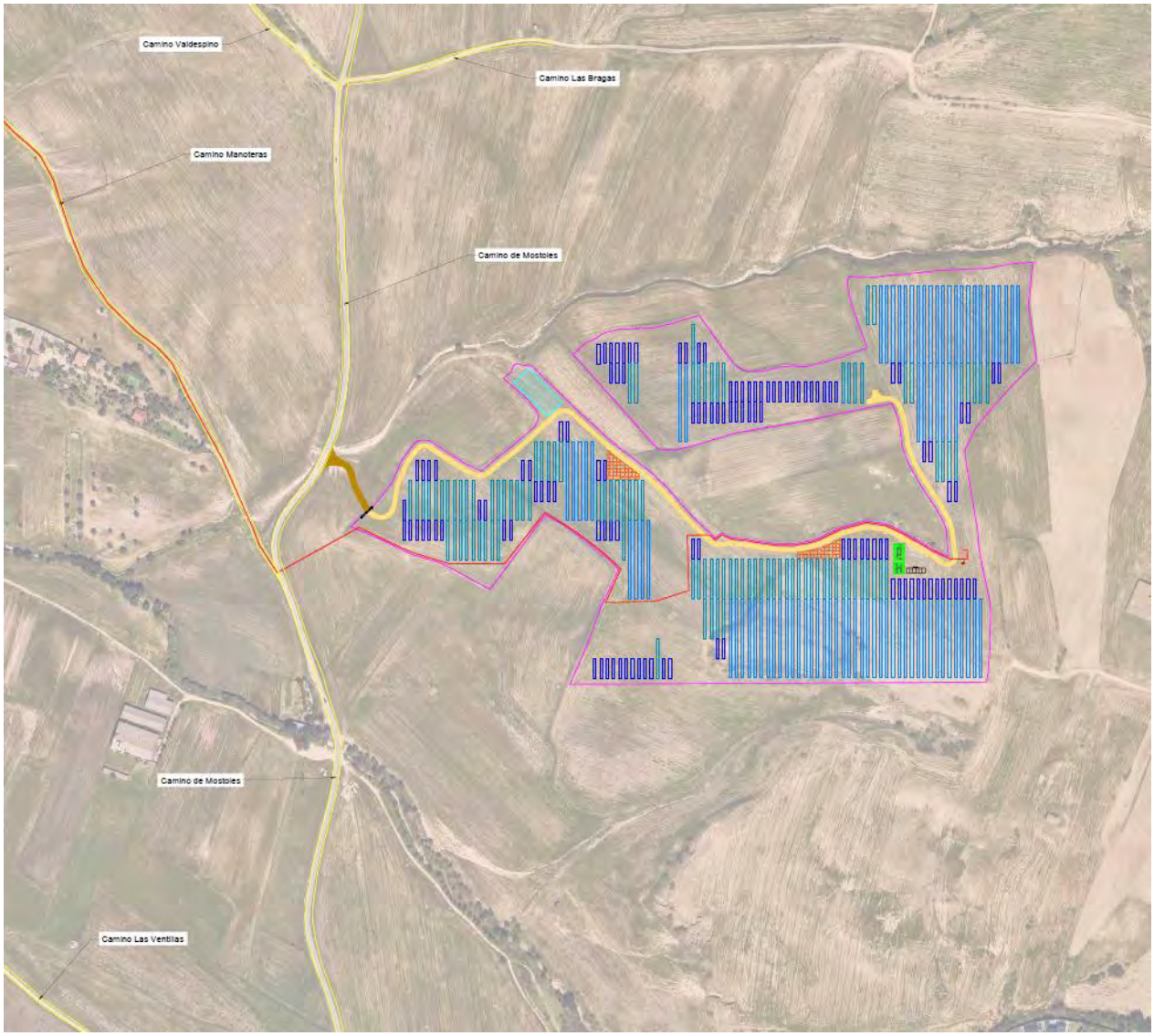


Figura 7: Caminos públicos existentes

Para más información, véase el plano *1.5 Afecciones*, del Documento *04. Planos Generales*.

1.2.2. Vías Pecuarias

Según la Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias, y la Ley 8/1998, de 15 de junio, de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid, así como su desarrollo reglamentario mediante el Decreto 7/2021, de 27 de enero, al este de la implantación fotovoltaica se observa una Vereda Innominada con la cual no se presenta afección alguna ya que está situada a más de 1,2 km del vallado perimetral de la Planta.

Figura 8: Mapa Vías Pecuarias

1.2.3. Espacios Protegidos (Red Natura 2000)

Según lo recogido en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y la Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la implantación del Proyecto no se vería afectada por la presencia de ningún elemento natural perteneciente a la Red Natura 2000, quedando la más cercana, a más de 2 km del emplazamiento de la Planta Solar FV como se puede observar en la imagen a continuación.

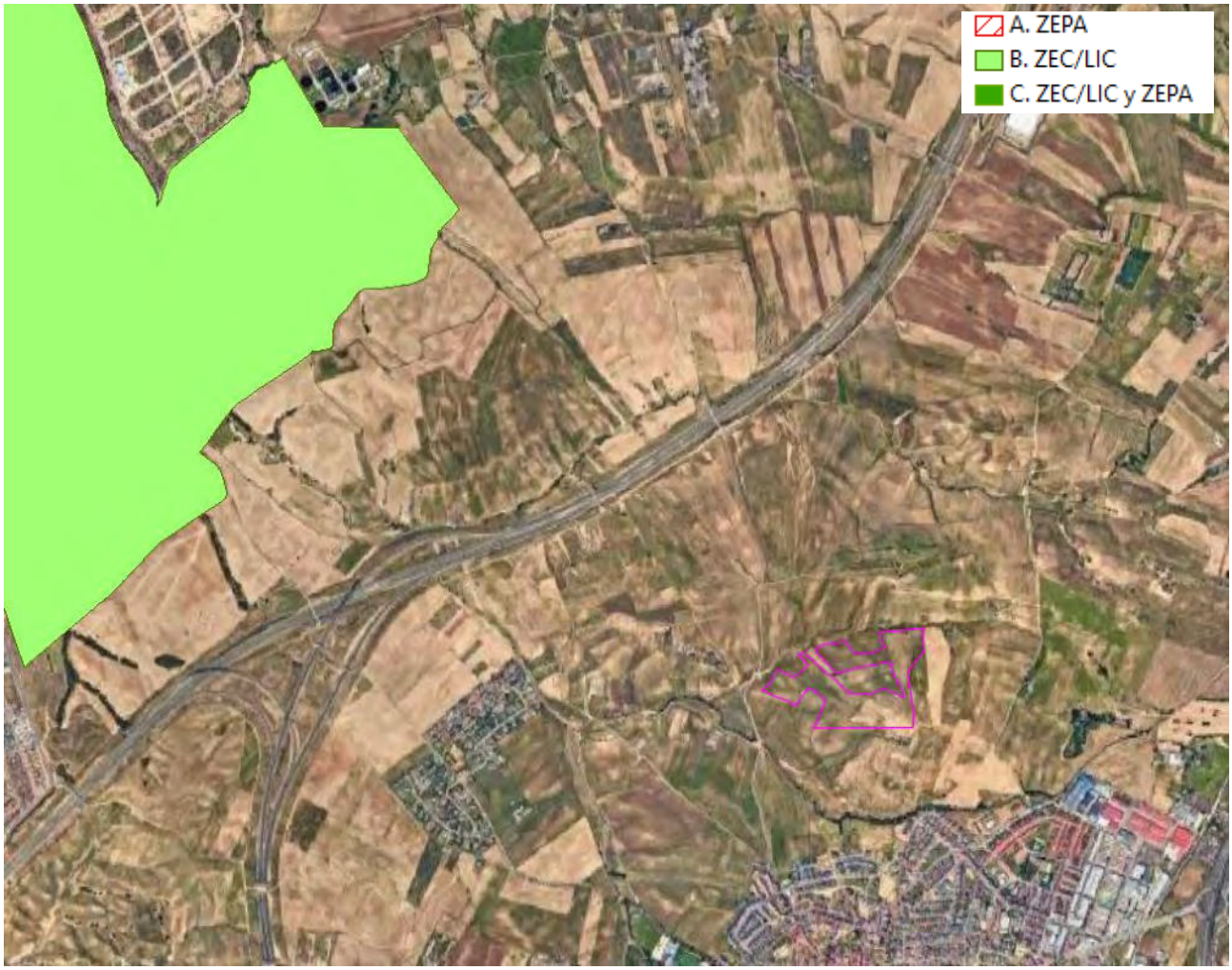


Figura 9: Mapa Espacio Protegidos (Red Natura)

1.2.4. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y su Biodiversidad (IBAS)

Las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBA) son aquellas zonas en las que se encuentran presentes regularmente una parte significativa de la población de una o varias especies de aves consideradas prioritarias por la BirdLife.

Como se puede apreciar a continuación, el área importante para la conservación de aves más cercana a la implantación se sitúa a más de 10 km, por lo que no produciría afección alguna sobre la zona.

Figura 10: Mapa Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y su Biodiversidad.

1.2.5. Hábitats de Interés Comunitario

Según lo recogido en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y la Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la implantación del Proyecto no se vería afectada por la presencia de ningún Hábitat de Interés Comunitario en la zona de actuación, encontrándose el más cercano a más de 3,5 kilómetros como se puede apreciar en la siguiente imagen marcado en color verde:

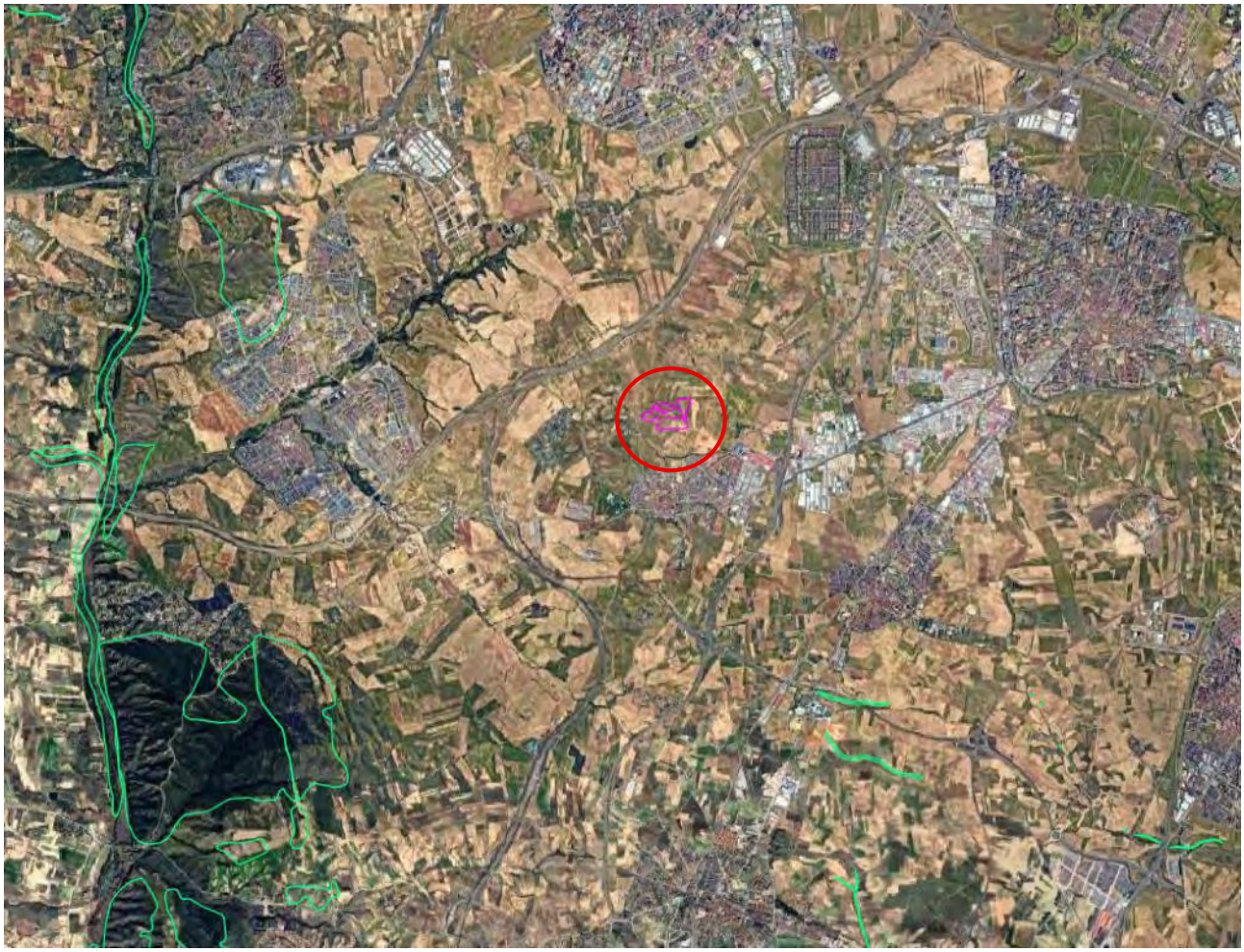


Figura 11: Mapa Hábitat Interés Comunitario

1.2.6. Montes de utilidad pública

Los Montes de Utilidad Pública están regulados por la Ley 21/2025, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

En las parcelas donde está previsto el emplazamiento del Proyecto no existen afecciones a Montes de Utilidad Pública, encontrándose el más cercano a más de 8 kilómetros del suroeste del vallado perimetral.

Figura 12. Mapa Montes de Utilidad Pública

1.2.7. Líneas Eléctricas

Existen una línea eléctrica aérea de 220 kV que pasa por el centro de la implantación. Se ha respetado una distancia de 15m desde el eje de la línea hasta los seguidores, por lo que la Planta Solar FV no tendría alguna afección sobre la misma.

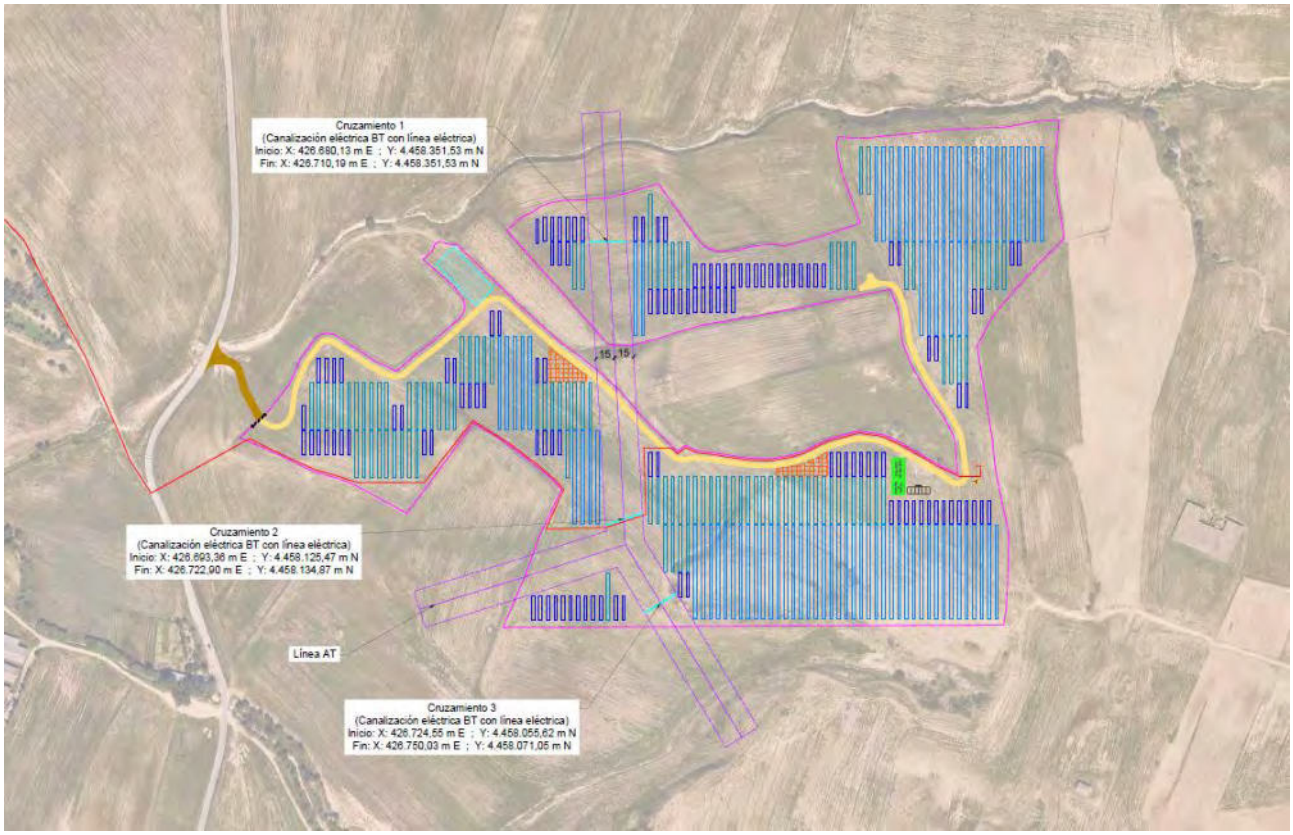


Figura 13. Líneas eléctricas

Sin embargo, como se puede observar en la figura, existen cruzamientos de canalizaciones eléctricas de BT con líneas eléctricas existentes.

Las coordenadas de dichos cruzamientos se detallan en la siguiente tabla:

Cruzamientos con Líneas Eléctricas	Coordenadas (UTM HUSO 30S)			
	Inicio		Fin	
	X	Y	X	Y
Cruzamiento 1: Canalización Eléctrica BT con Línea Eléctrica	426.680,13	4.458.351,53	426.710,19	4.458.351,53
Cruzamiento 2: Canalización Eléctrica BT con Línea Eléctrica	426.693,36	4.458.125,47	426.722,90	4.458.134,87
Cruzamiento 3: Canalización Eléctrica BT con Línea Eléctrica	426.724,55	4.458.055,62	426.750,03	4.458.071,05

Tabla 5 Coordenadas de cruzamientos de canalizaciones eléctricas de BT con Líneas eléctricas

Para más información, véase el plano *1.5 Afecciones,* del Documento *04. Planos Generales.*

1.2.8. Carreteras

Según lo recogido en la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras del Estado

- *Zona de servidumbre: La zona de servidumbre de la carretera consistirá en dos franjas de terreno a ambos lados de la misma, delimitadas interiormente por la zona de dominio y, exteriormente, por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación, a una distancia de 25 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y de 8 metros en las demás carreteras, medidos desde las citadas aristas.*
- *Zona de afección: La zona de afección de las carreteras del Estado está constituida por dos franjas de terreno a ambos lados de las mismas, delimitadas interiormente por la zona de servidumbre ye exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación, a una distancia de 100 metros en autopistas y autovías y de 50 metros en carreteras multicarril y convencionales, medidos horizontalmente desde las citadas aristas*
- Línea límite de edificación: *A ambos lados de las carreteras del Estado se establece la línea límite de edificación, que se sitúa a 50 metros en autopistas y autovías y a 25 metros en carreteras convencionales y carreteras multicarril, medidos horizontal y perpendicularmente a partir de la arista exterior de la calzada más próxima. La arista exterior de la calzada es el borde exterior de la parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en general*

La carretera más cercana a la zona de estudio es la autopista Radial R-5, que se encuentra a 1 kilómetro aproximadamente del norte de la Planta. Por lo tanto, la Planta no tendría alguna afección sobre estas carreteras.

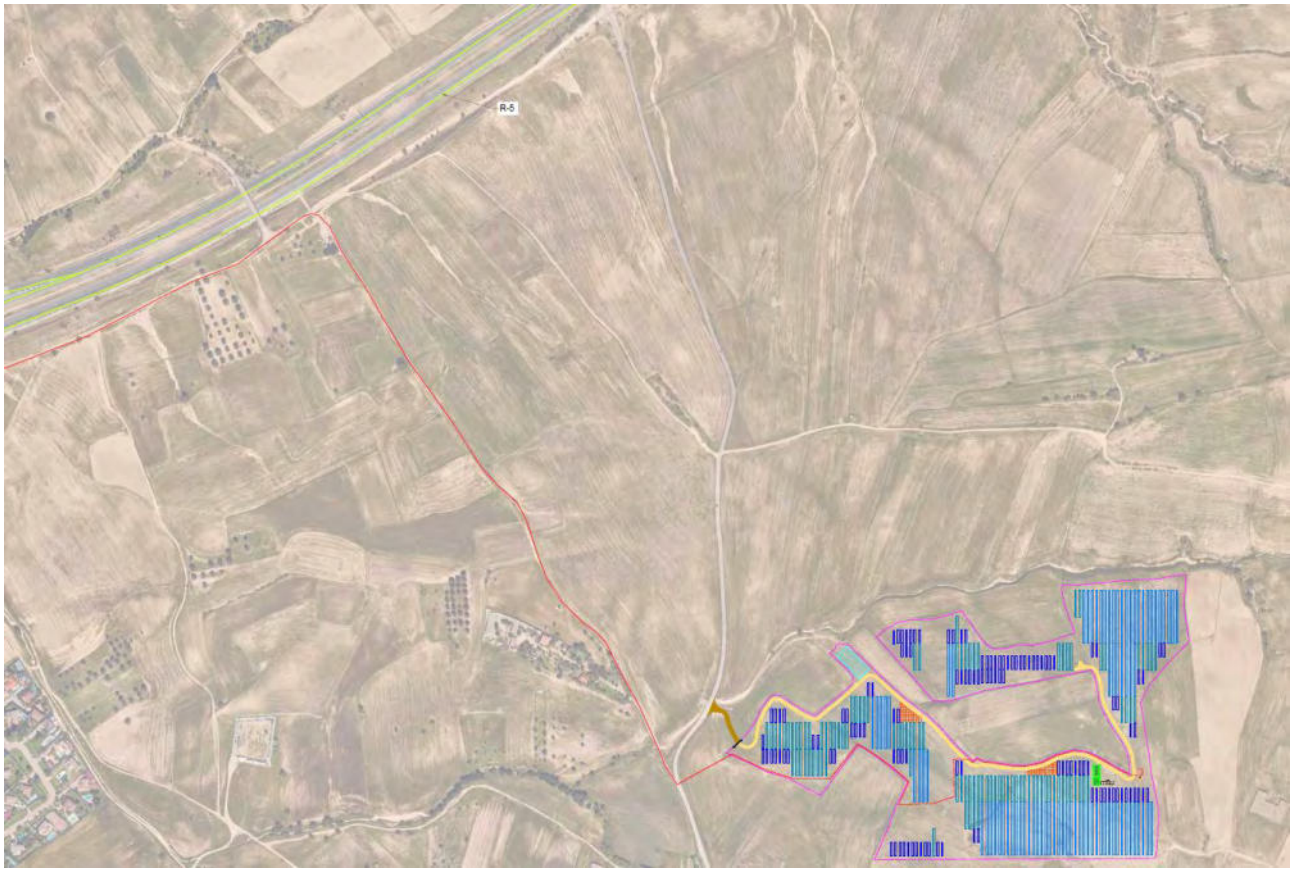


Figura 14: Carreteras

Para más información, véase el plano *1.5 Afecciones,* del Documento *04. Planos Generales.*

1.2.9. Líneas Férreas

De acuerdo a la Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del sector ferroviario, se establecen las siguientes restricciones:

- *Zona de Dominio Público: Comprenden la zona de dominio público los terrenos ocupados por las líneas ferroviarias que formen parte de la Red Ferroviaria de Interés General y una franja de terreno de ocho metros a cada lado de la plataforma, medida en horizontal y perpendicularmente al eje de la misma, desde la arista exterior de la explanación.*
- *Zona de Protección: La zona de protección de las líneas ferroviarias consiste en una franja de terreno a cada lado de las mismas delimitada, interiormente, por la zona de dominio público definida en el artículo anterior y, exteriormente, por dos líneas paralelas situadas a 70 metros de las aristas exteriores de la explanación.*
- *Límite de Edificación: ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la Red*

Ferroviaria de Interés General se establece la línea límite de edificación, desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de construcción, reconstrucción o ampliación, a excepción de las que resultaren imprescindibles para la conservación y mantenimiento de las edificaciones existentes.

La línea límite de edificación se sitúa a cincuenta metros de la arista exterior más próxima de la plataforma, medidos horizontalmente a partir de la mencionada arista.

En la zona de implantación del Proyecto no hay líneas férreas, por lo cual no se producirá ninguna afección al respetarse las anteriores distancias.

1.2.10. Hidrografía

En la zona de actuación del Proyecto se localizan diferentes cauces pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Tajo.

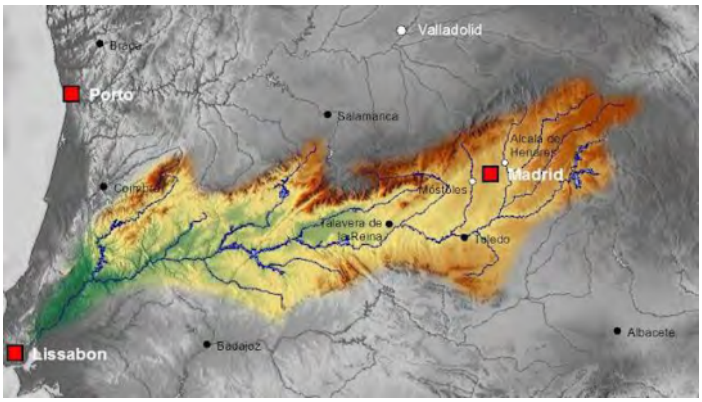


Figura 15: Hidrología Demarcación Hidrográfica del Tajo

Según el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, se dejará una distancia de servidumbre de 5 metros desde el Dominio Público Hidráulico (DPH) y una zona de policía de 100 metros desde la misma zona.

- *Zona de Servidumbre*: corresponde a la franja de cinco metros que linda con el cauce, dentro de la zona de policía, y que se reserva para usos de vigilancia, pesca y salvamento.
- *Zona de Policía*: es la constituida por una franja lateral de 100 m de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en la que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen. Su tamaño se puede ampliar hasta recoger la zona de flujo preferente, la cual es la zona constituida por la unión de la zona dnde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir

graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

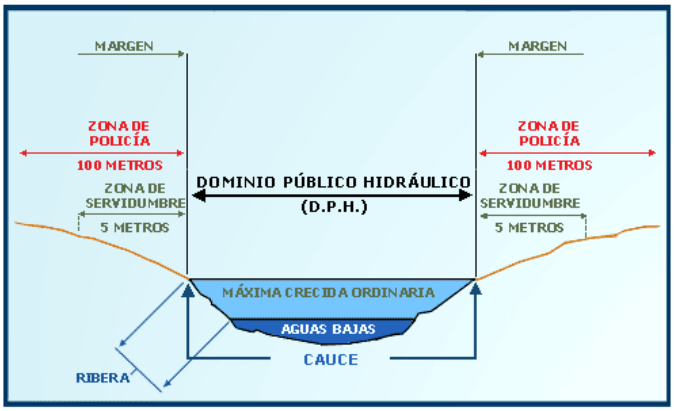


Figura 16: Zonificación del espacio fluvial (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

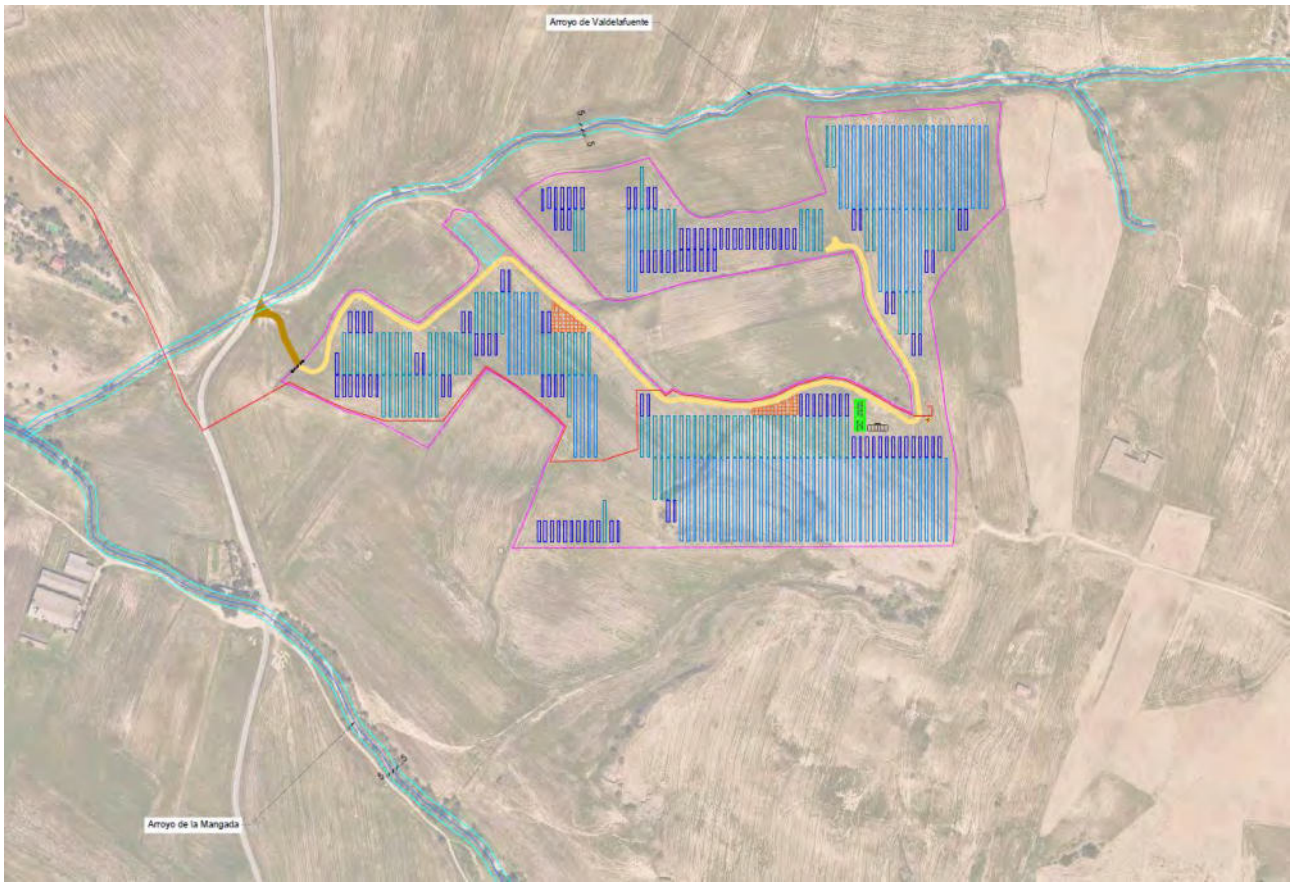


Figura 17: Red Hidrográfica zona de estudio

En las inmediaciones del emplazamiento de la Planta Solar FV existen dos arroyos denominados “Arroyo de Valdelafuente” y “Arroyo de la Mangada”, sin verse afectados por la implantación de la Planta Solar FV.

1.2.11. Oleoductos

En las parcelas donde está previsto el emplazamiento del Proyecto no se observan afecciones por oleoductos.

1.2.12. Gaseoductos

No existe ningún gaseoducto que se encuentre cerca de la Planta por lo que no tendría alguna afección sobre la misma.

1.2.13. Riesgo Sísmico

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, ab- un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno- y el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La figura que se muestra a continuación ilustra la evaluación de los riesgos sísmicos y volcánicos en la zona de actuación del Proyecto, que como se puede observar, están clasificados de riesgo bajo (aceleración de 0,02g).

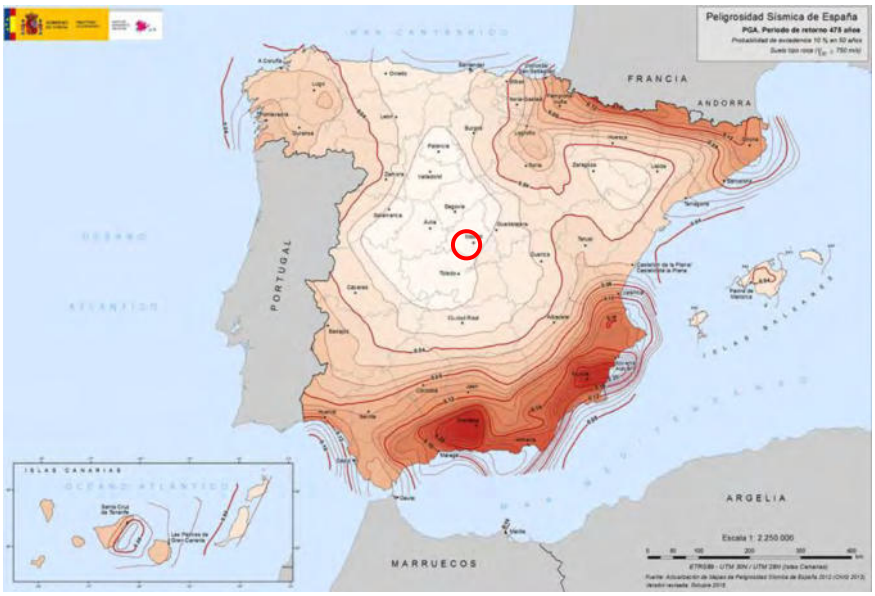


Figura 18: Mapa Riesgo sísmico

1.2.14. Aeropuertos, Aeródromos y Helipuertos

Se considera que no hay afección con ningún aeropuerto, aeródromo o helipuerto, ya que la implantación no se encuentra dentro de ninguna localización afectada por éstos.

1.2.15. Yacimientos Arqueológicos

Según lo recogido en la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, y tras la consulta del planeamiento urbanístico vigente del municipio de Moraleja de Enmedio, se verifica que no existen yacimientos arqueológicos catalogados en las parcelas previstas para el emplazamiento del Proyecto ni en sus inmediaciones. Por tanto, no se prevé afección alguna al patrimonio arqueológico.

1.2.16. Derechos mineros

La implantación se encuentra a más de 3 kilómetros del Derecho Minero “El Junqueral”, por lo que, la Planta no tendría alguna afección sobre este.

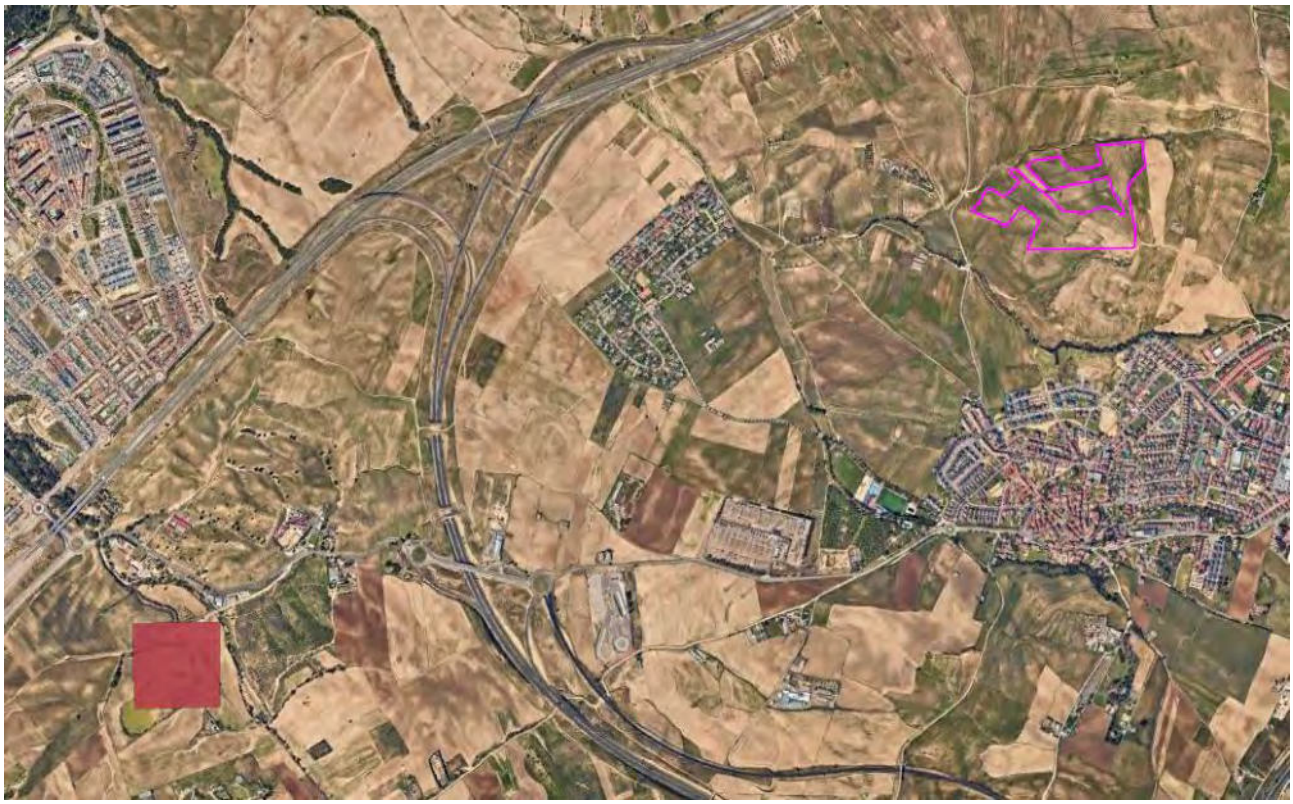


Figura 19: Derechos mineros

1.3. Descripción técnica de la Instalación Fotovoltaica

1.3.1. Componentes de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red son soluciones alternativas reales a la diversificación de producción de electricidad, y se caracterizan por ser sistemas no contaminantes que contribuyen a reducir las emisiones de gases nocivos (CO2, SOx, NOx) a la atmósfera, utilizar recursos locales de energía y evitar la dependencia del mercado exterior del petróleo.

Una instalación fotovoltaica de conexión a red presenta tres subsistemas perfectamente diferenciados:

- Generador fotovoltaico: El generador fotovoltaico está formado por la interconexión en serie y paralelo de un determinado número de módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos son los encargados de transformar la energía del Sol en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiancia solar recibida.
- Sistema de acondicionamiento de potencia: Para poder inyectar la corriente continua generada por los módulos a la red eléctrica, es necesario transformarla en corriente alterna de similares condiciones a la de la red. Esta función es realizada por unos equipos denominados inversores que, basándose en tecnología de potencia, transforman la corriente continua procedente de los módulos en corriente alterna de la misma tensión y frecuencia que la de la red pudiendo, de esta forma, operar la instalación fotovoltaica en paralelo con ella.
- Interfaz de conexión a red. Para poder conectar la instalación fotovoltaica a la red en condiciones adecuadas de seguridad tanto para personas como para los distintos componentes que la configuran, ésta ha de dotarse de las protecciones y elementos de facturación y medida necesarios.

Como principales ventajas de los sistemas fotovoltaicos de conexión a red se pueden mencionar las siguientes:

- Presentan una gran simplicidad.
- La energía se genera en el propio lugar en que se consume.
- Montaje sencillo y reducido mantenimiento.
- Alta calidad energética con elevada fiabilidad.
- Características modulares que hacen sencillas posteriores ampliaciones.
- No producen ruidos ni emisiones de ningún tipo por lo que no alteran el medio ambiente.

A continuación, se muestra un esquema del principio de funcionamiento de una Instalación Solar Fotovoltaica.

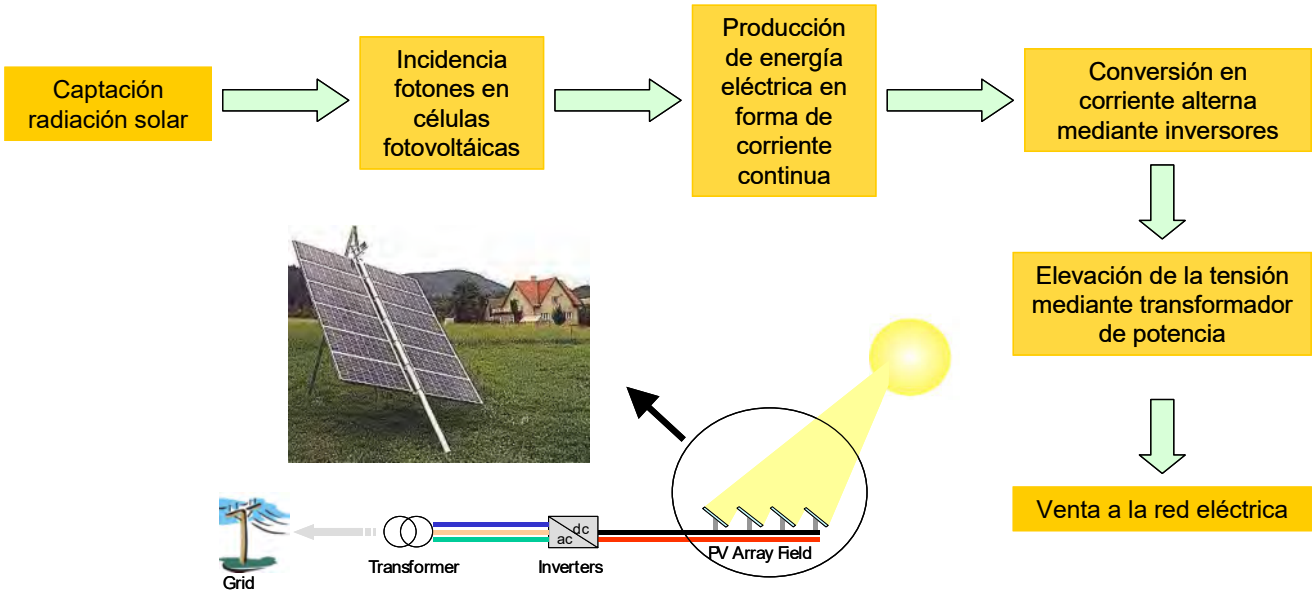


Figura 20: Principio de Funcionamiento Instalación FV

1.3.2. Criterios de Diseño

1.3.2.1. Consideraciones de Partida

Para el diseño de la Planta Fotovoltaica, se ha considerado una vida útil de 30 años y se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones de partida:

Elemento	Parámetro	Unidad	
Módulo FV	Fabricante y modelo	-	JINKOSOLAR JKM 66HL5-BDV 720W
	Tecnología	-	Bifacial
	Potencia	Wp	720
Estructura Soporte	Tipo	-	Seguidor Horizontal de 1 eje N-S
	Fabricante y modelo	-	ZIMMERMANN ZIM Track Horizontal single-axis
	Configuración	-	1Vx14 / 1Vx28 / 1Vx56
	Pendiente N-S tolerada	%	Hasta 15 %
	Nº de strings / estructura	Ud.	0,5 (1Vx14), 1 (1Vx28) y 2 (1Vx56)
	Nº de módulos / estructura	Ud.	14 (1Vx14), 28 (1Vx28) y 56 (1Vx56)
Inversor	Tipo	-	String
	Fabricante y modelo	-	HUAWEI SUN2000-330KTL-H1
	Potencia CA activa a 40ºC (cosfi=1)	kW	300
	Tª de diseño	ºC	40

Elemento	Parámetro	Unidad	
Parámetros de Diseño	Nº de módulos / string	Ud.	28
	Pitch	m	6
	Potencia Pico	MWp	6,63
	Capacidad de acceso en el PdC	MW	5,00
Otros	Radio de giro caminos	m	12
	Ancho de caminos internos	m	4
	Distancia entre trackers y vallado	m	4
	Separación N-S entre estructuras	m	0,5
	Distancia entre seguidores + camino	m	3

Tabla 6: Consideraciones de Partida

1.3.2.2. Dimensionamiento de la Planta

Teniendo en cuenta las consideraciones de partida, se ha realizado el dimensionado de la Planta Fotovoltaica con los siguientes criterios:

- Maximizar el área ocupada, respetando las servidumbres y distancias mínimas exigidas.
- Maximizar la generación anual de energía.
- Optimización de longitudes de cableado.
- Optimización de movimientos de tierra y canalizaciones subterráneas que afectan directamente al terreno.

1.3.2.3. Diseño Eléctrico

- La pérdida de potencia máxima BT-CC de los tramos de cable en condiciones nominales.
- La pérdida de potencia máxima BT-CA de los tramos de cable en condiciones nominales.
- La pérdida de potencia en BT, compuesta por las dos componentes anteriores, será inferior al 3,3%.
- Los componentes eléctricos de BT deberán ser capaces de soportar la tensión máxima de funcionamiento del inversor solar y del equipo de CC (1500 Vcc).
- La red de media tensión que conecta las estaciones de potencia con el centro de entrega se realizará con cableado de aluminio, teniendo en cuenta los criterios de intensidad nominal y cortocircuito; y en ningún caso sobrepasando una pérdida de potencia inferior al 0,5%.
- El nivel de tensión considerado para la red de media tensión interna de la Planta es de 15 kV.
- Los consumos asociados a inversores y al sistema de seguridad serán alimentados desde los transformadores de las estaciones de potencia distribuidos a lo largo de la Planta, mientras que el resto de los consumos (almacenes, edificio de control…) serán alimentados desde el Centro de Entrega.

- Instalación de elementos de protección tales como el interruptor automático de la interconexión o interruptor general manual que permita aislar eléctricamente la Instalación Fotovoltaica del resto de la red eléctrica.
- Se asegurará un grado de aislamiento eléctrico como mínimo de tipo básico Clase II en lo que afecta a equipos (módulos e inversores) y al resto de materiales (conductores, cajas, armarios de conexión...).
- Se dispondrá de los equipos de medida de energía necesarios con el fin de medir, tanto mediante visualización directa, como a través de la conexión vía módem que se habilite, la energía generada y consumida por la Planta Solar.

1.3.2.4. Diseño Civil

- Se ha considerado la limpieza de todo el recinto de la parcela.
- Se ha considerado el despeje y desbroce de todas las áreas donde se instalen los paneles.
- Los viales internos de la Planta se han diseñado de 4 metros, si bien se ha dejado espacio suficiente en las estaciones de potencia para el paso de una grúa. Se ha tenido en cuenta que den acceso a todas las estaciones de potencia.
- La estructura de los seguidores se instalará por medio de hincado directo al terreno siempre que sea posible, a una profundad de hincado mínima según se determine en el Pull-Out Test que deberá realizarse previo a la construcción de acuerdo con el estudio geotécnico. En aquellos casos en los que el hincado directo no sea posible, se utilizará el método de pre-drilling para la instalación de las hincas de los seguidores, y si tampoco fuera posible, se utilizarán micropilotes o zapatas de hormigón aisladas.
- La Planta podrá disponer de un sistema de drenaje tal que permita drenar el agua en el interior de la Planta sin afectar al periodo de vida útil de la misma, así como a las labores de operación y mantenimiento. El sistema de drenaje consistirá en una red de drenaje perimetral y otra red de drenaje interior en forma de cuneta en el lado de los viales internos donde se recoja el agua de escorrentía.
- El cable de string BT-CC irá en aéreo correctamente embridado a la estructura soporte o enterrado en zanjas de baja tensión (BT) mediante tubo (de paso entre estructuras) hasta la entrada de sus correspondientes inversores de string. Los cables serán resistentes a la absorción de agua, el frío, la radiación UV, agentes químicos, grasas o aceites, abrasión e impactos.
- Los cables de BT-CA desde los inversores hasta las Estaciones de Potencia serán enterrados directamente en las zanjas de baja tensión (BT) o bajo tubo en caso de cruce de caminos o arroyos.
- El cableado perimetral del sistema de seguridad será diseñado enterrado bajo tubo en zanja de acuerdo con la normativa y estándares de aplicación.
- El sistema de puesta a tierra de la Planta conectará los elementos metálicos a tierra de: estructuras fotovoltaicas, inversores, estaciones de potencia, sistema de seguridad, vallado perimetral, etc. llevando el cable directamente enterrado en las zanjas de baja y media tensión.

Además, indicar que el diseño del Parque seguirá las siguientes normas relacionadas con el diseño civil:

- Pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes, PG-3.
- Código Técnico de la Edificación, aprobado por RD (1371/2007)
- Código Estructural CE-21 (RD 470/2021)
- LEY 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental
- Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1- IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 5.2-IC. Drenaje Superficial (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero)
- Norma 6.1-IC. Secciones de firme (Orden FOM/3460/2003 de 28 de noviembre)
- Normas UNE

1.3.3. Características Técnicas de la Planta Solar FV

1.3.3.1. Características Principales

Tomando como base las consideraciones de partida que se mencionaban en el apartado 3.2.1 de este documento, el diseño final de la Planta obedece a las siguientes características principales:

Elemento	Parámetro	Unidad	
Configuración Planta FV	Potencia Pico	MWp	6,63
	Potencia Instalada de Inversores a Temperatura de Diseño (40ºC)	MW	5,10
	Potencia AC autorizada	MWn	5,00
	Ratio CC/CA	-	1,32
	Nº de inversores	Ud.	17
	Nº de módulos	Ud.	9.212
	Nº de strings	Ud.	329
	Nº de seguidores 1Vx56	Ud.	82
	Nº de seguidores 1Vx28	Ud.	104
	Nº de seguidores 1Vx14	Ud.	122
	Nº de módulos por string	Ud.	28
	Pitch	m	6

Tabla 7: Configuración General de la Planta

1.3.3.2. Configuración Eléctrica

La Planta Solar Fotovoltaica producirá energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente sobre los paneles fotovoltaicos colocados sobre estructuras con seguimiento al sol a un eje horizontal, lo cual favorecerá en gran medida la energía generada por la Planta. Posteriormente, gracias a los inversores fotovoltaicos, se transformará la corriente continua en corriente alterna y los transformadores (ubicados en las Estaciones de Potencia) elevarán la tensión de Baja Tensión (BT) a Media Tensión (MT).

La energía generada será conducida por medio de una red de media tensión (MT) subterránea de 15 kV hasta un Centro de Entrega (objeto de otro proyecto).

La configuración eléctrica de la Planta Solar Fotovoltaica se resume en las siguientes tablas:

Estación de Potencia (EP)	N.º Inversores	Tipo de Inversor	Potencia Activa Inversor a 40 ºC (kW)	Potencia Inversores 40ºC fdp=1 (kW)
EP -1	17	HUAWEI SUN2000-330KTL	300,00	5.100,00

Tabla 8: Configuración Eléctrica (1/3)

Estación de Potencia	N.º Strings	Potencia Pico (kW)	Potencia Inversores 40ºC fdp=1 (kW)	Capacidad de Acceso (kW)	Ratio CC/CA
EP -1	329	6.632,64	5.100,00	5.000,00	1,32

Tabla 9: Configuración Eléctrica (2/3)

Estación de Potencia	N.º Inversores con 20 strings	N.º Inversores con 19 strings	Nº Total de Inversores
EP -1	6	11	17

Tabla 10: Configuración Eléctrica (3/3)

1.3.3.3. Implantación del Proyecto

La siguiente imagen muestra la implantación propuesta para la Planta Solar Fotovoltaica de acuerdo a las consideraciones técnicas indicadas anteriormente:

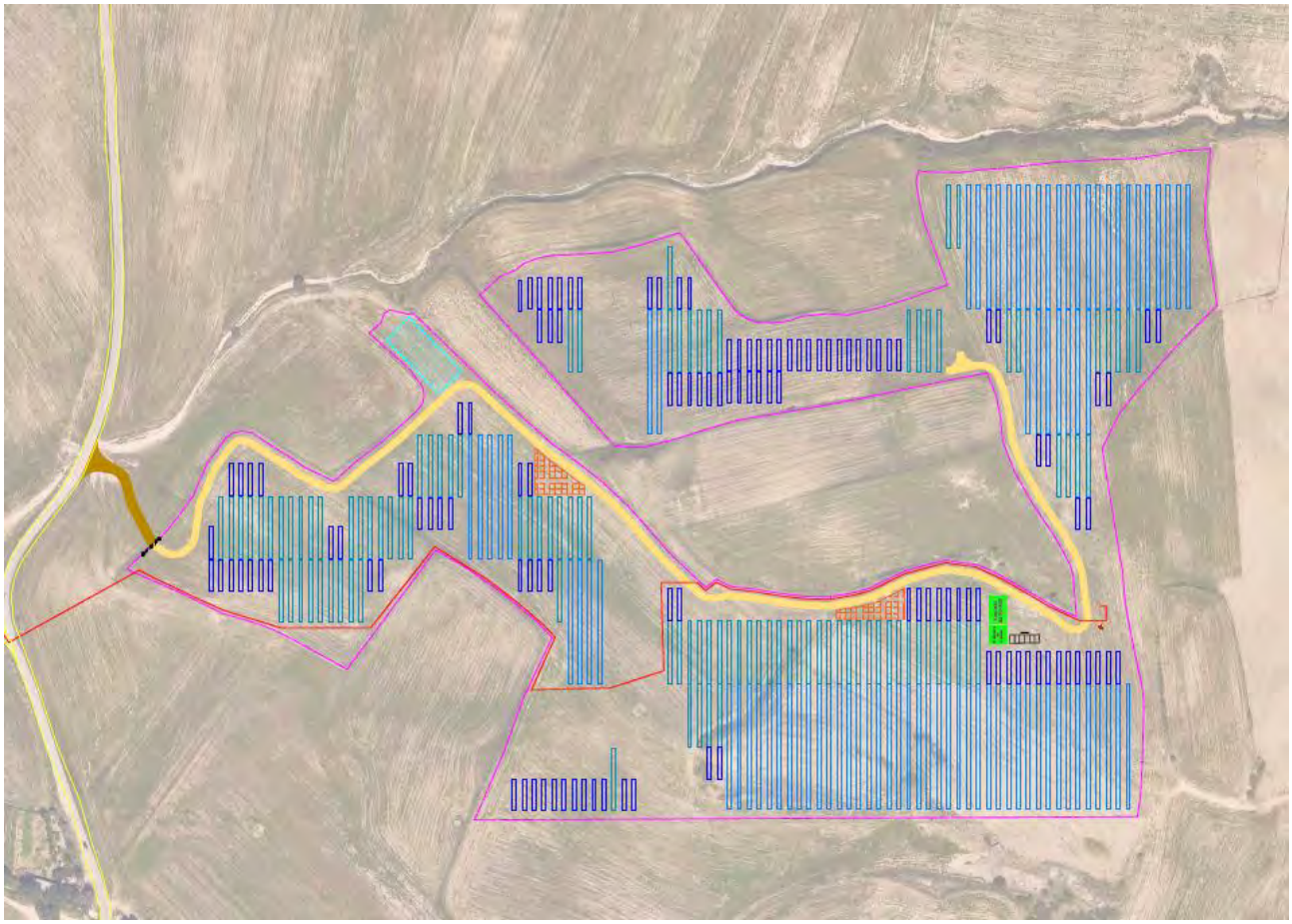


Figura 21: Layout de la Planta Solar FV

1.3.3.4. Generador Fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos son los dispositivos físicos encargados de transformar la energía que les llega en forma de radiación electromagnética, en electricidad por medio del efecto fotoeléctrico.

Se componen de unidades independientes denominadas células fotovoltaicas, agrupadas convenientemente en arrays "serie-paralelo” de forma que ofrezcan las características tensión–intensidad requeridas por la aplicación para la que se dimensionan.

Una célula FV típica de silicio cristalino genera un voltaje de circuito abierto entorno a los 0,6 V y una corriente de cortocircuito que depende del área de célula (≈ 3 A para un área de 100 cm^2). Debido a su pequeña potencia, las células se asocian en serie y en paralelo en módulos FV, que además aportan un soporte rígido y una protección contra los efectos ambientales. Si la potencia suministrada por un módulo FV no es suficiente para una aplicación determinada se realizan asociaciones serie y paralelo de módulos para formar un generador FV.

Para este Proyecto, se han seleccionado módulos fotovoltaicos bifaciales basados en la tecnología N type de silicio monocristalino, ampliamente probada en numerosas instalaciones a lo largo del mundo. Sus características principales se resumen a continuación:

Características del Módulo Fotovoltaico	
Fabricante	JINKOSOLAR
Modelo	JKM 66HL5-BDV 720W
Potencia unitaria de la cara delantera del módulo en condiciones estándar	720 W
Coeficiente de bifacialidad	80%
Potencia unitaria de la cara trasera del módulo en condiciones estándar	576 W
Tolerancia de Potencia (%)	0~+3%
Tensión en el Punto de Máxima Potencia (V_{MPP})	40,89 V
Intensidad en el Punto de máxima Potencia (I_{MPP})	17,61 A
Tensión de Circuito Abierto (V_{OC})	49,04 V
Intensidad de Cortocircuito (I_{SC})	18,67 A
Eficiencia, η (%)	23,18 %
Dimensiones (mm)	2384 x 1303 x 33

Tabla 11: Características del Módulo Fotovoltaico en STC

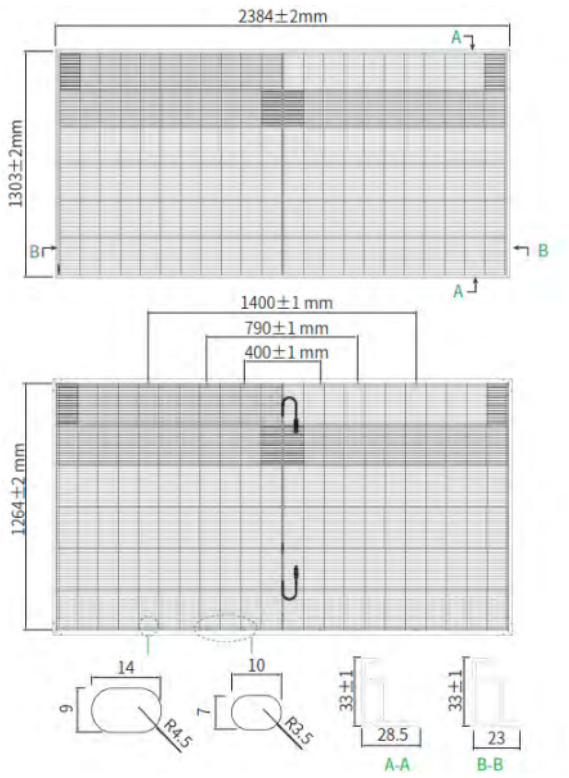


Figura 22: Dimensiones del Módulo

De acuerdo con la información incluida en la hoja de especificaciones técnicas, los módulos están certificados conforme a los estándares IEC 61215 / IEC 61730.

Curvas características

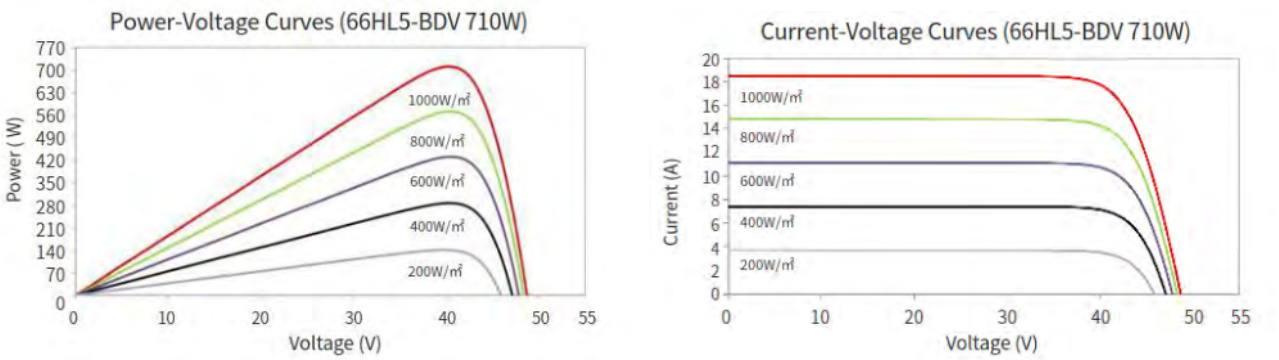


Figura 23: Curvas Características JINKOSOLAR JKM 66HL5-BDV 710W

1.3.3.5. Estructura Soporte – Seguidor Solar Fotovoltaico

Los módulos FV se instalarán sobre estructuras denominadas seguidores, que se mueven sobre un eje horizontal orientado de Norte a Sur y realizan un seguimiento automático de la posición del Sol en sentido Este-Oeste a lo largo del día, maximizando así la producción de los módulos en cada momento.

La estructura donde se sitúan los módulos está fijada al terreno y constituida por diferentes perfiles y soportes, con un sistema de accionamiento para el seguimiento solar y un autómata que permita optimizar el seguimiento del sol todos los días del año. Además, disponen de un sistema de control frente a fuertes ráfagas de viento que coloca los paneles fotovoltaicos en posición horizontal en menos de 5 min para minimizar los esfuerzos debidos al viento excesivo sobre la estructura.

Los principales elementos de los que se compone el seguidor son los siguientes:

- Cimentaciones: perfiles hincados con o sin perforación previa.
- Estructura de sustentación: formada por diferentes tipos de perfiles de acero galvanizado y aluminio.
- Elementos de sujeción y tornillería.
- Elementos de refuerzo.
- Equipo de accionamiento para el seguimiento solar el cual contará con un cuadro de Baja Tensión.
- Autómata astronómico de seguimiento con sistema de retroseguimiento integrado.
- Sistema de comunicación interna.

Con el fin de optimizar la superficie disponible, se ha adoptado como solución la implantación de una estructura tipo seguidor monofila. Las ventajas de este sistema en comparación con un seguidor multifila son un menor mantenimiento de la Planta y una mayor flexibilidad de implantación.

Las principales características de la estructura solar son las indicadas a continuación:

Características del Seguidor	
Fabricante	ZIMMERMANN o similar
Seguimiento	Horizontal 1 eje N-S
Ángulo de Seguimiento (º)	±60º
Disposición de los módulos	1V
Configuración	1Vx14 (14 módulos), 1Vx28 (28 módulos) y 1Vx56 (56 módulos)
Filas por seguidor	Monofila
Pendiente Admisible N-S (%)	Hasta 15%
Pendiente Admisible E-O (%)	Ilimitada
Carga de Viento Admisible	Según códigos locales
Opciones Cimentación	Hincado directo / Pre-drilling + hincado / Micropilote/ Predrilling + compactado + hincado
Algoritmo de Seguimiento	Astronómico
Back-tracking	Sí
Garantías Estándar	15 años

Tabla 12: Características del Seguidor Solar

La tornillería de la estructura podrá ser de acero galvanizado o inoxidable.

Las piezas de fijación de módulos serán siempre de acero inoxidable. El elemento de fijación garantizará las dilataciones térmicas necesarias, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos. Como elementos de unión entre paneles se emplearán unas pletinas/grapas de fijación metálicas.

La fijación al terreno se realizará siguiendo las recomendaciones establecidas en el estudio geotécnico. Para un terreno medio, la estructura irá fijada mediante el hincado de perfiles directamente al terreno o con alguna perforación previa en el caso específico en el que aplique. La cimentación de la estructura ha de resistir los esfuerzos derivados de:

- Sobrecargas del viento en cualquier dirección.
- Peso propio de la estructura y módulos soportados.
- Sobrecargas de nieve sobre la superficie de los módulos (en el caso que aplique).
- Solicitaciones por sismo según la normativa de aplicación.

La instalación de los seguidores se adaptará, en la medida de lo posible, a la orografía del terreno para reducir al máximo la necesidad de realizar movimientos de tierra.

1.3.3.6. Inversor Fotovoltaico

El inversor es un dispositivo de electrónica de potencia que permite transformar la energía eléctrica generada en forma de corriente continua por los módulos fotovoltaicos, en corriente alterna, para poder ser elevada posteriormente de tensión y vertida a la red eléctrica.

Se instalarán inversores modelo HUAWEI SUN2000-330KTL-H1 del fabricante HUAWEI. Cada inversor tendrá una potencia nominal de 300 kW a 40ºC, y se instalarán a la intemperie.

La operación de los inversores será totalmente automatizada. Una vez que el generador fotovoltaico genera la potencia suficiente para excitar al inversor, arranca y la electrónica de control comienza con la conversión CC/CA. Cuando la potencia de entrada baja por debajo del punto de excitación del inversor para la conexión dejará de trabajar. La energía que consuma la electrónica procederá del generador fotovoltaico, y por la noche el equipo sólo consumirá una pequeña cantidad de energía procedente de la red eléctrica.

Las características del inversor que se deben considerar para el dimensionamiento de la Instalación de Baja Tensión se indican en la siguiente tabla:

HUAWEI SUN2000-330KTL-H1	
Características DC del Inversor	
Rango de tensión MPP	500 - 1.500 V
Tensión Máxima	1.500 V
MPPT Independientes	6
Nº de Entradas DC	Hasta 28 (4+5+5+4+5+5)
Máxima corriente de entradapor MPPT (I_{DC})	65 A
Eficiencia Máx / Euro	99,03% / 98.80%
Rango de Temperatura Ambiente de Operación	-25ºC a 60ºC
Características AC del Inversor	
Potencia Activa Nominal (kW)	300 kW @40ºC
Máxima Potencia Activa Nominal a 40ºC y cosfi=1	300 kW
Intensidad máxima (A)	238,2 A
Tensión nominal (V)	800 V
Frecuencia (Hz)	50 Hz / 60 Hz
THD (%)	< 1%
Factor de potencia	0,8-0,8 (leading / lagging)

Tabla 13: Características del Inversor

El inversor cumple con lo dispuesto en los estándares EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100, así como con el P.O.12.3 de conexión a red.

Con el fin de evitar el efecto (PID), degradación inducida por potencial eléctrico de los módulos fotovoltaicos, el polo negativo CC del inversor se conectará a la red de tierras.

Los inversores de conexión a red disponen de un sistema de control que permite un funcionamiento completamente automatizado y presentan las siguientes características de funcionamiento:

- Seguimiento del punto de máxima potencia (MPP).

Debido a las especiales características de producción de energía de los módulos fotovoltaicos, estos varían su punto de máxima potencia según la irradiación y la temperatura de funcionamiento de la célula. Por este motivo el inversor debe ser capaz de hacer trabajar al campo solar en el punto de máxima potencia, y contar con un rango de tensiones de entrada bastante amplio.

- Características de la señal generada

La señal generada por el inversor está perfectamente sincronizada con la red respecto a frecuencia, tensión y fase a la que se encuentra conectado. Reducción de armónicos de señal de intensidad y tensión.

- Protecciones

    - Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia: Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo (49Hz-51Hz), el inversor interrumpe inmediatamente su funcionamiento pues esto indicaría que la red es inestable, o procede a operar en modo isla hasta que dicha frecuencia se encuentre dentro del rango admisible.
    - Protección para la interconexión de máxima o mínima tensión: Si la tensión de red se encuentra fuera de los límites de trabajo, el inversor interrumpe su funcionamiento, hasta que dicha tensión se encuentre dentro del rango admisible, siendo el proceso de conexión-desconexión de rearme automático (artículo 11.4, artículo 11.3 y artículo 11.7 a), RD1699/2011).
    - Fallo en la red eléctrica o desconexión por la empresa distribuidora: En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de cortocircuito, en este caso, el inversor se desconecta por completo y espera a que se restablezca la tensión en la red para reiniciar de nuevo su funcionamiento (artículo 8.2 y 11.6, RD1699/2011).
    - Tensión del generador fotovoltaico baja: Es la situación en la que se encuentra durante la noche, o si se desconecta el generador solar. Por tanto, el inversor no puede funcionar.

- Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente: El inversor detecta la tensión mínima de trabajo de los generadores fotovoltaicos a partir de un valor de radiación solar muy bajo, dando así la orden de funcionamiento o parada para el valor de intensidad mínimo de funcionamiento.
- El inversor incluye protección contra sobretensiones en el lado de CC y CA y protección sobrecorrientes en la salida CA.
- Los inversores estarán conectados a tierra tal y como se exige en el reglamento de baja tensión. La toma de tierra es única y común para todos los elementos.

En cuanto al valor de ruido emitido por estos inversores en operación, el nivel sonoro máximo es de 65 dB. de acuerdo al Anexo II del RD 1367/2007, en suelo industrial el índice de ruido se sitúa entre los 75-65 dB. Dado que el nivel de presión sonora se atenúa a medida que aumenta la distancia, se puede concluir que el ruido proveniente de los inversores será siempre inferior al límite exigido.

Los inversores serán provistos del software de aplicación para la configuración de los equipos y extracción de datos, otorgando plenos derechos al administrador e incluyendo el acceso a sus parámetros funcionales.

Además, los inversores deben ir acompañados de planos de cableado, manuales de instalación, operación y mantenimiento, incluyendo lista de parámetros, valores, tolerancias de alarma / advertencia y funcionamiento, en español.

1.3.3.7. Estación de Potencia (EP) o Skid de MT

La Estación de Potencia (o Skid MT) está compuesta por las celdas de media tensión y el transformador de potencia, encargado de elevar a tensión de salida de los inversores (800 V) hasta los 15 kV de la red de Media Tensión de la Instalación.

Para el presente Proyecto se ha elegido la siguiente Estación de Potencia de acuerdo a la cantidad de potencia y número de inversores que aloja:

- Jupiter 6000K-H1: 6.600 kVA @40ºC / Hasta 22 inversores

Además, la Estación de Potencia contará también con un cuadro y un transformador destinado a Servicios Auxiliares (SSAA) además de una UPS.

A continuación, se muestra una imagen de la EP, así como de su esquema unifilar.

Figura 24: Imagen de la Estación de Potencia

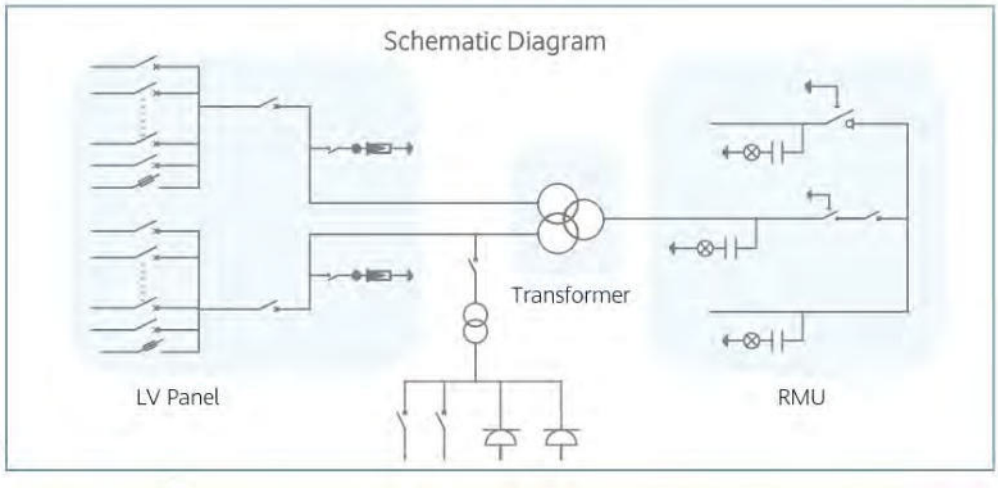


Figura 25: Esquema unifilar de la Estación de Potencia

1.3.3.8. Instalación Eléctrica de Baja Tensión (BT)

Se considera la Instalación Eléctrica de Baja tensión a la referente a aguas abajo de los transformadores de BT/MT situados en cada uno de las Estaciones de Potencia de la Planta Solar FV.

Las instalaciones que comprenden esta parte de la instalación son las que se describen a continuación:

- Conexión entre módulos fotovoltaicos formando strings.
- Conexión entre strings y los inversores strings.
- Conexión entre los inversores y el cuadro de baja tensión de la estación de potencia.
- Conexión del cuadro de BT de la estación de potencia con el lado de BT del transformador.

La instalación está diseñada para que el nivel de tensión sea hasta 1.500 V.

La evacuación de la energía generada en el campo fotovoltaico se conectará al lado de baja tensión del transformador instalado a tal efecto en cada una de las estaciones de potencia.

Se utilizarán cables unipolares con aislamiento dieléctrico seco, con las siguientes características:

Características de los cables de BT		
	Corriente Continua	Corriente Alterna
Tipo	PV ZZ-F	XZ1-AL
Tensión DC	1,5 kV	0,8 kV
Conductor	Cobre	Aluminio
Secciones	6 - 10 mm^2	400 mm^2

Tabla 14: Características de los cables de BT.

Conductores

Para el cálculo de la sección de los conductores empleados en las diferentes partes de la instalación se ha tenido en cuenta, además de lo establecido por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus ITC complementarias (REBT), los criterios de intensidad promedia admisible por el cable y la caída de tensión (CC: 1% y CA: 1,5%), además de la adecuada protección de los cables contra sobrecargas y cortocircuitos mediante fusibles clase gPV o interruptores magnetotérmicos.

En la Memoria de Cálculo se detalla el dimensionado del cableado de la Instalación de Baja Tensión (BT).

Los cables irán en canalizaciones subterráneas directamente enterrados desde los inversores hasta los centros de transformación. Los cables de string entre seguidores irán enterrados bajo tubo, mientras que los cables string que discurran por los seguidores irán apropiadamente atados a la estructura o bien en bandejas.

Todos los conductos colocados para protección de los cables que llegan a los inversores (y viceversa) deben estar protegidos mecánicamente por una malla metálica colocada a al menos a 5 cm del conducto. Esto es para garantizar que no se produzcan daños en el conducto durante las actividades de corte de césped.

Los conductores de la instalación serán fácilmente identificables. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. El conductor neutro se identificará por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. A efectos de identificación los cables serán marcados con su designación correspondiente mediante etiquetas inertes fijadas a los cables con fijadores de plástico. Se dispondrá una etiqueta cada 10 m en cables enterrados y cada 20 m en instalación aérea.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Siempre deberá realizarse

en el interior de cajas de empalme y/o de derivación. Los conductores deberán conectarse por medio de terminales adecuados, de forma que las conexiones no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

El acoplamiento y sellado entre cables y equipos se efectuará por medio de prensaestopas. Estas serán las adecuadas en tipo y diámetro con objeto de asegurar una sujeción mecánica y estanqueidad adecuada.

Los cables serán manejados cuidadosamente para evitar erosiones y deterioro en sus aislamientos. Los radios de curvatura nunca serán menores de los recomendados por el fabricante.

1.3.3.9. Protecciones

En el diseño de una Planta Fotovoltaica de conexión a Red, ha de garantizarse por un lado la seguridad de las personas, tanto usuarios como operarios de la red, y por otro, que el normal funcionamiento del sistema fotovoltaico no afecte a la operación ni a la integridad de otros equipos y sistemas conectados a dicha red.

La Planta Fotovoltaica deberá cumplir los requisitos establecidos por la normativa nacional en materia de protecciones eléctricas y la normativa internacional en el caso de que no existieran normas nacionales relacionadas.

De esta manera, todos los equipos de la Planta estarán provistos de elementos de protección, algunos de los cuales se exponen a continuación:

Protecciones eléctricas lado de corriente continua

- La instalación de corriente continua dispondrá de elementos de protección contra sobretensiones y sobreintensidades.
- Los defectos que se pudiesen presentar en los conductores, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, se protegerán mediante fusibles de calibre adecuado a la intensidad máxima admisible del conductor.
- Fusibles seccionables: Su misión principal es proteger las distintas ramas frente a sobreintensidades, así como aislar una rama del resto del generador para facilitar labores de mantenimiento. Estos fusibles serán del calibre adecuado a la intensidad máxima admisible del conductor y se colocarán tanto para proteger el polo positivo como el negativo de cada String.
- Descargadores de Sobretensión Transitorias: Son dispositivos de protección frente a sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas.

Protecciones eléctricas lado de corriente alterna

- Los conductores de corriente alternan estarán protegidos mediante interruptores magnetotérmicos de calibre adecuado para proteger el conductor contra sobreintensidades y cortocircuitos.

- Protección diferencial: Su principal función es la protección frente a contactos indirectos, aunque también acuta como límite de las tensiones de contacto en las partes metálicas en caso de falta de aislamiento en los conductores activos.

Otras Protecciones en la Instalación Solar

- Los inversores dispondrán de un sistema de aislamiento galvánico o similar que evite el paso de corriente continua al lado de corriente alterna de manera efectiva. Asimismo, los inversores incorporarán al menos las siguientes protecciones: frente a cortocircuitos, contra sobretensiones inducidas por descargas atmosféricas, así como frecuencia de red fuera de rango e inversión de polaridad.
- La estructura metálica sobre la que se sitúan los paneles fotovoltaicos dispondrá de conexión a tierra que ofrece protección contra sobrecargas atmosféricas, además de garantizar una superficie equipotencial que previene los contactos indirectos.

1.3.3.10. Red de Puesta a Tierra

El objetivo de las puestas a tierra (p.a.t.) es limitar la tensión respecto a tierra que puedan presentar las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados, disminuyendo lo máximo posible el riesgo de accidentes para personas y el deterioro de la propia instalación.

La p.a.t. es la unión directa de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de p.a.t. se deberá conseguir que en el conjunto de la instalación no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La instalación de puesta tierra cumplirá con lo dispuesto en el artículo 15 del R.D. 1699/2011 sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión

Por otro lado, el dimensionado de la red de tierras de la Planta Solar se rige, fundamentalmente, por la siguiente normativa:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). ITC-BT-18.
- 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. ITC-RAT-13.

- IEEE-80: Guía de seguridad en la puesta a tierra de CA de subestaciones.
- IEC 60909-3 ed3.0: Short-circuit currents in three-phase AC systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth.

En ella se define, entre otras cosas, la formulación para calcular las tensiones de paso y contacto máximas admisibles, tensiones que nunca deben ser alcanzadas en la instalación.

1.3.3.10.1. Puesta a Tierra de Protección

La puesta a tierra de protección une con tierra los elementos metálicos de la instalación accesibles al contacto de personas que normalmente están sin tensión pero que pueden estarlo debido a averías, descargas atmosféricas o sobretensiones. Ejemplos de estos elementos serían: módulos fotovoltaicos, estructura solar, la envolvente de la celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasas de los transformadores o armaduras de los edificios.

Se dispondrán las siguientes puestas a tierra de protección interconectadas:

- Red General de Puesta a Tierra: Estará formada por un mallado de conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 que discurrirá enterrado por el fondo de las canalizaciones de BT y MT de la Instalación, a una profundidad no menor de 0,6 m.
- Puesta a tierra del generador fotovoltaico, mediante contacto directo de los marcos de los paneles a la estructura solar a través de la tornillería.
- Puesta a tierra de la estructura del seguidor a través de la conexión de los pilares extremos de cada seguidor a la red de tierras general usando latiguillos de cobre desnudo de 35 mm^2. Además, todos los seguidores de una misma fila irán interconectados entre sí usando latiguillos de cobre aislado de 16 mm^2.
- Puesta a tierra de los inversores usando latiguillos de cobre aislado de 16 mm^2.
- Puesta a tierra de las Estaciones de Potencia, compuesta de un anillo a lo largo del perímetro de la base de la estación de potencia de un conductor de cobre desnudo de 50 mm^2 enterrado a una profundidad mínima de 0,6 m, que estará unido a la Red General de Puesta a Tierra del Parque Fotovoltaico.

1.3.3.11. Armónicos y Compatibilidad Electromagnética

Las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el artículo 16 del R.D. 1699/2011 sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, así como en lo dispuesto en la ITC-BT-40 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y en el P.O 12.2.

"Instalaciones conectadas a la red de transporte y equipo generador: requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento, puesta en servicio y seguridad".

1.3.3.12. Sistema de Seguridad

La Instalación contará con un sistema de seguridad perimetral cuya función principal será proteger el interior de la Planta Fotovoltaica de cualquier intrusión no deseada, y estará compuesto por los siguientes elementos:

- Sistema de control de acceso: En cada una de las dos puertas de acceso al Parque Fotovoltaico se instalará un sistema de control de acceso compuesto por dos lectores de proximidad, uno exterior (de entrada) y otro interior (de salida) que indicarán al sistema respectivamente la entrada y salida de personas del recinto de la Instalación.
- Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV) con cámaras que permitan la vigilancia en tiempo real y en alta definición de todo el perímetro de la Instalación, contando con sistema de grabación de vídeo incorporado.
- Cámaras térmicas con sistema de detección de movimiento.
- Monitoreo y alarmas en las puertas de acceso a las Estaciones de Potencia o cualquier otro Edificio de la Instalación

El sistema de cámaras estará concebido de tal manera que en el mismo pueda habilitarse un barrido de toda la extensión de la Planta, con detector de movimiento configurable. Dicho sistema será autónomo y será gestionado por un servidor web integrado o sistema equivalente.

Todos los canales de CCTV irán grabados sobre disco duro, y el conexionado de los equipos grabadores será IP.

Las cámaras de vídeo serán de tipo térmicas analógicas, las cuales se convertirán en digitales para poder transmitir la señal a través de fibra óptica. Serán de uso exterior, térmicas con lente de 10° de abertura y 15 o 25 mm de longitud focal.

Estos equipos, deben estar diseñados y fabricados para su uso en instalaciones exteriores, y deben soportar al menos las siguientes condiciones:

- Corrosión.
- Agua.
- Polvo.
- Empañado de la lente.

Se instalarán en lugares altos, quedando a una altura sobre el nivel del suelo que sea suficiente para evitar obstáculos.

El conjunto de cámaras se suministrará con sus respectivas licencias, o bien una licencia general que incluya todo el conjunto de las mismas.

El Sistema de Seguridad deberá tener alimentación auxiliar desde un sistema SAI/UPS con capacidad para suministrar la energía necesaria al menos 2h, y deberá permitir conectarse de forma remota a través de IP para visualizar todas las cámaras de la instalación en tiempo real.

El propio sistema será el encargado de gestionar automáticamente las señales de alarma, comprobando en primer lugar si se trata de una alarma no deseada. En casa de intrusión, el sistema enviará una señal de aviso al centro integral de seguridad y al responsable de la instalación, que procederá a su verificación, y avisando si procede a las fuerzas de seguridad, bomberos, etc.

Durante todo el periodo de construcción, todas las áreas dispondrán de vigilancia las 24 horas al día.

1.3.3.13. Sistema de Monitorización y Control

El sistema de monitorización y control de la Planta estará basado en productos abiertos del mercado e incluirá el SCADA y el sistema de control de la Planta, así como todos los equipos necesarios para comunicar con el resto de los sistemas de la Instalación.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition, es decir, Supervisión, Control y Adquisición de Datos) no es una tecnología concreta sino un tipo de aplicación. Cualquier aplicación que obtenga datos operativos acerca de un "sistema" con el fin de controlar y optimizar ese sistema es una aplicación SCADA.

El sistema integra la información procedente de los componentes suministrados por diferentes contratistas, permitiendo la operación y monitorización global del funcionamiento de la Planta, la detección de fallos y modificaciones del funcionamiento de los distintos componentes.

El sistema de Control y Monitorización permitirá supervisar en tiempo real la producción de la Planta, permitiendo atender de forma inmediata cualquier incidencia que afecte o pueda afectar a la producción y permitiendo la optimización de la capacidad productiva al operador. Para ello se basa en los datos que obtiene de los distintos componentes, entre otros:

- Inversores: Envían al sistema de control las variables de entrada y salida del inversor, las cuales permiten evaluar el funcionamiento del equipo.
- Estaciones Meteorológicas.
- Relés de Protección.

- Remotas de Adquisición de E/S de cada Estación de Potencia.
- Remotas de Adquisición de E/S en la Subestación Elevadora.
- Medidores de Facturación.
- Sistema de seguridad

Los datos se presentarán en forma de medias horarias. El sistema de monitorización será fácilmente accesible por el usuario. En principio se encontrará integrado en los inversores, si bien se dispondrá de un sistema adicional centralizado de monitorización de toda la Planta Solar Fotovoltaica ubicado en el centro de control.

El SCADA debe estar preparado para comunicar por Ethernet con terceras partes mediante el Protocolo IEC-60870-5-104 (perfil de interoperabilidad). Este equipo dispondrá de varios puertos de red para la conexión y acceso a datos de los distintos equipos y/o subredes presentes en la instalación.

Para el listado de señales a trabajar, los estados deben tratarse como señales dobles; asimismo debe tenerse en cuenta que la comunicación con el otro extremo es con equipos redundantes, dos IPs con las cuales comunicar.

El SCADA debe permitir realizar control remoto sobre el mismo desde cualquier lugar con conexión con el Parque a través de los programas convencionales (p. ej., VNC). Además, debe permitir mostrar los esquemas unifilares y posibilitar la realización de mandos, y permitir la visualización del registro histórico, de la lista de alarmas activas y de la pantalla de mantenimiento. También deberá poder realizar la comunicación directa con los equipos y relés a nivel de “protección” para análisis de eventos, informes de faltas, ajuste de señales/oscilaciones y pruebas de disparos.

1.3.3.13.1. Inversores

Todos los inversores contarán con un software de monitorización que permita monitorizar y controlar las variables de funcionamiento internas de los inversores en tiempo real a través de Internet.

1.3.3.13.2. Estaciones Meteorológicas

La Planta Fotovoltaica contará con una (1) estación meteorológica con la capacidad de adquirir al menos los siguientes datos meteorológicos: irrandiancia global horizontal (GHI) e inclinada (GTI), temperatura de panel fotovoltaico, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, cantidad de precipitaciones y humedad.

La estación meteorológica deberá disponer como mínimo de los siguientes instrumentos:

- 1 piranómetro para medir la GHI.
- 1 piranómetro para medir la GTI.

- 2 células calibradas para medir la GTI, una de las cuales se limpiará continuamente y otra de ellas con la frecuencia que se limpien los módulos fotovoltaicos, para medir el efecto de la suciedad sobre ellos.
- 2 sensores de temperatura PT100 para medir la temperatura de dos módulos fotovoltaicos.
- Anemómetro
- Termohigrómetro
- Datalogger

Todos los equipos deberán contar con los correspondientes certificados de calibración, y los sensores tendrán la mayor precisión disponible en el mercado, no presentando en ningún caso un error en las medidas mayor que el 3%.

La estación meteorológica estará conectada a la red de SSAA para asegurar la continuidad en el suministro de energía, evitando pérdida de datos por descarga de las baterías.

Las comunicaciones se realizarán mediante protocolo Modbus/TCP o Modbus/RTU.

1.3.3.13.3. Contador de Energía

Los equipos de la medida principal de la energía generada por la Planta se instalarán a una distancia menor de 500 metros del punto de conexión de la Subestación “VD2 Valdemoro 2”.

Adicionalmente, en el edificio de control se instalará un contador electrónico trifásico bidireccional para la medida en MT de la energía generada por el Parque Fotovoltaico, ajustado a la normativa metrológica vigente, al Reglamento de Puntos de Medida y a sus instrucciones técnicas complementarias.

El contador irá conectado a los transformadores de tensión e intensidad de la Planta Fotovoltaica, será de clase de precisión 0,2 s, y dispondrá de puerto óptico local y puerto remoto serie.

El contador también dispondrá de un display para la visualización de todos los datos que registra el equipo, tales como potencia activa y reactiva, tensión, intensidad y factor de potencia por fases, energía absoluta generada por tarifa, etc.

La comunicación será mediante protocolo Modbus/TCP o Modbus/RTU.

Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto a la entrada como a la salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora.

1.3.3.13.4. Servicios Auxiliares

La función de los Servicios Auxiliares de corriente alterna de la instalación fotovoltaica es la de garantizar el suministro de energía eléctrica en baja tensión necesario para la explotación, seguridad y mantenimiento de la instalación. La energía necesaria será aportada por la misma Planta cuando se encuentre en funcionamiento y por la red en las horas en las que se encuentre fuera de servicio.

Cada bloque de potencia contará con un cuadro eléctrico para servicios auxiliares. En este cuadro general se instalarán las salidas y protecciones para los diferentes circuitos: circuitos de iluminación, tomas de fuerza, cuadros de monitorización, cuadros auxiliares, etc. Estará dimensionado, además, con salidas de reserva para posibles ampliaciones. Todos los circuitos se protegerán adecuadamente con un interruptor automático y un interruptor diferencial, si es necesario.

El edificio de O&M también contará con un cuadro de SS. AA que se alimenta a través de un transformador de tensión 15/0,8 kV ubicado dentro de la sala eléctrica del edificio. Igualmente, el cuadro eléctrico general del edifico constará con salidas y protecciones para los diferentes circuitos de iluminación, fuerza, auxiliar, etc.

Para las líneas de alimentación de corriente alterna en baja tensión se utilizará cable de cobre de 0,6/1 kV. La sección del conductor se elige teniendo en cuenta el REBT y los siguientes criterios: intensidad de cortocircuito, intensidad máxima admisible y caída de tensión.

1.4. Descripción de los trabajos principales

En el presente apartado se describen los principales trabajos a ejecutar para acometer el Proyecto de Planta Solar Fotovoltaica conectada a red. Los trabajos de ejecución se pueden clasificar principalmente en:

- Trabajos Previos
- Topografía
- Obra Civil
- Sistema de drenaje
- Suministro de Equipos
- Montaje Mecánico
- Montaje Eléctrico

1.4.1. Trabajos Previos

1.4.1.1. Instalaciones Provisionales

Incluye los trabajos de preparación y adecuación de las instalaciones provisionales. Se denominarán instalaciones provisionales a aquellas que sean necesarias para poder llevar a cabo, con las debidas condiciones de seguridad y salud, los trabajos para la construcción de la Instalación Fotovoltaica, y que una vez que hayan sido realizados, serán retiradas en un período de tiempo definido, generalmente corto. Estas instalaciones provisionales, también conocidas como campamento de obra/faenas o site camp, son:

- Área de Oficinas, que incluye:
    - Oficinas de obra: Se habilitarán contenedores metálicos prefabricados o similar de diferentes dimensiones de acuerdo con las necesidades de los contratistas. Incluirán salas de reuniones.
    - Centro de Primeros Auxilios.
    - Vestuarios y áreas de aseo: Incluyen baños y aseos para el personal de obra habilitados en contenedores metálicos prefabricados o similar.
    - Comedor con cocina: Se habilitarán contenedores metálicos prefabricados o similar de diferentes dimensiones en función del número de trabajadores y las exigencias de la normativa nacional.
    - Áreas de descanso.
- Estacionamientos: para vehículos y maquinaria de obra.
- Área de control a los accesos al área de campamento.
- Zonas de descarga de material.
- Almacén de materiales y herramientas / taller de trabajo: Para el acopio y almacenamiento de pequeña herramienta y material de obra y oficina, así como para realizar pequeños trabajos de carpintería y enfierradura.
- Zonas de acopio: Se dimensionarán varias zonas de acopio de materiales al aire libre. Entre los materiales a almacenar se incluyen, por ejemplo, gasolina para los vehículos de obra y agua para la construcción. Para los materiales que lo necesiten se diseñarán zonas de almacenamientos con contenedores metálicos prefabricados. Además, quedarán previstas zonas de acopio de residuos clasificados en función de su peligrosidad y separados por su propio vallado perimetral.
- Área para grupo electrógeno.
- Suministro de agua y energía: Incluye los trabajos necesarios para dotar de una red de abastecimiento de agua y energía eléctrica temporal a la zona instalaciones temporales.

Además, los campamentos contarán con las siguientes infraestructuras, levantadas según normativa internacional y local:

- Sistema de detección y contra incendios.
- Sistema de iluminación exterior e interior.
- Sistema de aire acondicionado.
- Sistema de puesta a tierra.
- Sistema de protección contra rayos.
- Sistema de agua sanitaria.
- Sistema de vigilancia.

Los frentes de trabajo serán móviles, y se irán materializando de acuerdo al desarrollo de las obras. Básicamente los frentes de trabajo corresponden a los puntos donde se llevarán a cabo las obras de la Planta Fotovoltaica, y en la práctica, podrán existir varios frentes operando en forma simultánea.

En los frentes de trabajo se contará con las instalaciones sanitarias requeridas, para lo cual se considera la habilitación de baños químicos, servicio a cargo de terceros que cuenten con las autorizaciones sanitarias correspondientes. En general, cualquiera sea el tipo de instalación requerida por las empresas contratistas, ya sea en la Instalación provisionales o frentes de trabajo, el Titular exigirá que dichas instalaciones cumplan con las exigencias en las leyes nacionales de aplicación. Además, el Titular se compromete a gestionar el envío de la documentación (copia) que acredite que los residuos de los baños químicos fueron depositados en lugares autorizados para su disposición final.

1.4.1.2. Vallado de Instalaciones Provisionales

El cerramiento de las instalaciones provisorias será una de las primeras actividades a realizar para evitar el paso de personas ajenas a la misma y daños a terceros.

Para independizar la Obra y las Instalaciones provisionales de la normal operación de la Planta, el Contratista deberá considerar la construcción de un cerco metálico protegido con sus respectivos accesos peatonales y vehiculares.

La altura mínima de los cerramientos será de 2 metros, aunque habrá que considerar también las actividades que se vayan a desarrollar en la obra, puesto que pueden existir situaciones, que obliguen a colocar vallados de alturas mayores, marquesinas, etc.

El Real Decreto 1627/97 establece a este respecto, como obligación del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, la de adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas

autorizadas puedan acceder a ella. La dirección facultativa, asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

Además, se define que los accesos y el perímetro de obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables.

1.4.1.3. Acceso a las Instalaciones Provisionales

En cuanto al acceso del personal, debe situarse de forma separada al de vehículos. Debe situarse en zona próxima a la puerta de entrada al solar y locales destinados a higiene y bienestar.

Es recomendable que las zonas de paso se señalicen y se mantengan limpias y sin obstáculos, pero si las circunstancias no lo permiten, como sería el caso de producirse barros, hay que disponer pasarelas con un ancho mínimo de 60 cm y a ser posible por zonas, que no tengan que ser transitadas por vehículos.

1.4.1.4. Requerimientos Sanitarios

Se requerirá de instalaciones higiénicas para atender los requerimientos sanitarios de los trabajadores, para ello se implementarán baños químicos. La cantidad y disposición de los baños se desarrollará cumpliendo los requisitos señalados por el Ministerio de Salud (Real Decreto 1627/1997 y Real Decreto 486/1997).

Los locales de aseo contarán con espejos, lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otro sistema de secado con garantías higiénicas. Estos locales serán tipo cabina temporal o baños químicos. Se dispondrán de retretes, dotados de lavabos, situados en las proximidades de los puestos de trabajo, de los locales de descanso, de los vestuarios y de los locales de aseo, cuando no estén integrados en estos últimos.

No se dispondrán duchas ya que no se realizarán habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración.

La implementación de los baños químicos será encargada a una empresa que se encuentre autorizada por la Delegación Provincial de Salud.

1.4.1.5. Suministro de Energía

La energía eléctrica que se requiere para la construcción será suministrada mediante generadores diésel. Se considera la utilización de generadores diésel distribuidos entre la Instalaciones provisionales y frentes de trabajo.

Estos equipos estarán declarados ante Delegación de Industria, por un instalador eléctrico autorizado y de clase correspondiente. Los cálculos de cargas y el dimensionamiento de los mismos serán recogidos en el proyecto eléctrico de las zonas provisionales que se declarará en Industria.

Los equipos estarán ubicados en una zona delimitada, protegida y debidamente señalizada. La superficie se tratará con una capa impermeable para evitar infiltraciones de combustible al suelo. Esta superficie debe tener una extensión suficiente para el buen manejo del personal que manipule el equipo, para la entrada del vehículo de recarga y para contener bolsas de arena en previsión de posibles derrames de combustibles. También se colocará un extintor en el interior de la zona delimitada.

1.4.1.6. Abastecimiento de Agua Potable

Para el uso de las instalaciones de higiene se considera un consumo estimado de 5 m3/día de agua, considerando un consumo promedio de 62 litros/persona/día.

El agua necesaria será provista mediante un camión cisterna y almacenada en un estanque o depósito habilitado para este fin y se asegurará su potabilidad mediante procesos de cloración.

Además, los trabajadores deberán disponer de agua potable para bebida, tanto en los locales que ocupen, como cerca de los puestos de trabajo.

El agua de bebida será proporcionada mediante bidones sellados, etiquetados y embotellados por una empresa autorizada.

1.4.1.7. Abastecimiento de Agua Industrial

El uso de agua industrial será destinado preferentemente para humectar los materiales que puedan producir material particulado, previo a su transporte.

Es importante indicar que el abastecimiento de agua industrial se realizará mediante camiones aljibes que lo suministrarán desde el exterior, por lo que no será necesaria ningún tipo de instalación auxiliar.

Se considera un consumo estimado de 0,5 m^3/día de este material.

1.4.1.8. Oficinas de Obra

Se utilizarán contenedores metálicos o panel sándwich para dar servicio a la constructora, contratas, la administración competente y la inspección técnica de obra, incluyendo al menos dos puestos de trabajo por oficina y aire acondicionado.

Las instalaciones eléctricas provisionales que darán servicio a estas casetas contarán con sus respectivos fusibles, canalizaciones, cableados y conexiones. Cada contenedor deberá ser puesto a tierra mediante barra de cobre. Además, se realizará la provisión de muebles en cantidad necesaria para un desempeño cómodo.

1.4.1.9. Taller de Trabajo

En este recinto se dispondrán las herramientas, accesorios de trabajo e instalaciones eléctricas necesarias para la realización de trabajos de carpintería y enfierradura. Serán instalaciones menores dado que la mayor parte de los materiales empleados en la construcción no necesitarán ser conformados en obra.

1.4.1.10. Almacén de Materiales

Para el acopio y almacenamiento de la pequeña herramienta y material de obra y materiales de oficina, se colocarán contenedores marítimos o bodegas modulares metálicas de 20 pies, en la cantidad que se estime conveniente para sus propósitos.

Se debe tener especial cuidado con las Instalaciones Eléctricas las cuales deben contar con sus respectivos fusibles, canalizaciones, cableados y conexiones. Cada contenedor deberá ser puesto a tierra mediante barra de cobre.

Dado que podría haber materiales inflamables, o de fácil combustión, deberá contar con extinguidores “adhoc” los cuales serán revisados por personal de Prevención de Riesgos del Contratista.

1.4.1.11. Vestuarios

Se instalarán vestuarios provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, que tendrán capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Los armarios o taquillas para la ropa de trabajo y para la de calle estarán separados cuando ello sea necesario por el estado de contaminación, suciedad o humedad de la ropa de trabajo. Se instalarán un local de aseo por cada 10 trabajadores.

Las dimensiones de los vestuarios, de los locales de aseo, así como las respectivas dotaciones de asientos, armarios o taquillas, lavabos e inodoros, deberán permitir la utilización de estos equipos e instalaciones sin dificultades o molestias.

1.4.1.12. Comedor

El comedor estará dotado con mesas y sillas con cubierta de material lavable y piso de material sólido y de fácil limpieza, contará con sistemas de protección que impidan el ingreso de vectores, además se dispondrá cercano a los lavatorios con agua potable para el aseo de manos y cara. Además, el comedor contará con cocina.

Durante el invierno, se procurará establecer algún sistema de calefacción. La edificación estará debidamente aislada del suelo y protegida contra los cambios bruscos de temperatura.

1.4.1.13. Estacionamientos

Para facilitar el acceso a las instalaciones temporales de los distintos contratistas y técnicos autorizados que vayan a trabajar en la Instalación se habilitará aparcamiento para coches y otros vehículos de obra.

Dado el alto riesgo que representa la circulación de vehículos dentro de las instalaciones de faena, se exigirá una señalización mínima que indique, al menos, lo siguiente: estacionamiento, sentido de circulación, ingreso y salida.

1.4.1.14. Zonas de Deposición de Residuos

Los residuos de construcción serán almacenados temporalmente en un patio de residuos conformado por una plataforma compactada, debidamente cercada. Esta área se encontrará delimitada, sectorizada y debidamente señalizada.

1.4.1.14.1. Residuos Domiciliarios o Asimilables

Destacar dos tipos:

- Residuos orgánicos: estos residuos son los restos de alimentos, considerado como residuos domésticos
- Residuos reciclables: los residuos reciclables generados en la etapa de construcción corresponden a cartones, vidrios y plásticos procedentes de envoltorios de los materiales y equipos suministrados. Se estima que será posible reciclar un 70 % de los residuos industriales generados, para lo cual serán separados en diferentes contenedores según su composición.

Los residuos sólidos domésticos serán recogidos en bolsas de basura o en recipientes cerrados para luego ser dispuestos en tambores debidamente rotulados, los que se mantendrán tapados para evitar la generación de malos olores y atracción y proliferación de vectores.

Se habilitará un sector o patio de residuos, el cual poseerá un sector especial para la acumulación transitoria de los residuos domiciliarios que se generen durante la fase de construcción.

Desde los frentes de trabajo, los residuos serán llevados diariamente hasta el patio de residuos, donde finalmente serán retirados semanalmente.

Una empresa especializada y autorizada será encargada de llevar un registro escrito de control para verificar que los residuos sólidos sean dispuestos en lugares autorizados, y será encargada del traslado a un vertedero autorizado.

1.4.1.14.2. Residuos Industriales No Peligrosos

Los residuos definidos como Residuos Industriales no Peligrosos corresponden a escombros (áridos, hormigón), restos de madera, clavos, despuntes de hierros, etc.

Estos se generarán de manera relativamente constante durante toda la etapa de construcción y serán acopiados en un área especial dentro de las instalaciones provisionales que consta de 2 unidades de módulos prediseñados RCA1A donde serán clasificados por tipo y calidad para posteriormente ser llevados a un vertedero autorizado.

Durante toda la etapa de construcción, se llevará un registro escrito de control para verificar que los residuos sólidos sean dispuestos en lugares autorizados.

1.4.1.14.3. Residuos Industriales Peligrosos

Estos residuos corresponden a grasas, aceites y/o lubricantes bien sea impregnado en paños o en material arenoso.

Para las sustancias y los residuos peligrosos manejados durante la etapa de construcción, el Titular se compromete a mantener un registro actualizado de estos, de manera de estar disponibles para cuando la autoridad los solicite.

Los residuos peligrosos serán almacenados en forma segregada al interior de un área especialmente habilitada, la que contará con un cierre perimetral y demarcación interior para las áreas donde se acumularán los distintos tipos de residuos.

1.4.1.15. Contratación de Servicios

Respecto a la contratación de servicios, tales como el suministro y mantenimiento de baños químicos, la seguridad (guardia), el transporte de personal, las telecomunicaciones y el retiro y disposición de residuos industriales y domésticos serán contratados a empresas especializadas y que cuenten con las autorizaciones respectivas.

Una vez realizados los trabajos de construcción correspondientes a la primera etapa de la Planta, se procederá a dejar el terreno que se destinó para el montaje de las instalaciones provisionales tal cual se encontraba previo a su utilización. Esto quiere decir que se eliminarán todo tipo de restos de fundaciones

provisorias, posteados eléctricos, restos de construcción y escombros, los cuales serán conducidos a sus respectivos destinos finales autorizados por el servicio de salud ambiental.

1.4.1.16. Transporte del Personal y Jornada Laboral

En la planificación de las obras no se considera la instalación de campamentos dormitorio para alojamiento del personal, sino que éste residirá en las localidades cercanas, por lo cual se contará con transporte diario facilitado por el contratista principal hacia el lugar de instalaciones provisionales.

La jornada laboral será de 8 horas al día de lunes a viernes, para un total de 40 horas semanales.

El transporte del personal hacia y desde el sitio en que pernocta se hará mediante una flota de buses o vehículos equivalentes. Además, durante la construcción se deberá transportar personal entre los diferentes puntos de la Instalación para ejercer sus funciones. Este transporte se hará mediante camionetas para uso permanente.

El transporte de los materiales de Proyecto se llevará a cabo mediante camiones que serán despachados bajo la responsabilidad del almacén, los cuales repartirán en los puntos especificados para su destino los diferentes materiales.

Los materiales y servicios serán abastecidos por subcontratos otorgados a terceros con circulación diaria de vehículos a lo largo de la construcción. Entre ellos se pueden citar: distribución de agua potable, distribución de combustibles, mantenimiento y traslado de baños químicos, etc.

En las zonas del Proyecto en que se realice carga/descarga y transporte de materiales de excavación, los camiones transitarán a una velocidad máxima de 30 km/h. Los materiales transportados se cubrirán con lonas debidamente atadas, que cubran toda la carga, para mantener los materiales libres de polvo y evitar la caída del material. Como medida de prevención contra choques y atropellos, los camiones circularán en todo momento con las luces bajas encendidas.

1.4.1.17. Primeros Auxilios

En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran, se dispondrá de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.

Una señalización claramente visible, deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio de urgencias más próximo. Se movilizará al afectado al recinto asistencial más cercano y para ello habrá siempre una camioneta disponible para el traslado.

1.4.1.18. Señalización

Toda actividad y procedimiento en obra será señalizada de acuerdo a la normativa vigente.

En las charlas diarias de seguridad se reforzará el significado de las señalizaciones que pudiesen no tener un claro entendimiento visual, a fin de que el trabajador sea consciente de posibles peligros por desconocimiento de estas.

La delimitación de aquellas zonas de los locales de trabajo a las que el trabajador tenga acceso, en las que se presenten riesgos de caída de personas, caída de objetos, choques o golpes, se realizará mediante un color de seguridad.

La señalización por color referida anteriormente se efectuará mediante franjas alternas amarillas y negras. Las franjas deberán tener una inclinación aproximada de 45° y ser de dimensiones similares de acuerdo con el siguiente modelo:

Desde que se comienza una obra de construcción se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Colocar la señal adecuada, en el lugar adecuado y justo el tiempo necesario.
- Comprobar que es posible cumplir y hacer cumplir con lo que indica la señal.
- Cuidar y mantener las señales en condiciones limpias.

1.4.2. Topografía

Los trabajos de topografía comprenden el replanteo inicial de la Instalación sobre el terreno para delimitar los límites de la Planta, los viales de acceso, vallado y ubicación de las cimentaciones de la estructura.

El contratista principal tendrá que aprobar el replanteo topográfico de los terrenos antes de los inicios de los trabajos y servirá de base topográfica para la cuantificación de estos; dichas aprobaciones se sucederán en las etapas de inicio y final de los periodos de desbroce, excavación y rellenos.

La realización del levantamiento se basará en las coordenadas de al menos dos vértices geodésicos o antenas “Global Navigation Satellite System” (GNSS) para la determinación de sus tres coordenadas del sistema oficial de referencia. Para determinar las alturas ortométricas, se deben conectar a al menos otros dos niveles de puntos, si no se proporciona un modelo gravitacional que asegure una precisión absoluta “H” menor de 10 cm.

Estas bases se presentarán en los planes de levantamiento y se construirá de manera que se asegure su permanencia y que no estén colocadas en terrenos agrícolas o en lugares con riesgo de desaparición o

cualquier tipo de movimiento. Se debe asegurar que las bases estén ubicadas en un área protegida de daños mecánicos y perturbaciones electromagnéticas, donde prevalecerá el patrón de sostenibilidad.

1.4.3. Obra Civil

La obra civil necesaria para la construcción y posterior explotación de Planta Solar FV se describe a continuación:

- Preparación del terreno y movimientos de tierra.
- Viales interiores de la Instalación y acondicionamiento de los accesos.
- Sistema de drenaje.
- Vallado perimetral.
- Zanjas y canalizaciones para los cables de potencia y control.
- Cimentaciones para las estructuras solares, las estaciones de potencia y otros elementos que lo requieran como el edificio de control, las estaciones meteorológicas, etc.
- Ejecución del Edificio de Control y del Almacén de Repuestos.

1.4.3.1. Preparación del Terreno y Movimientos de Tierra

La preparación del terreno consistirá en una limpieza y desbroce del terreno para eliminar la capa vegetal existente. Para esto se procederá de forma que se extraigan y retiren de las zonas indicadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable según el Proyecto o a juicio de la dirección de obra. Estos trabajos serán los mínimos posibles y los suficientes para la correcta construcción del Proyecto.

La ejecución de esta operación incluye las operaciones siguientes:

- Remoción de los materiales objeto de desbroce
- Retirado y extendido de los mismos en su emplazamiento definitivo
- Demolición de edificios o posibles estructuras existentes en el terreno y posterior transporte de los escombros a vertedero.
- Remoción de los primeros 10 – 30 cm de terreno de la capa superficial.

De esta forma se realizará la extracción y retirada en las zonas designadas, de todas las malezas y cualquier otro material indeseable a juicio de la dirección de obra.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Los trabajos de sustracción se efectuarán con las debidas precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad y así evitar daños en las construcciones próximas existentes. Todos los tocones o raíces mayores de diez centímetros (10 cm) de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a setenta y cinco centímetros (75 cm) por debajo de la rasante.

Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material procedente de los desmontes de la obra o de los préstamos, según está previsto en el estudio de movimientos de tierras necesarios en la obra.

Todos los pozos y agujeros que queden dentro de la explanación se rellenarán conforme a las instrucciones de la dirección de obra.

Todos los productos o subproductos forestales no susceptibles de aprovechamiento serán eliminados de acuerdo con lo que ordene la dirección de obra sobre el particular.

Una vez finalizada la preparación del terreno, a partir del plano topográfico del terreno, y evitando lo máximo posible el desplazamiento de tierras, se hará el movimiento de tierras según corresponda. Distinguir entre los movimientos de tierra necesarios para:

- Plataforma de área de instalaciones provisionales.
- Adecuación de áreas de seguidores solares de acuerdo a los límites establecidos en el apartado 1.3.
- Adecuación menor de movimiento de tierras en áreas de estructuras solares con irregularidades puntuales en el terreno.
- Adecuación menor de movimiento de tierras en áreas destinadas a las estaciones de potencia, edificio de control y almacén, así como de otras zonas que lo pudieran requerir.

1.4.3.2. Viales

La Instalación contará con una red de viales interiores que darán acceso a las diferentes Estaciones de Potencia que conforman la Planta, así como la Subestación Elevadora de la planta, al área de campamento de faenas y a otros edificios como los almacenes y el Edificio de O&M.

Todas las Estaciones de Potencia deberán estar en una plataforma ligeramente elevada y conectada a los caminos internos. Esta plataforma debe considerar un área de trabajo segura de 1,5 m alrededor de las Estaciones de Potencia, sin pendiente.

Los viales de la Planta serán de 4 m de ancho, y estarán compuestos por una subbase de suelo seleccionado compactado al 95% PM con un espesor mínimo de 0,20 m, y una base de zahorra natural de 0,10 m de espesor compactada al 95% PM. El trazado de los viales se diseñará considerando un radio de giro mínimo de 12 m, y respetando una distancia mínima entre las estructuras y el borde del camino de 2 m.

La pendiente máxima de los caminos se establece en un 10%, y aquellos tramos en los que presenten pendientes mayores, si los hubiera, se hormigonarán consecuentemente.

Los viales deberán soportar un tráfico ligero durante la fase de operación de la Planta Fotovoltaica, reducido a vehículos todo terreno y vehículos de carga para labores de mantenimiento y reparación. De forma puntual el acceso de vehículos pesados podrá ser necesario para el transporte de equipos como los transformadores.

En aquellos puntos de cruces de cables y zanjas enterradas con los caminos, se instalarán tubos corrugados embebidos en hormigón para posterior instalación de los cables a través de dichos tubos.

Respecto a los caminos de acceso a la Planta Solar, se adecuarán en aquellos tramos en los que sea necesario para garantizar el paso de vehículos de carga durante la fase de obras. Se les proporcionará un ancho mínimo de 4 metros y se construirán sobreanchos en curvas para asegurar el paso de camiones y/o maquinaria.

1.4.3.3. Sistema de Drenaje

De acuerdo a lo dispuesto en el Estudio Hidrológico del emplazamiento, se definirán las áreas de exclusión hidrológica en las que la instalación de equipos no es posible. Estas áreas serán tanto las zonas de servidumbre de cauces fluviales en las que la legislación pertinente prohíba la instalación de equipos como las áreas con niveles de inundación superiores a los permitidos, así como la prohibición de instalar Estaciones de Potencia en zonas de inundación.

En caso de que la construcción en dichas áreas sea requerida, la Planta deberá contar con un sistema de drenaje que permita evacuar, controlar, conducir y filtrar todas las aguas pluviales hacia los drenajes naturales del área ocupada por la Instalación.

Se deberá asegurar que el sistema de drenaje da continuidad al drenaje natural del terreno.

Se diferencian tres tipologías diferentes que se detallan a continuación:

- Drenaje longitudinal de tipo 1 (cuneta) como medida de protección perimetral de la Planta y de los viales internos. Captarán el agua de escorrentía y la conducirán hacía los puntos de menor cota.

- Drenaje longitudinal de tipo 2 (paso salvacunetas) para permitir el cruce entre caminos (interior o de acceso a la Planta) y las obras de drenaje de tipo 1, con el fin de garantizar el regular flujo entre el agua pluvial recolectada en la cuneta frente a un evento con un tiempo de retorno de 25 años;

- Obra de Drenaje Transversal (ODT) para permitir el cruce caminos y las ramblas/cauces existentes, con el fin de garantizar el regular flujo de escorrentías frente a un evento con un tiempo de retorno de 100 años. Se colocarán tubos salva cunetas que crucen bajo los caminos, con rejas a la entrada para evitar el aterramiento de los tubos. Se evitarán los diámetros pequeños, empleando como mínimo el diámetro Ø400 mm, y empleando tubos con capacidad mecánica suficiente para soportar el paso de los vehículos. En caso de que los cauces sean muy poco pronunciados o el desnivel del terreno sea insuficiente para permitir la instalación de tubos como ODT, se recurrirá a la ejecución de vados hormigonados, protegiendo el camino de la socavación y restituyendo el flujo natural del agua.

También se realizarán las acciones necesarias para evitar afecciones por las posibles aguas de escorrentía provenientes de las parcelas colindantes al Proyecto.

En función del estudio de la pluviometría de la zona, se calculan la escorrentía superficial y las precipitaciones máximas sobre la parcela. Las dimensiones de las canalizaciones de evacuación de aguas a construir se dimensionarán en función de los datos pluviales y la normativa nacional relacionada.

1.4.3.4. Vallado Perimetral

Todo el recinto de la Instalación estará protegido para evitar el ingreso de personal no autorizado a la Planta, para delimitar las instalaciones, con un cerramiento cinegético de malla metálica anudada galvanizada tipo 200-20-30. El cerramiento así pues tendrá una altura de 2 m, de acuerdo con lo exigido por la normativa ambiental vigente, y el ancho de los huecos será de 0,30 m, elevándose al menos 20cm respecto al suelos para permitir el paso de animales.

La malla irá fijada sobre postes tubulares de acero galvanizado colocados cada 3,5 m. Adicionalmente se incluirán cada 35 m, es decir cada 10 postes tubulares verticales, unos postes tubulares que servirán de refuerzo de unos 2 m de longitud y una inclinación de 60º. La instalación de los postes tubulares se realizará mediante hincado directo o dados de 400x400x500 mm de HM-20.

Figura 26. Ejemplo de Vallado Cinegético

Se instalará una puerta metálica, galvanizada, de 6x2 m, en cada uno de los accesos a la Instalación. La puerta se podrá abrir tanto manualmente, como automáticamente de forma remota. Las cimentaciones serán de hormigón de 400x400x600 mm de dimensión.

La distancia mínima entre estructuras y el vallado perimetral será de 4 metros cuando no haya camino perimetral y de 7,5 metros en caso de que si lo haya.

Además, el vallado de la Planta Solar Fotovoltaica proyectada cumple con establecido en el ANEXO I del documento de la Dirección General de Biodiversidad y Gestión Forestal de la Comunidad de Madrid, relativo a las condiciones mínimas para un vallado permeable a la fauna:

- El vallado previsto admite el paso de fauna silvestre mediante el uso de malla con aberturas mínimas de 300 cm2, por lo que no será necesario la instalación de gateras. En la parte inferior del cerramiento (hasta 60 cm de altura), se disponen retículas con un área mínima de 600 cm2 y lados de al menos 20 cm, tal como se especifica en dicho anexo.
- El cerramiento, como se ha descrito anteriormente, no superará los 2 metros de altura y no se instalará sobre elementos de obra ni incorporará materiales plásticos, textiles, eléctricos o elementos peligrosos para la fauna (como filos, espinos o vidrios). Estará debidamente señalizado mediante placas blancas y de color mate de 25x25 cm, instaladas cada tres vanos en la parte superior del cerramiento, desprovistas de ángulos cortantes.
- Se garantiza que el cerramiento no interferirá con caminos públicos, dominio público hidráulico ni servidumbres, permitiendo el libre paso de agua y fauna mediante soluciones constructivas que eviten la erosión o el arrastre de tierras.

Para más información, véase el plano *3.2 Detalle vallado y puerta,* del Documento *04. Planos Mecánicos.*

1.4.3.5. Canalizaciones

1.4.3.5.1. Canalizaciones de Baja Tensión

Para las canalizaciones de Baja Tensión se han distinguido dos tipos de zanjas:

- Zanja compartida por cables que conectan los strings con los inversores, denominado cable solar (Cu), y por cables que conectan los inversores con las estaciones de potencia, denominado Cable BT (Al).

    - El cableado solar (Cu) circulará por interior de tubos de polietileno de alta densidad (PEAD), con un máximo de seis (6) circuitos por tubo y un máximo de tres (3) tubos por zanja.
    - El cableado BT (Al) irá directamente enterrado a un mínimo de 0,65 m de profundidad, con un máximo de 12 circuitos separados 0,25 m.

01. En el lecho de la zanja se colocará una capa de arena de unos 0,05 m de espesor sobre la que se depositará la primera fila de cables. Posteriormente se dejará una capa de 0,25 m de arena para separar las filas de cables, y sobre la fila superior se dejará otra capa de 0,16 m de arena. Encima de lo anterior se colocará una capa de 0,20 m de tierra compactada procedente de la excavación de las zanjas, sobre la cual se colocará una cinta de protección mecánica y señalización. Para finalizar, se colocará una última capa de 0,30 m de tierra compactada.

- Zanja por la que solo discurrirá el cableado solar (Cu) que conecta los strings con los inversores. Los cables irán por interior de tubos a un mínimo de 0,50 m de profundidad, y un máximo de seis (6) circuitos por tubo y un máximo de tres (3) tubos por zanja. En el lecho se colocará una capa de arena de unos 0,09 m de espesor sobre la que se depositará la fila de cables. Posteriormente, sobre la fila superior se dejará otra capa de 0,05 m de arena. Encima de lo anterior se colocará una capa de 0,15 m de tierra compactada procedente de la excavación de las zanjas, sobre la cual se colocará una cinta de protección mecánica y señalización. Para finalizar se colocará una última capa de 0,30 m de tierra compactada.
- Zanja por la que solo discurrirá el cableado de BT (Al) que conecta las cajas de agrupación con las estaciones de potencia. Los cables irán directamente enterrados a un mínimo de 0,65 m de profundidad y con un máximo de 12circuitos por zanja separados 0,25 m. En el lecho se colocará una capa de arena de unos 0,05 m de espesor sobre la que se depositará la primera fila de cables. Posteriormente se dejará una capa de 0,25 m de arena para separar las filas de cables, y sobre la fila superior se dejará otra capa de 0,16 m de arena. Encima de lo anterior se colocará una capa de 0,20 m de tierra compactada procedente de la excavación de las zanjas, sobre la cual se colocará una cinta de protección mecánica y señalización. Para finalizar se colocará una última capa de 0,30 m de tierra compactada.

Aparte de estos dos tipos de zanjas, en caso de que aplique, distinguir los tramos de zanjas que discurren bajo caminos, carreteras, cauces, oleoductos y otros elementos que puedan discurrir por la zona de implantación del Proyecto. En estos tipos de zanjas se sustituirán las capas de arena por hormigón, los circuitos irán enterrados bajo tubo de polietileno de alta densidad (PEAD), con un circuito por tubo, y, dependiendo del elemento bajo el que discurran, su profundidad y distribución variará para cumplir con las diferentes normativas aplicables.

El trazado será lo más rectilíneo posible, y a poder ser separados lo máximo posible de las cimentaciones de las estructuras. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos de los cables, a respetar en los cambios de dirección.

Para más detalles sobre los distintos tipos de zanjas de BT consultar el Plano 2.5 “Detalle Sección Zanjas BT” del Documento 04 Planos.

1.4.3.5.2. Canalizaciones de Red de Tierras

La zanja destinada a la red de tierras de la instalación fotovoltaica será aquella en la que el conductor de tierra sea el único que discurre por la misma.

Para la zanja de red de tierras, en el lecho de la zanja se colocará una capa de arena de unos 0,05 m de espesor sobre la que se depositará el conductor de tierra. Posteriormente se dejará una capa de unos 0,40 m de arena. Encima se colocará una capa de 0,20 m de tierra compactada procedente de la excavación de las zanjas, sobre la cual se colocará una cinta de protección mecánica y señalización. Para finalizar de colocará una última capa de 0,30 m de tierra compactada.

Para más detalles sobre la canalización de red de tierras consultar el Plano 2.5 “Detalle Sección Zanjas BT” del Documento 04 Planos.

1.4.3.5.3. Canalizaciones de Comunicaciones

La zanja destinada a las comunicaciones de la instalación fotovoltaica será aquella en la que los conductores de comunicaciones sean los únicos que discurren por la misma. Este tipo de zanja estará principalmente destinado a los conductores de fibra óptica provenientes del sistema de cámaras de seguridad (CCTV) que envuelve al Proyecto, por lo que este tipo de zanja discurrirá principalmente por el perímetro de la implantación.

Para la zanja de comunicaciones, en el lecho de la zanja se colocará una capa de arena de unos 0,05 m de espesor sobre la que se depositarán los tubos de Policloruro de Vinilo (PVC) por cuyo interior discurrirán los conductores de fibra óptica. Por cada zanja habrá dos tubos separados 0,25m. Posteriormente se dejará una capa de unos 0,40 m de arena. Encima se colocará una capa de 0,20 m de tierra compactada procedente de

la excavación de las zanjas, sobre la cual se colocará una cinta de protección mecánica y señalización. Para finalizar de colocará una última capa de 0,30 m de tierra compactada.

Para más detalles sobre la canalización de comunicaciones consultar el Plano 2.5 "Detalle Sección Zanjas BT" del Documento 04 Planos.

1.4.3.5.4. Distribución de las Canalizaciones

En la ejecución de las diferentes canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes distancias mínimas:

- Entre cimentación de estructura para Módulos Fotovoltaicos y primera zanja: mínimo 2,0m
- Entre protección del último Modulo Fotovoltaico y primera zanja: mínimo 1,0m
- Entre Camino Interno y primera zanja: mínimo 0,7m

1.4.3.6. Cimentaciones

Estos trabajos incluirán la realización de las cimentaciones de las estructuras fotovoltaicas, de las estaciones de potencia (MT) o centros de transformación y otros elementos que lo requieran como el Edificio de Control, las estaciones meteorológicas, etc.

La estructura de los seguidores se instalará por medio de hincado directo al terreno siempre que sea posible, a una profundad de hincado mínima según se determine en el Pull-Out Test que deberá realizarse previo a la construcción de acuerdo con el estudio geotécnico. En aquellos casos en los que el hincado directo no sea posible, se utilizará el método de pre-drilling para la instalación de las hincas de los seguidores, y si tampoco fuera posible, se utilizarán micropilotes o zapatas de hormigón aisladas.

Las Estaciones de Potencia tendrán una cimentación cuyas dimensiones deberán ser definidas conforme a la tensión admisible del terreno que se obtendrá del Estudio Geotécnico que se deberá realizar previo a la construcción y las características de las Estaciones de Potencia. A la hora de la de ejecutar las cimentaciones de las estaciones de potencia se cumplirá con las siguientes fases y características:

- Preparación del Terreno: En primer lugar, remoción de los primeros 10-30 cm de terrenos. Posteriormente, excavación debajo de la capa superficial (dependerá del nivel final al cual se quiere dejar la Estación de Potencia y de los resultados de los distintos estudios (Hidrológico, Geotécnico, etc)). Finalmente, compactación de terreno para llegar a un nivel de deformación Md=300 kg/cm^2
- Capa Base: Se realizará con un material con un diámetro máximo de 70mm y se compactará para llegar a un nivel de deformación Md=800 Kg/cm^2. La capa tendrá un espesor mínimo de 20 cm.

- Hormigón: La cimentación de la estación de potencia será una losa de hormigón reforzado. La losa tendrá un espesor mínimo que depende del nivel final al cual se quiere dejar la Estación de Potencia y de los resultados de los distintos estudios (Hidrológico, Geotécnico, etc).
- Capa Superficial: Se realizará con un material con un diámetro máximo de 30mm y se compactará para llegar a un nivel de deformación Md=1000 Kg/cm^2. La capa tendrá un espesor mínimo de 10 cm por arriba del hormigón y será aplicado también alrededor de la Estación de Potencia.

Respecto a la cimentación del centro de control, esta debe permitir el paso del cableado y de las canalizaciones de agua hacia el interior del edificio. De acuerdo con el espacio requerido para la canalización, las aberturas serán realizadas con tuberías de PVC, tubos corrugados o conductos embebidos en el hormigón.

Las cimentaciones tendrán que cumplir con las especificaciones detalladas arriba y su definición en detalle se realizará en el proyecto constructivo una vez estén definidos todos los parámetros geotécnicos, obtenido del Estudio Geotécnico, y todos los equipos a instalar.

1.4.3.7. Ejecución de Edificios

La Planta Fotovoltaica dispondrá de un Edificio de Control con oficinas de más de 160 m^2, así como de un edificio destinado a Almacén de Repuestos y Documentación. Ambos edificios serán permanentes, se utilizarán durante toda la vida útil del Parque y conforman la zona O&M.

El Edificio o Centro de Control deberá cumplir con los estándares de construcción españoles, obteniendo al menos una calificación energética B.

De acuerdo al tamaño de la Planta Solar, el Edificio de Control contará al menos con las siguientes dependencias (en una única planta baja):

- Oficina del Propietario: Oficina totalmente equipada y de al menos 13 m^2. Dispondrá al menos de una taquilla con llave de al menos 3 m^2.
- Oficina del Contratista/Operador: Oficina totalmente equipada y de al menos 13 m^2. Dispondrá al menos de una taquilla con llave de al menos 3 m^2.
- Oficina del Scada y Cuarto de Servidores: Presentará una superficie mínima de 52 m^2 y 4 puestos de trabajo totalmente equipados.
- Sala de Reuniones: Presentará una superficie mínima de 15 m^2
- Comedor /Cocina/ Sala de Descanso: Incluirán todo el mobiliario necesario para 4 personas, adicionalmente la cocina contará con horno-microondas y frigorífico.
- Sala de Comunicaciones y Cuarto de Servidores.
- Vestuarios: Los vestuarios para hombres y mujeres contarán con una capacidad para al menos 5 personas. Incluirá zona para cambios de ropa, aseos y taquillas.

- Cabina de seguridad.
- Estacionamientos para vehículos.

En cualquier caso, el edificio contará con:

- Alimentación Eléctrica a 220 Vac y circuito de emergencia.
- Sistemas de detección y extinción de incendios.
- Sistema anti-intrusión.
- Conexión fibra óptica.
- Conexión Wifi.
- Sistemas de Iluminación LED.
- Ventilación y Aire Acondicionado
- Sistema Sanitario

El edificio destinado al Almacén de Repuestos tendrá una superficie mínima de 30 m² y contará al menos con las siguientes salas:

- Área para recepción de carga: al menos 30 m^2 de área y 6 m de altura libre de obstáculos. Puerta de acceso de vehículos de 5 m de largo y 4 m de alto además de puerta de acceso para personal.
- Superficie de Estantes: al menos 50 m^2 y estantes de 4 m de altura.
- Almacén de productos químicos y líquidos inflamables: cuya presencia no debe interferir el funcionamiento del resto del Almacén.

Además, se contará al menos con una carretilla elevadora de con una capacidad de carga de 6 toneladas.

En cualquier caso, el almacén contará con las siguientes instalaciones:

- Instalaciones eléctricas y de iluminación.
- Sistemas de detección y extinción de incendios.
- Sistema anti-intrusión.
- Ventilación.

El suelo de los edificios será de hormigón pintado de alta calidad, pulido y anti absorbente.

1.4.4. Suministro de Equipos

El suministro de equipos incluye la recepción, acopio y reparto de los materiales de construcción.

En este sentido, previo al montaje electromecánico de la Planta se realizará la recepción, acopio y almacenamiento de materiales en el lugar destinado a tal efecto. Todos los materiales para el montaje de la estructura solar, así como los módulos FV, cuadros eléctricos y otras piezas de pequeño tamaño se entregarán en obra debidamente paletizados. La descarga desde el camión hasta la zona de acopios se realizará mediante el uso de grúas pluma.

También es importante hacer un buen control de la llegada de este material (recepción) para comprobar que el material ha llegado completo y en correcto estado. Habrá que evitar al máximo los imprevistos.

1.4.5. Montaje Mecánico

1.4.5.1. Montaje de Seguidores y de Módulos FV

El seguidor solar horizontal está formado por un conjunto de perfiles metálicos unidos entre sí. La estructura principal es un perfil tubular apoyado sobre postes. Éstos se instalarán por medio de hincado directo al terreno siempre que sea posible, a una profundad de hincado mínima según se determine en el Pull-Out Test que deberá realizarse previo a la construcción de acuerdo con el estudio geotécnico. En aquellos casos en los que el hincado directo no sea posible, se utilizará el método de pre-drilling para la instalación de las hincas de los seguidores, y si tampoco fuera posible, se utilizarán micropilotes o zapatas de hormigón aisladas.

El montaje de la estructura concluye con la fijación de los módulos fotovoltaicos a los perfiles metálicos mediante grapas uniones atornilladas.

1.4.5.2. Montaje de la Estación de Potencia

Para la instalación de la Estación de Potencia, solo necesitaremos la adecuación del terreno donde se ubicará y su correcto posicionamiento en el campo solar.

Para el posicionamiento de la estación de potencia en el campo solar, se han tenido en cuenta lo descrito previamente prestando especial atención a lo incluido en el capítulo anterior "Cimentaciones".

1.4.6. Montaje Eléctrico

Los trabajos de montaje eléctrico de la Planta Solar FV incluyen:

- Instalación eléctrica de Baja Tensión (BT).

Respecto a la instalación eléctrica de baja tensión (BT) de la Planta Solar FV, a su vez se puede dividir en:

- Instalación de corriente continua en baja tensión (CCBT)

- Instalación de corriente alterna en baja tensión (CABT).

La instalación CCBT se puede dividir en dos tramos o etapas:

- En el primer tramo, se procederá a la formación de las cadenas o strings de módulos FV interconectando entre sí los módulos FV hasta completar el número necesario para cada string. Solo se conectarán entre sí aquellos módulos dispuestos de forma contigua sobre una misma estructura/seguidor solar. Esta operación se repetirá sucesivamente para todos las strings de la Planta.
- En el segundo tramo, se conectarán los strings y los inversores string correspondientes. Dicho tramo está instalado en el exterior por la estructura o enterrado en zanjas mediante tubos dependiendo de la localización del inversor.

La instalación CABT comprenderá:

- La conexión entre los inversores con el cuadro BT de la misma Estación de Potencia, en corriente alterna. Este tramo está directamente enterrado en zanjas o entubado en caso de cruzamientos con caminos/cauces. Además, la alimentación de los equipos auxiliares se deberá conectar con el cuadro de baja tensión instalado en las estaciones de potencia.

1.5. Explotación de la planta fotovoltaica

1.5.1. Operación

La operación de los trabajos consistirá en el análisis y monitorización energético en función de la estimación de producción en la instalación, para ello se dispondrá de un monitor o contador existente a tal efecto.

1.5.2. Mantenimiento

Se definen tres etapas de actuación para incluir todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo y Diagnostico

1.5.2.1. Mantenimiento Preventivo

El plan de mantenimiento preventivo tiene por objeto la conservación de los equipos o instalaciones, mediante la limpieza e inspección periódica de los mismos, para garantizar un correcto funcionamiento y fiabilidad de la instalación.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora, o bien por otra empresa que disponga del contrato de mantenimiento y conozca la instalación en profundidad.

En las visitas de mantenimiento preventivo se le entregará al cliente copia de las verificaciones realizadas y las incidencias acaecidas, y se firmará en el libro de mantenimiento de la instalación, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa) y la fecha de la visita.

Se proponen revisiones generales semestrales, en las que se incluirán las siguientes actuaciones y medidas:

- Inspección visual de los módulos, cableado, conexiones, circuitos de protección e inversor.
- Inspección visual de la Estructura soporte de módulos fotovoltaicos.
- Medición y comprobación de las tensiones y corrientes de los módulos.
- Comprobación de las protecciones eléctricas, verificando su comportamiento.
- Comprobación del normal funcionamiento del inversor.
- Comprobación de los cables y terminales, reapriete de bornes.

- Monitorización de Alertas de funcionamiento y estado. Control local y remoto.

1.5.3. Mantenimiento correctivo

El plan de mantenimiento correctivo se refiere, a todas las operaciones de localización y reparación de averías en los equipos o instalaciones, y así conseguir el correcto funcionamiento de la instalación durante su vida útil. Dentro de estas se incluye:

- La visita a la instalación en caso de incidencia, la cual deberá producirse dentro de los plazos establecidos en el contrato de mantenimiento, pero siempre en tiempo inferior a una semana, y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

Este mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado. Este plan incluye todas las operaciones de reparación de equipos necesarios para que el sistema funcione correctamente. Se elaborará un presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación que deberá ser aceptado por el cliente antes de llevar a cabo dicha tarea.

1.5.4. Mantenimiento predictivo y diagnostico

Son las acciones y técnicas que se aplican para la detección de posibles defectos antes de que se manifiesten, evitando en ocasiones posteriores averías en la instalación.

Este tipo de mantenimiento se basa en el monitoreo de parámetros físicos del equipo (potencia, temperatura, humedad, lubricación…). Cuando alguno de estos parámetros alcanza un determinado nivel de deterioro se aplican procedimientos para restaurar el correcto funcionamiento del equipo. El concepto es parecido al del mantenimiento preventivo con la ventaja de que las acciones no son periódicas, sino que se llevan a cabo en el momento en el que son necesarias. Se pueden incluir en esta clase de mantenimiento acciones como:

- Control del rendimiento de los inversores.
- Control de la producción de los módulos.
- Control de la temperatura de los módulos.

2. Línea Aéreo – Subterránea 15 kV

2.1. Descripción General de la Línea

En los siguientes apartados se indicarán y justificarán las características generales de diseño, cálculos y construcción que deben atender las mismas. Cabe destacar que la línea de evacuación tiene tramos tanto aéreos como subterráneos.

Características Generales	
Sistema	Corriente Alterna Trifásica a 50Hz
Tipología de Línea	Aéreo-Subterránea
Tensión nominal (kV)	15
Categoría	Tercera
Inicio de la Línea	Centro de Seccionamiento
Fin de la Línea	Punto de Entrega
Longitud (km)	4,44

Tabla 15. Información General de la Línea de Evacuación

La situación de la línea aéreo – subterránea es la siguiente:

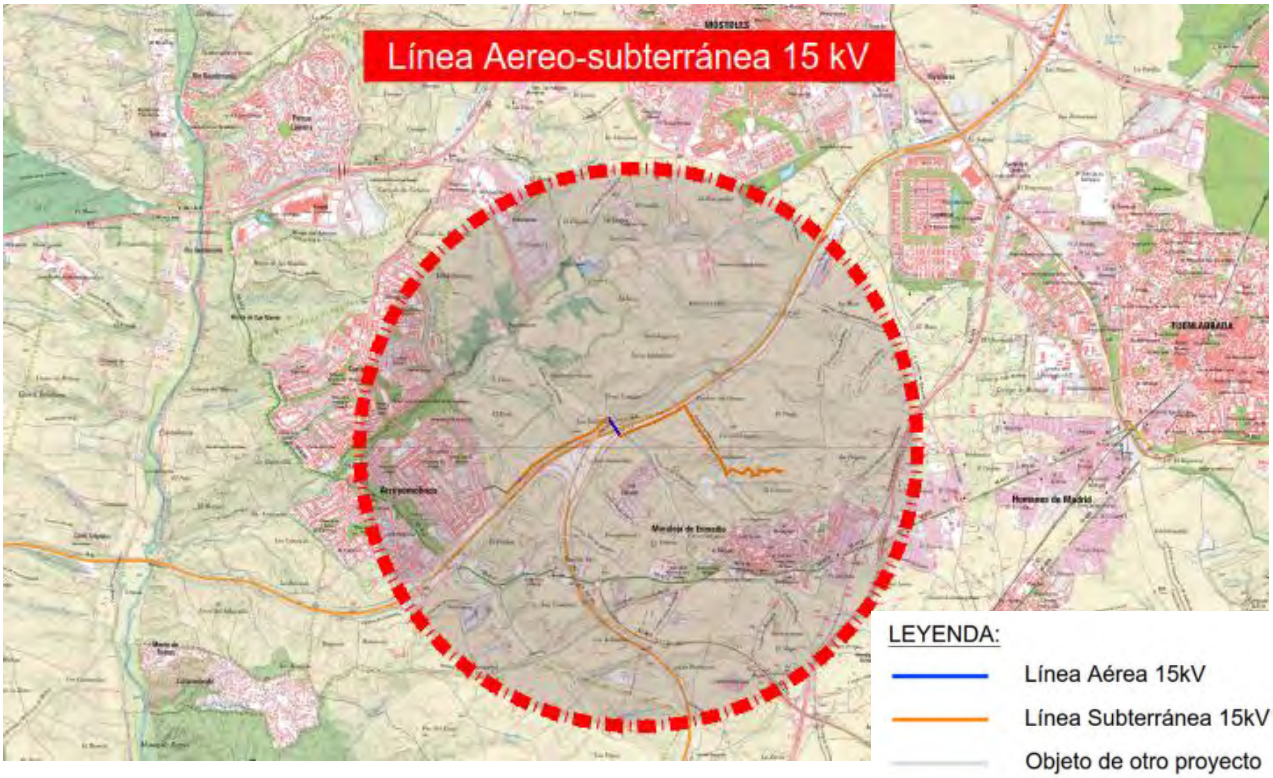


Figura 27: Situación LASMT de Evacuación

A continuación, se exponen todos los tramos del presente anexo de modificación:

Tramo 1 - Subterráneo	
Tipología de Línea	Subterránea
Tensión nominal (kV)	15
Inicio de la Línea	Centro de Seccionamiento
Fin de la Línea	Apoyo nº1-PAS
Longitud del Tramo (m)	2610
Nº Circuitos	1
Nº Conductores por fase	1
Configuración	Trefoil
Tipo de Zanja	Zanja Directamente Enterrado
Tipo de Conductor de Fase	RHZ1 (Al) 3x240 mm² 18/30kV
Tipo de Conductor de Protección	XLPE
Potencia Requerida (MW)	5
Potencia Admisible (MVA) ***(*)***	15,29
Tipo de Puesta a Tierra de las Pantallas	Solid-Bonding

Tabla 16. Información Tramo 1

(*) Se ha calculado considerando: Instalación enterrada a 0,95 m de profundidad, terreno de 1,5 K·m/W, temperatura del terreno 25 ºC y una única terna en zanja. Para más información véase documento Capítulo 3: Memoria de Cálculos Justificativos

Tramo 2 - Aéreo	
Tipología de Línea	Aérea
Tensión nominal (kV)	15
Inicio de la Línea	Apoyo nº1-PAS
Fin de la Línea	Apoyo nº2-PAS
Longitud del Tramo (m)	272,14
Nº Circuitos	1
Nº Conductores por fase	1
Configuración	Capa
Tipo de Conductor de Fase	LA-180
Tipo de Conductor de Protección	OPGW-48
Potencia Requerida (MW)	5
Potencia Admisible (MVA) ***(*)***	10,19
Zona	B

Tabla 17. Información Tramo 2

(*) Se ha calculado considerando: Velocidad del viento de 0,6 m/s, temperatura ambiente de 40 ºC, temperatura máxima del cable de 75ºC. Se ha considerado configuración Símplex. Para más información véase documento Capítulo 3: Memoria de Cálculos Justificativos

Tramo 3 - Subterráneo	
Tipología de Línea	Subterránea
Tensión nominal (kV)	15
Inicio de la Línea	Apoyo nº2-PAS
Fin de la Línea	Centro de Entrega
Longitud del Tramo (m)	1554,7
Nº Circuitos	1
Nº Conductores por fase	1
Configuración	Trefoil
Tipo de Zanja	Zanja Directamente Enterrado
Tipo de Conductor de Fase	RHZ1 (Al) 3x240 mm² 18/30kV
Tipo de Conductor de Protección	XLPE
Potencia Requerida (MW)	5
Potencia Admisible (MVA) ***(*)***	15,29
Tipo de Puesta a Tierra de las Pantallas	Solid-Bonding

Tabla 18. Información Tramo 3

(*) Se ha calculado considerando: Instalación enterrada a 0,95 m de profundidad, terreno de 1,5 K·m/W, temperatura del terreno 25 ºC y una única terna en zanja. Para más información véase documento Capítulo 3: Memoria de Cálculos Justificativos

A continuación, se muestra una imagen de la localización de la línea aéreo-subterránea:

Figura 28: Localización LASMT de Evacuación de 15 kV

2.2. Trazado de la Línea

El trazado discurre íntegramente por los Términos Municipales de Arroyomolinos y Moraleja de Enmedio, Madrid.

A continuación, se enumeran las coordenadas UTM (Huso 30) de los puntos de inicio y fin de la línea objeto del presente proyecto:

	X	Y
Inicio	426.988,42	4.458.172,67
Fin	423.664,01	4.457.913,58

Tabla 19. Coordenadas de los Apoyos

2.3. Afecciones

Se muestran a continuación las afecciones existentes a lo largo de la línea de evacuación:

Nº	Afección	Coordenadas Aproximadas		Término Municipal	Distancia vertical (m)	Distancia horizontal (m)	Organismos afectados
		X	Y		$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	
1	Camino de Móstoles	426.337,72	4.458.154,64	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
2	Camino de Manoteras	426.332,70	4.458.151,75	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
3	Arroyo de Valdelafuente	426.305,19	4.458.200,34	Moraleja de Enmedio	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo
4	Arroyo de Valdecastaños	425.103,43	4.458.628,22	Moraleja de Enmedio	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo
5	Autopista AP-41	425.012,40	4.458.646,84	Moraleja de Enmedio	20,27 > 7	58,98 > 50 58,98 > 1,5h	Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible
6	Autopista R-5	424.995,95	4.458.672,80	Moraleja de Enmedio	17,76 > 7	79,12 > 50 79,12 > 1,5h	Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible
7	Autopista AP-41	424.932,53	4.458.771,55	Moraleja de Enmedio	9,54 > 7	56,03 > 50 56,03 > 1,5h	Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible
8	Camino de las Ventanillas	424.834,22	4.458.785,37	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
9	Camino de las Angostillas	424.554,59	4.458.582,69	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
10	Barranco de la Ruana	424.368,56	4.458.492,11	Moraleja de Enmedio	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo
11	Barranco de Zarzalejo	423.802,19	4.458.049,17	Arroyomolinos	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo

Tabla 20. Afecciones de la LASMT

2.3.1. Caminos públicos

A lo largo del trazado se producen cruzamientos entre la Línea de Evacuación y diferentes caminos públicos pertenecientes al Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio, procurando cumplir en todo momento la normativa

vigente y respetando las distancias reglamentarias al conjunto de afecciones. A continuación, se detallan los cruzamientos existentes:

Nº	Afección	Coordenadas Aproximadas		Término Municipal	Distancia vertical (m)	Distancia horizontal (m)	Organismos afectados
		X	Y		$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	
1	Camino de Móstoles	426.337,72	4.458.154,64	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
2	Camino de Manoteras	426.332,70	4.458.151,75	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
8	Camino de las Ventanillas	424.834,22	4.458.785,37	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio
9	Camino de las Angostillas	424.554,59	4.458.582,69	Moraleja de Enmedio	--	--	Ayuntamiento de Moraleja de Enmedio

Tabla 21. Afecciones de la LASMT con caminos públicos

Cabe destacar que, a lo largo del recorrido de la línea por caminos, la franja de ocupación durante las obras no superará la anchura del mismo. En el caso de que la línea de evacuación discurra paralela y junto a un camino, pudiéndose utilizar éste para movimiento de maquinaria, la franja de ocupación durante las obras fuera del mismo será de 2-2,5 m. Finalmente, en el caso de que dicha línea discurra campo a través, la franja de ocupación tendrá una anchura de 4-5 m.

2.3.2. Hidrología

A lo largo del trazado se producen cruzamientos entre la Línea de Evacuación y diferentes elementos hidrológicos pertenecientes a la Confederación Hidrológica del Tajo, procurando cumplir en todo momento la normativa vigente y respetando las distancias reglamentarias al conjunto de afecciones. A continuación, se detallan los cruzamientos existentes:

Nº	Afección	Coordenadas Aproximadas		Término Municipal	Distancia vertical (m)	Distancia horizontal (m)	Organismos afectados
		X	Y		$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	
3	Arroyo de Valdelafuente	426.305,19	4.458.200,34	Moraleja de Enmedio	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo
4	Arroyo de Valdecastaños	425.103,43	4.458.628,22	Moraleja de Enmedio	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo
10	Barranco de la Ruana	424.368,56	4.458.492,11	Moraleja de Enmedio	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo
11	Barranco de Zarzalejo	423.802,19	4.458.049,17	Arroyomolinos	--	--	Confederación Hidrográfica del Tajo

Tabla 22. Afecciones de la LASMT con elementos hidrológicos

Cabe destacar que el apoyo nº2-PAS, que se ubica en las proximidades del arroyo de Valdehuertas, se ha situado a una distancia mayor de 20 m del límite de su cauce. Por otro lado, el paso por el Barranco de Zarzalejos se ha efectuado mediante perforación horizontal dirigida.

2.3.3. Carreteras

A lo largo del trazado se producen cruzamientos entre la Línea de Evacuación y diferentes carreteras pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, procurando cumplir en todo momento la normativa vigente y respetando las distancias reglamentarias al conjunto de afecciones. A continuación, se detallan los cruzamientos existentes:

Nº	Afección	Coordenadas Aproximadas		Término Municipal	Distancia vertical (m)	Distancia horizontal (m)	Organismos afectados
		X	Y		$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	$D_{reg.}$ vs $D_{real.}$	
5	Autopista AP-41	425.012,40	4.458.646,84	Moraleja de Enmedio	20,27 > 7	58,98 > 50 58,98 > 1,5h	Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible
6	Autopista R-5	424.995,95	4.458.672,80	Moraleja de Enmedio	17,76 > 7	79,12 > 50 79,12 > 1,5h	Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible
7	Autopista AP-41	424.932,53	4.458.771,55	Moraleja de Enmedio	9,54 > 7	56,03 > 50 56,03 > 1,5h	Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible

Tabla 23. Afecciones de la LASMT con carreteras

Según lo recogido en la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras del Estado:

- *Zona de servidumbre: La zona de servidumbre de la carretera consistirá en dos franjas de terreno a ambos lados de la misma, delimitadas interiormente por la zona de dominio y, exteriormente, por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación, a una distancia de 25 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y de 8 metros en las demás carreteras, medidos desde las citadas aristas.*
- *Zona de afección: La zona de afección de las carreteras del Estado está constituida por dos franjas de terreno a ambos lados de las mismas, delimitadas interiormente por la zona de servidumbre y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación, a una distancia de 100 metros en autopistas y autovías y de 50 metros en carreteras multicarril y convencionales, medidos horizontalmente desde las citadas aristas*
- *Línea límite de edificación: A ambos lados de las carreteras del Estado se establece la línea límite de edificación, que se sitúa a 50 metros en autopistas y autovías y a 25 metros en carreteras convencionales y carreteras multicarril, medidos horizontal y perpendicularmente a partir de la arista exterior de la calzada más próxima. La arista exterior de la calzada es el borde exterior de la parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en general*

Según este marco de la Ley de Carreteras, la servidumbre de edificabilidad establece una franja de 50 metros a contar desde el borde exterior de la carretera (explanación), dentro de la cual queda prohibido construir edificaciones permanentes.

2.4. Descripción de los Conductores

2.4.1. Conductor Aéreo

La línea de evacuación contará con un conductor compuesto por varios alambres de aluminio del mismo diámetro nominal y de uno o varios alambres de acero galvanizado. Los alambres van cableados en capas concéntricas; todos los alambres del alma son de acero y todas las capas exteriores son de alambre de aluminio.

De acuerdo con su grado de protección, será apto para su utilización en zonas definidas como de poca contaminación o de contaminación ligera.

Estos conductores deberán cumplir la norma UNE-EN 50182 y sus características principales se exponen a continuación:

Características Conductor Aéreo	
Denominación	LA-180
Material	Aluminio-Acero
Composición	30x2,5 + 7x2,5
Sección de aluminio (mm^2)	147,3
Sección de acero (mm^2)	34,4
Sección total (mm^2)	181,6
Diámetro de conductor (mm)	17,5
Masa lineal (kg/km)	675,8
Carga de rotura (daN)	6494
Resistencia en c.c. 20 ºC (Ω/km)	0,1963
Módulo de elasticidad (N/mm^2)	80000
Coeficiente de dilatación lineal (C^{-1})	$17,9 \times 10^{-6}$
Intensidad Máxima Admisible (A)	465

Tabla 24. Conductor Aéreo

2.4.2. Conductor Fibra Óptica Tramo Aéreo

El cable de tierra tiene como misión proteger la línea de las descargas atmosféricas.

Con ese objetivo, la Línea de Evacuación llevará un cable de tierra en toda su longitud. Dada la necesidad actual de establecer comunicaciones de gran robustez, se empleará el tipo OPGW, hilo de guarda óptico, el cual posee una doble función respecto al hilo de tierra convencional, y es que posee capacidad para la telecomunicación.

Las características físicas, mecánicas y eléctricas responderán a lo especificado en la norma UNE-EN 60794-4 (Cables de fibra óptica. Parte 4: Especificación intermedia. Cables ópticos aéreos a lo largo de líneas eléctricas de potencia).

La tracción máxima en el cable no sobrepasará, en ningún caso, el tercio de la carga de rotura de este. La tracción en los conductores a 15º C y calma no sobrepasará el 20% de la carga de rotura de estos.

La disposición general de este conductor será en la parte más alta del armado, mediante una cruceta en forma de cúpula.

Para que la protección contra las descargas atmosféricas sea eficaz, se dispondrá la estructura de la cabeza de la torre de forma que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y el conductor, no exceda de los 35º.

Las principales características de este cable son las siguientes:

Características Conductor Fibra Óptica Aéreo	
Nº de conductores	1
Denominación	OPGW-48
Diámetro	17 mm
Sección	180 mm^2
Número de fibras	48
Carga de rotura	8000 kg
Módulo de elasticidad	12000 kg/mm^2
Peso	0,624 kg/m
Coeficiente de dilatación lineal	15 x 10^{-6} $ºC^{-1}$

Tabla 25. Características Cable de Tierra

2.4.3. Conductor Subterráneo

Estos conductores deberán cumplir la norma aplicable y sus características principales se exponen a continuación:

Características Conductor	
Tipo Constructivo	Unipolar
Conductor	Aluminio, semirrígido clase 2 según UNE-EN 60228
Aislamiento	Polietileno Reticulado, XLPE
Nivel de Aislamiento Uo/U (Um)	18/30 kV

Características Conductor	
Semiconductora Externa	Capa extrusionada de material conductor separable en frío
Pantalla Metálica	Cinta(s) de cobre colocadas helicoidalmente
Temperatura Máx.Admisible en el Conductor en Servicio Permanente	90ºC
Temperatura Máx.Admisible en el Conductor en Régimen De Cc	250ºC
Sección	240 mm^2
Peso Aproximado	1.770 kg/km
Diámetro Nominal Aislamiento	33,5 mm
Diámetro Nominal Exterior	42 mm
Intensidad Máxima Admisible Directamente Enterrado (Tª Aire = 30 ºC Tª Terreno = 20 ºC, 1 Km/W)	345 A
Radio de Curvatura	0,635 m

Tabla 26. Conductor Subterráneo

2.4.4. Conductor de Comunicaciones Tramo Subterráneo

Los tramos subterráneos de las Líneas de Evacuación contarán con cables de Fibra Óptica para la comunicación con la Subestación de destino.

Las características de este cable de comunicación serán:

Características Cable Comunicaciones Subterráneo	
Tipo Constructivo	PKP Cable Holgado Multitubo
Nº Fibras	48
Fibras por Tubos	12
Total de Tubos	2
Tubos Activos	2
Cubierta Interior	Polietileno-Negro
Elementos de Tracción	Hilaturas de Aramida
Cubierta Exterior	Polietileno-Negro
Peso (Kg/Km)	113
Diámetro Exterior (mm)	12,6
Máxima Tracción (N)	1000 (Operación) / 1800 (Instalación)
Aplastamiento (N/100mm)	2500 (IEC 60794-1-21 E3)
Rango Temperaturas	-40ºC a +70ºC (IEC 60794-1-22 F1)

Características Cable Comunicaciones Subterráneo	
Radio Curvatura Mín. (mm)	20 x Diámetro Exterior (IEC 60794-1-21 E11)

Tabla 27. Características Cable Comunicaciones Tramo Subterráneo

2.5. Características de la Instalación Tramo Aéreo

2.5.1. Aislamiento

El aislamiento estará formado por cadenas de aisladores de tipo caperuza y vástago, de diferente constitución según la función del apoyo en que hayan de ser colocados (alineación, fin de línea, amarre o anclaje). En base al valor de la tensión de la línea de evacuación, el R.L.A.T. establece los siguientes valores mínimos, correspondientes a la tensión nominal y a la más elevada de la línea:

Niveles de Aislamiento	
Tensión nominal, U (kV)	15
Tensión más elevada del material, Um (kV)	17,5
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	38
Tensión soportada a rayo (kV)	95

Tabla 28. Niveles de Aislamiento

Para superar estos niveles de aislamiento en la línea aérea, se montarán cadenas de aisladores de vidrio templado según norma UNE EN 60305, cuyas características finales son las que siguen:

Aisladores	
Tipo de Aislador	U120-BS
Material	Vidrio templado, acero galvanizado
Paso nominal (mm)	146
Diámetro (mm)	255
Línea de fuga (mm)	315
Carga de rotura (kN)	120
Peso (kg)	3,8

Tabla 29. Características del Aislador

2.5.2. Apoyos

Los apoyos a instalar serán metálicos en celosía, de serie normalizada, formados por perfiles angulares y de características adecuadas a la función a desempeñar, respondiendo las características técnicas de sus componentes a lo indicado en las normas UNE aplicables.

A continuación se muestra una tabla con las principales características de los apoyos objeto del presente proyecto:

Nº Apoyo	Función	Altura útil	Altura Total	Seguridad	Denominación del Apoyo
1-PAS	Fin de Línea	30,5	34,8	Normal	CO-PAS-18000-30.5
2-PAS	Fin de Línea	30,5	34,8	Normal	CO-PAS-18000-30.5

Tabla 30. Características apoyos

Los perfiles utilizados serán de acero, cuyo límite elástico sea igual o superior a 275 N/mm^2, según norma UNE-EN 10025.

Los tornillos empleados serán de calidad 5.6. según las normas UNE-EN ISO 898-1 y UNE-EN 20.989-2, de 300 N/mm2 de límite de fluencia.

Todos los materiales estarán galvanizados por inmersión en caliente de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 1461.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión, se usarán las fórmulas adecuadas a la solicitación a que estén sometidas las barras. También se usarán uniones soldadas.

La disposición adoptada para las crucetas será con crucetas provistas de jabalcón, estando constituidas por perfiles de acero galvanizado de similares características a los utilizado en los apoyos.

Se rotularán todos los apoyos de forma visible en los montantes nº 2 y 4 del apoyo, mediante pintura negra (fixolid o similar), utilizando plantillas normalizadas y a una altura no inferior a 2 metros de forma que sea claramente visible desde el suelo. Si el apoyo cuenta con varios circuitos, se deberán colocar ambas numeraciones, cada una en el lado del circuito correspondiente. La numeración será la indicada en los planos del Proyecto.

En todos los apoyos, cualquiera que sea su naturaleza, deberán estar claramente identificados el número de orden que le corresponda, el fabricante, la función, denominación según el fabricante y el año de fabricación.

Los apoyos de extremo de línea, así como los apoyos de conversión aéreo-subterráneo, llevarán además una placa de identificación del orden de fases, mediante las letras R, S, T y en concordancia con el orden de fases de la red de distribución en la que se va a incluir.

En el aparatado de trazado de la línea se encuentra una tabla con las distintas localizaciones de los apoyos.

Los apoyos serán específicos para esta tensión y conductor y en función de las necesidades de cada ubicación se colocarán de amarre, de alineación o de fin de línea. La altura útil de las torres en cada uno de

los puntos del reparto se adaptará para conseguir, como mínimo, las distancias reglamentarias al terreno y resto de distancias según Reglamento de Alta Tensión.

2.5.3. Placas de Señalización de Peligro

Todos los apoyos dispondrán de una señal de peligro de riesgo eléctrico. Las placas de peligro deberán cumplir las características señaladas en la Recomendación UNESA 0203. Serán adheridas al apoyo mediante silicona u otro adhesivo de gran agarre a una altura visible y legible desde el suelo, pero sin acceso directo desde el mismo, con una distancia mínima de 2,5 m. Se colocará 1 placa de peligro en el montante nº 4 (según convenio) de aquellos apoyos con cimentación monobloque y 2 placas de peligro en los montantes nº 2 y 4 para los de cimentación tetrabloque.

2.5.4. Empalmes

Las características y condiciones de instalación de los empalmes y conexiones atenderán a las prescripciones que sobre éstos se indican en apartado 2.1.6 Empalmes y Conexiones de la ITC-LAT 07 del RLAT. En general se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se recomienda no realizar empalmes en la línea, salvo por razones de aprovechamiento del conductor en el reparto de las bobinas así lo exija, limitándose su uso a un empalme por vano y conductor. Sólo en explotación, en concepto de avería, se consentirá la colocación de dos empalmes.
- En cruzamientos, los contemplados en el artículo 32 del RLAT, los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce.
- Se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores. No debiendo aumentar la resistencia eléctrica del conductor.
- Los empalmes deberán soportar, sin rotura ni deslizamiento del cable, el 95% de la carga de rotura del cable empalmado.
- Con carácter general no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre. En cualquier caso, no se podrá colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor.
- En el caso del cable de tierra tipo OPGW, los empalmes reunirán las mismas condiciones de seguridad e inalterabilidad. Al disponer de un núcleo de fibras ópticas, será necesaria la utilización de cajas empalme que permitan asegurar la integridad y continuidad de las mismas, mediante las correspondientes operaciones de fusionado.

2.5.5. Balizas

Con objeto de destacar la presencia de tendidos eléctricos en zonas de mayor densidad de tráfico aéreo, se instalarán balizas en el hilo de tierra, con los siguientes criterios:

- En zonas próximas a aeropuertos o de especial densidad de tráfico, se seleccionarán los vanos que se encuentren en dicha zona y se instalarán balizas cada 30 metros.
- En cruces sobre autovías y autopistas se instalarán 3 balizas, las extremas sobre cada calzada y la tercera en medio de las dos.
- La fijación de la baliza al hilo de tierra estará protegida con material adecuado (neopreno o similar) para evitar daño en el mismo. Serán preferentemente de material de fibra de vidrio y de forma esférica con un diámetro de 40 cm con posibilidad de oscilar en torno a esa cifra.

Se utilizarán los siguientes elementos para señalización y balizamiento de la línea:

Esfera de balizaje

Válida para cable de guarda convencional y OPGW, así como conductor de fase. En nuestro caso, al montarlas sobre cable OPGW, se requiere el uso de varillas de protección. El material de fabricación es ABS coloreado.

Las balizas se fabrican con un diámetro de 600 mm, y están disponibles en colores Naranja y Blanco, pueden combinarse ½ y ½ de cada color. La fijación sobre el cable se realiza a través de un elastómero, EPDM, adecuado al diámetro del cable, con dos tornillos por lado. Además, las semi-balizas se unen entre sí mediante dos o seis fijaciones adicionales.

La tornillería es de acero inoxidable M-10. Cada semi-esfera tiene perforaciones para evacuar el agua de condensación.

Figura 29: Esfera de balizaje

2.5.6. Antivibradores

Los antivibradores cumplirán los siguientes requisitos:

- Servirán para proteger a los conductores y el cable de tierra de los efectos perjudiciales que puedan producir los fenómenos de vibración eólica a causa de los vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 14 y 65 km/h.
- Evitarán dañar a los conductores.
- Estar preparados para su desinstalación y producir daño al conductor.
- Asegurar que los diferentes componentes no se aflojarán durante el servicio.
- Mantener su función en todo rango de temperatura de servicio.
- Evitar ruidos audibles.
- Prevenir la retención del agua.
- Facilidad de instalación y desinstalación con la línea en tensión.
- La flexión dinámica del conductor o cable de tierra sujeto a la vibración puede producir roturas prematuras por fatiga de sus alambres con la siguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.
- La intensidad de este fenómeno depende de las características del conductor, de su estado tensional y de las características del viento.

Se instalarán amortiguadores tipo Stockbridge de cuatro resonancias instalados directamente sobre el cable, dos amortiguadores por vano, uno en cada extremo del cable en caso necesario una vez se hayan analizado las hipótesis de carga y viento.

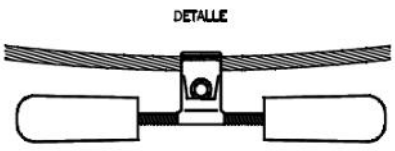


Figura 30: Antivibrador Stockbridge

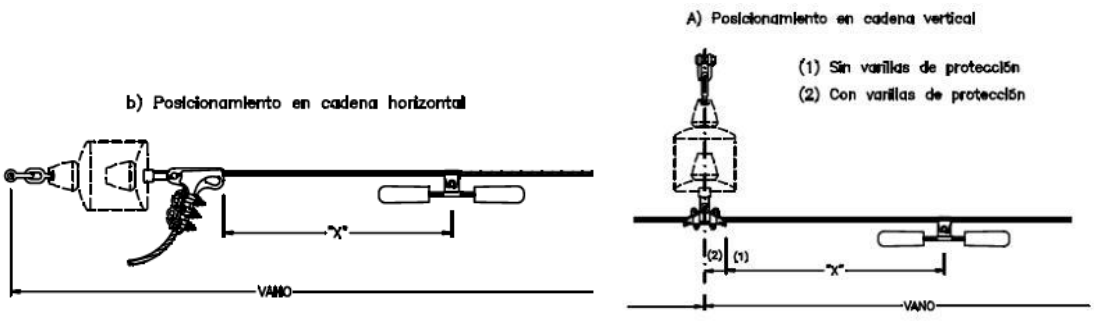


Figura 31: Posicionamiento Antivibrador

En cualquier caso, se consultará con el fabricante tanto el número de amortiguadores por vano como la separación de estos con el punto de engrape.

2.5.7. Puestas a Tierra

El diseño de la puesta a tierra de los apoyos se basará en el cumplimiento de las tensiones de contacto, de forma que el valor de la resistencia de puesta a tierra, así como la forma y disposición de los electrodos, será el necesario para cumplir con los valores admisibles de tensión de contacto, garantizando de esta forma una gran protección de las personas e incrementando el nivel de seguridad en consonancia con la normalización internacional y europea más moderna.

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.

Conductor de Tierra

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.

Cuando en el apoyo exista macizo de hormigón, el conductor no debe tenderse por encima de él, sino atravesarlo.

No podrán insertarse ni fusibles ni interruptores.

Se utilizará como sección mínima 50 mm2 en acero.

Electrodos de Tierra

La instalación de tierra se realizará mediante la colocación de electrodos de difusión verticales. Los electrodos serán de acero cobreado de 1,5 m. de longitud y 14 mm de diámetro.

Cuando se instalen varias picas en paralelo se separarán como mínimo 1,5 veces la longitud de la pica.

Las uniones usadas para el ensamblaje de picas deberán tener el mismo esfuerzo mecánico que las picas, y deberán resistir fatigas mecánicas durante su colocación. 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.

2.5.7.1. Clasificación de Apoyos según su Ubicación

Según se especifica en la ITC-LAT 07, para el cálculo de la puesta a tierra de apoyos en líneas de AT, los apoyos se clasifican en apoyos frecuentados o no frecuentados. Dependiendo de la clasificación del apoyo, se deberán cumplir los distintos requisitos:

Tipo de Apoyo	
Apoyo Frecuentado	Actuación del sistema de puesta a tierra.
	Cumplir la tensión de contacto admisible.
	Dimensionamiento ante efectos de rayo.
Apoyo No Frecuentado	Actuación correcta de las protecciones.

Tabla 31. Tipos de Apoyo según Requisito de Puesta a Tierra

2.5.8. Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08.

Además, la cimentación cumplirá lo detallado en el apartado 3.6 de la ITC-LAT-07 y será del tipo monobloque prismática de sección cuadrada o tetrabloque de cuatro bloques independientes y secciones circulares o cuadradas, con o sin cueva, en función de las características del terreno.

El bloque de cimentación monobloques sobresaldrá del terreno, como mínimo 15 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Dichas cimentaciones se terminarán con un vierteaguas de 5 cm de altura para facilitar la evacuación del agua de lluvia. Así mismo, el objeto de evitar que el agua que queda confinada en los perfiles de los montantes en su inserción con la cimentación, se efectuarán unos pequeños planos inclinados a tal efecto.

El bloque de cimentación tetrabloque sobresaldrá del terreno, como mínimo 20 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Sobre cada uno de los bloques de hormigón se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura.

Las dimensiones de las cimentaciones variarán en función del coeficiente de compresibilidad del terreno (K). Los valores de los coeficientes de compresibilidad se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT-07.

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

- En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno, se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre el momento estabilizador mínimo (debido a los pesos propios, así como las reacciones y empujes

pasivos del terreno), respecto a la arista más cargada de la cimentación y el momento volcador máximo motivado por las acciones externas. El coeficiente de seguridad no será inferior al indicado en la Tabla 10 Coeficientes de Seguridad, obtenidos del Apdo. 3.5 del ITC-LAT 07.

Hipótesis Normales	Hipótesis Anormales
1,5	1,2

Tabla 32. Coeficientes de Seguridad

- En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno.
- En el caso de que surgiese roca superficialmente o a muy poca profundidad, la cimentación se realizaría uniendo el apoyo a la roca mediante pernos anclados a la misma (cimentación en roca). Del mismo modo, en aquellos casos en los que mediante los medios mecánicos habituales no se pueda realizar la cimentación hasta la profundidad necesaria y, por consiguiente, sea preciso reforzarla, se realizará dicho esfuerzo uniendo el cimiento a la roca mediante pernos anclados a la misma (cimentación mixta).

Se consideran todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

- Peso del apoyo.
- Peso propio de cimentación.
- Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.
- Carga resistente de los pernos, en el caso de realizarse cimentaciones mixtas o en roca.

En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea, se recomienda utilizar como ángulo de talud natural o de arranque de tierras:

- 30º para terreno normal.
- 20º para terreno flojo.

Se consideran todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

- Peso del apoyo.
- Peso propio de la cimentación.
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.
- Carga de compresión ejercida sobre el apoyo.

En los apoyos que necesitan cimentación, la resistencia de ésta no es inferior a la del apoyo que soporta.

2.5.9. Accesos

Los accesos necesarios para atender al establecimiento, vigilancia, conservación, reparación de la línea eléctrica y corte de arbolado, si fuera necesario, se llevarán a cabo según los siguientes criterios:

- Sobre caminos privados existentes y en buen estado.
- Sobre las fincas afectadas adyacentes al camino existente (en los márgenes) para el paso o ubicación temporal de maquinaria durante la fase de construcción.
- En las fincas sobre las que haya que construir un nuevo acceso, la servidumbre de paso comprenderá la explanada a realizar.

La actuación sobre un acceso puede crear la necesidad de afectar una construcción existente (muro, pozo, verja, acequias, etc.) ocasionándole daños, que el promotor repondrá y/o indemnizará, así como se responsabilizará del mantenimiento de todos los servicios necesarios para la adecuada explotación y uso de las fincas afectadas durante la ejecución de las obras, realizando todas aquellas actuaciones que resulten necesarias, aun cuando fuera con carácter provisional y sin prejuicio de su reposición definitiva.

De entre las diferentes alternativas válidas para la ejecución de un camino de acceso, la selección de la óptima se realiza, no sólo en base a los criterios técnicos anteriormente expuestos, sino que se consideran también criterios ambientales, de manera que produzca sobre el medio ambiente el menor impacto posible y criterios socioeconómicos, de forma que la afección al propietario también se minimice.

2.5.10. Protección Avifauna

Se cumplirán las prescripciones establecidas en:

- **RD 1432/2008**, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- **Recomendaciones técnicas del Ministerio para la Transición Ecológica** para la corrección de los apoyos eléctricos del riesgo de electrocución de aves, teniendo en cuenta aspectos como la obligatoriedad de instalación de elementos visuales que eviten la colisión de las aves con los conductores en el tramo objeto del informe de acuerdo a la normativa de protección citada.

Se establecerán las soluciones técnicas necesarias para garantizar las condiciones exigidas por la reglamentación medioambiental vigente en cuestión de protección de la Avifauna.

En la normativa vigente, anteriormente mencionada, de protección de la avifauna para instalaciones eléctricas de alta tensión, se establecen condiciones técnico-ambientales exigibles a dichas instalaciones eléctricas, con el fin de minimizar los riesgos de mortalidad de la avifauna por electrocución y colisión con las mismas.

De lo reflejado tanto en el RD 1432/2008 como en el Decreto 178/2006, las medidas de protección a analizar son:

2.5.10.1. Medidas Antielectrocución

Serán de aplicación a las instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión en los siguientes casos:

- A las de nueva construcción, así como a las ampliaciones o modificaciones de las existentes que requieran autorización administrativa.
- A las instalaciones existentes que discurran por las zonas de protección definidas en el artículo 4 del RD 1432/2008, de 29 de Agosto.

2.5.10.2. Medidas Anticolisión

Serán de aplicación a las instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión en los siguientes casos:

- A las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos ubicadas en zonas de protección definidas en el artículo 4 del RD 1432/2008, de 29 de Agosto, que sean de nueva construcción, o que no cuenten con un proyecto de ejecución aprobado a la entrada en vigor de este real decreto, así como a las ampliaciones o modificaciones de líneas eléctricas aéreas de alta tensión ya existentes. También será de aplicación lo especificado en el artículo 3.2 del Decreto 178/2006.
- También se aplica, de manera voluntaria, a las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos existentes a la entrada en vigor del RD 1432/2008, ubicadas en zonas de protección definidas en el artículo 4 del RD 1432/2008.

2.5.10.3. Medidas de Prevención

Según se establece en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de Agosto, así como en el Decreto 178/2006, de 10 de Octubre, las medidas de prevención son las siguientes:

Medidas de Prevención ante la Electrocución

La electrocución de las aves se produce cuando tocan accidentalmente con alguna parte de su cuerpo dos conductores al mismo tiempo, o un conductor y tierra. Evidentemente, el puente puede ser ocasionado al tocarse dos aves entre sí, en las condiciones anteriores.

- Las líneas se habrán de construir con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose la disposición horizontal de los mismos, excepto los apoyos de ángulo, anclaje y fin de línea.
- Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores, de derivación, anclaje, fin de línea, se diseñarán de forma que no se sobrepase con elementos en tensión las crucetas no auxiliares

de los apoyos. En su defecto se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión mediante dispositivos de probada eficacia.

- La unión entre los apoyos y los transformadores o seccionadores situados en tierra, que se encuentren dentro de casetillas de obra o valladas, se hará con cable seco o trenzado.
- Los apoyos de alineación tendrán que cumplir las siguientes distancias mínimas accesibles de seguridad: entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75 m, y entre conductores de 1,5 m. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento efectivo y permanente de las zonas de tensión.
- En el caso de armado tresbolillo, la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no será inferior a 1,5 metros, a menos que el conductor o el puente flojo esté aislado.
- Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no será inferior a 0,88 metros, a menos que se aísle el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche.
- Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadena de aisladores horizontal, deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento de las zonas de tensión.
- Se instalarán preferentemente apoyos tipo tresbolillo frente a cualquier otro tipo de poste en líneas aéreas con conductor desnudo para tensiones nominales iguales o inferiores a 36 kV.
- Los diferentes armados han de cumplir unas distancias mínimas de seguridad «d», tal y como se establece en el cuadro que se contiene en el anexo del RD 1432/2008. Las alargaderas en las cadenas de amarre deberán diseñarse para evitar que se posen las aves. En el caso de constatarse por el órgano competente de la comunidad autónoma que las alargaderas y las cadenas de amarre son utilizadas por las aves para posarse o se producen electrocuciones, la medida de esta distancia de seguridad no incluirá la citada alargadera.
- En el caso de crucetas distintas a las especificadas en el cuadro de crucetas del apartado e), la distancia mínima de seguridad «d» aplicable será la que corresponda a la cruceta más aproximada a las presentadas en dicho cuadro.

Medidas de Prevención ante la Colisión

- Las instalaciones eléctricas que estén dentro del ámbito de aplicación o cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma., estarán dotadas de salvapájaros o señalizadores

visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquellos no existen. En ausencia de cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores.

- Los salvapájaros o señalizadores consistirán en espirales, tiras formando aspas u otros sistemas de probada eficacia y mínimo impacto visual realizados con materiales opacos que estarán dispuestos cada 5 metros, cuando el cable de tierra sea único, o alternadamente cada 10 metros cuando sean dos los cables de tierra paralelos, o en su caso, en los conductores.
- Los salvapájaros o señalizadores visuales se han de colocar en los cables de tierra. Si estos últimos no existieran, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm. Los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos y estarán dispuestos cada 5 metros (si el cable de tierra es único) o alternadamente, cada 20 metros (si son dos cables de tierra paralelos o, en su caso, en los conductores). La señalización en conductores se realizará de modo que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 metros, para lo cual se dispondrán de forma alterna en cada conductor y con una distancia máxima de 20 metros entre señales contiguas en un mismo conductor. En aquellos tramos más peligrosos debido a la presencia de niebla o por visibilidad limitada, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá reducir las anteriores distancias.
- Los salvapájaros o señalizadores serán del tamaño mínimo siguiente:
- Espirales: Con 30 cm de diámetro × 1 metro de longitud.
- De 2 tiras en X: De 5 × 35 cm.
- Se podrán utilizar otro tipo de señalizadores, siempre que eviten eficazmente la colisión de aves, a juicio del órgano competente de la comunidad autónoma.

2.5.10.4. Soluciones Adoptadas

Medidas Anti-Electrocución

Con objeto de prevenir, e incluso evitar incidentes y daños por electrocución sobre la cruceta de los apoyos por la probable nidificación sobre las mismas, así como posteriores actuaciones de derribo de nidos por actuaciones de mantenimiento de la línea, se colocarán pletinas verticales de chapa galvanizada y forma triangular sobre los puentes de las crucetas de todos los postes, de tal manera que se impida el posado de las aves.

Medidas Anticolisión

Se colocarán salva-pájaros en el cable de fibra superior (OPGW) dispuestos cada 5 metros.

2.5.11. Cruzamientos, Proximidades y Paralelismos

El RLAT en su apartado 5 de la ITC-07 contempla las distancias mínimas en cruzamientos y paralelismos. Para evitar descargas eléctricas, el RLAT considera tres tipos de distancias:

- Del: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente rápido o lento. Del puede ser tanto interna, cuando se considera unas distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- Dpp: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente rápido o lento. Dpp es una distancia interna.
- asom: 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.

A continuación, se analizarán las distancias mínimas de seguridad a tener en cuenta para este Proyecto de acuerdo al ITC07 del R.L.A.T.

Distancia entre Conductores

La distancia mínima entre conductores viene marcada por el artículo 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T., esto es:

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

Siendo:

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T.
- K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea K'=0,85 para líneas de categoría especial y K'=0,75 para el resto de las líneas.
- F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC07 del R.L.A.T. (m).
- L: Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L=0.
- Dpp: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de Dpp se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea.

Distancia a Partes Puestas a Tierra

Según el artículo 5.4.2 de la ITC07 del R.L.A.T. la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a Del, con un mínimo de 0,2m. Los valores de este parámetro están en la tabla 15 del apartado 5.2 de la ya citada ITC07 del R.L.A.T.

Distancia de los Conductores al Terreno, Caminos, Sendas y a Cursos de Agua no Navegables

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC07 del R.L.A.T. la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo según el apartado 3.2.3, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

Dadd + Del = 5,3 + Del en metros, (con un mínimo de 6 m)

No obstante, en lugares de difícil acceso las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

Siendo:

- Del: la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo. Los valores de este parámetro están en la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T.
- Dadd + Del: Distancia del conductor inferior al terreno, en metros.

Distancia a Otras Líneas Aéreas o Líneas Aéreas de Telecomunicación

Cruzamientos

En los cruces de líneas eléctricas aéreas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y, en el caso de igual tensión; la que se instale con posterioridad. En todo caso, siempre que fuera preciso sobre elevar la línea preexistente, será de cargo del propietario de la nueva línea la modificación de la línea ya instalada. Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1{,}5 + D_{el}$$

Con un mínimo de:

- 2 metros para líneas de tensión de hasta 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 132 kV.
- 7 metros para líneas de tensión superior a 132 kV y hasta 400 kV.

Considerándose los conductores de ésta, en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento a) del apartado 3.2.3 de la ITC07 del RLAT. Los valores de Del se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del RLAT en función de la tensión más elevada de la línea inferior.

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

Dadd + Dpp en metros.

A la distancia de aislamiento adicional, Dadd, se le aplicarán los valores de la tabla 17 del apartado 5.6.1 de la ITC07 del RLAT.

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

Dadd + Del = 1,5 + Del en metros, (con un mínimo de 2m).

Las líneas de telecomunicación serán consideradas como líneas eléctricas de baja tensión y su cruzamiento estará sujeto por lo tanto a las mismas prescripciones.

Proximidades y Paralelismos

Se evitará siempre que se pueda la construcción de líneas de alta tensión paralelas a distancias (entre las trazas de los conductores más próximos) inferiores a 1,5 veces de altura del apoyo más alto. Se exceptúan de la anterior recomendación las zonas de acceso a centrales generadoras y estaciones transformadoras.

Respecto al paralelismo entre líneas de alta tensión con líneas de telecomunicación, se evitará siempre que se pueda, y cuando ello no sea posible se mantendrá entre las trazas de los conductores más próximos una distancia mínima igual a 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

Distancia a Carreteras

Cruzamientos

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

Dadd + Del en metros, (con un mínimo de 7m).

Siendo:

- Dadd = 7,5 para líneas de categoría especial
- Dadd = 6,3 para líneas del resto de categorías.

La distancia mínima del cable de tierra OPGW sobre la rasante de la carretera debe ser 7m, según la ITC07 del RLAT. En nuestro caso se cumple al ir este cable instalado por encima de los conductores de fase.

Proximidades y Paralelismos

Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación de apoyos se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 metros en el resto de las carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la arista exterior de la calzada.

Para las carreteras no pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, la instalación de los apoyos deberá cumplir la normativa vigente de cada comunidad autónoma aplicable a tal efecto.

Independientemente de que la carretera pertenezca o no a la Red de Carreteras del Estado, para la colocación de apoyos dentro de la zona de afección de la carretera, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. Para la Red de Carreteras del Estado, la zona de afección comprende una distancia de 100 metros desde la arista exterior de la explanación en el caso de autopistas, autovías y vías rápidas, y 50 metros en el resto de las carreteras de la Red de Carreteras del Estado.

Para los paralelismos no son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3.de la ITC07 del RLAT.

Distancia a Ferrocarriles sin Electrificar

Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC07 del RLAT. La distancia mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre las cabezas de los carriles será la misma que para cruzamientos con carreteras.

Proximidades y Paralelismos

A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.

La línea límite de edificación es la situada a 50 metros de la arista exterior de la explanación medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por la línea límite de edificación.

Para la colocación de apoyos en la zona de protección de las líneas ferroviarias, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. La línea límite de la zona de protección es la situada a 70 metros de la arista exterior de la explanación, medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea.

Para los paralelismos no son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3.de la ITC07 del RLAT.

Distancia a Ferrocarriles Electrificados, Tranvías y Trolebuses

Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC07 del RLAT.

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

$$Dadd + Del = 3{,}5 + Del \text{ en metros, (con un mínimo de 4m).}$$

Proximidades y paralelismos

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se seguirá lo indicado en al apartado 5.8 para ferrocarriles sin electrificar.

Distancia a Teleféricos y Cables Transportadores

Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC07 del RLAT.

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical y la parte más elevada del teleférico, teniendo en cuenta las oscilaciones de los cables de este durante su explotación normal y la posible sobre elevación que pueda alcanzar por reducción de carga en caso de accidente será de:

Dadd + Del = 4,5 + Del en metros, (con un mínimo de 5m)

La distancia del cable de tierra OPGW a la parte más elevada del teleférico será de 5m.

Proximidades y Paralelismos

La distancia horizontal entre la parte más próxima del teleférico y los apoyos de la línea eléctrica en el vano de cruce será como mínimo la que se obtenga de la fórmula anteriormente indicada.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3.de la ITC07 del RLAT.

Distancia a Ríos y Canales, Navegables o Flotables

Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC07 del RLAT.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será:

- Líneas de categoría especial: G + Dadd + Del = G + 3,5 + Del en metros,
- Resto de líneas: G + Dadd + Del = G + 2,3 + Del en metros,

Siendo G= Gálibo (4,7 m cuando no está definido).

La distancia del cable de tierra OPGW sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de 7m, cumpliéndose en nuestro caso al ir este cable instalado por encima de los conductores de fase.

Proximidades y Paralelismos

La instalación de apoyos se realizará a una distancia de 25 metros y, como mínimo, vez y media la altura de los apoyos, desde el borde del cauce fluvial correspondiente al caudal de la máxima avenida. No obstante, podrá admitirse la colocación de apoyos a distancias inferiores si existe la autorización previa de la administración competente.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3.de la ITC07 del RLAT.

Paso por Zonas

Bosques, árboles y masas de arbolado

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3.de la ITC07 del RLAT.

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

Dadd + Del = 1,5 + Del en metros, (con un mínimo de 2m).

Edificios, construcciones y zonas urbanas

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3.de la ITC07 del RLAT.

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

Dadd + Del = 3,3 + Del en metros, (con un mínimo de 5m).

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

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

- Sobre puntos accesibles a las personas: 5,5 + Del metros, con un mínimo de 6 metros.
- Sobre puntos no accesibles a las personas: 3,3 + Del metros, con un mínimo de 4 metros.

Proximidades a Obra

Cuando se realicen obras próximas a la línea aérea y con objeto de garantizar la protección de los trabajadores frente a los riesgos eléctricos según la reglamentación aplicable de prevención de riesgos laborales, y en particular el 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, el promotor de la obra se encargará de que se realice la señalización mediante el balizamiento de la línea aérea. El balizamiento utilizará elementos normalizados y podrá ser temporal.

2.6. Características de la Instalación Tramo Subterráneo

2.6.1. Disposición de Montaje

Los cables se agruparán en tresbolillo, siguiendo el esquema de colocación de mostrado en el detalle de zanja adjunto a este documento.

La instalación de los conductores a lo largo de todo el trazado se llevará a cabo **bajo tubo enterrado** para facilitar su retirada en las labores de desmontaje de la instalación, pudiéndose quedar el entubado perdido y evitar así alterar la estructura edáfica regenerada.

A continuación, se muestra el detalle de zanja existentes en el proyecto:

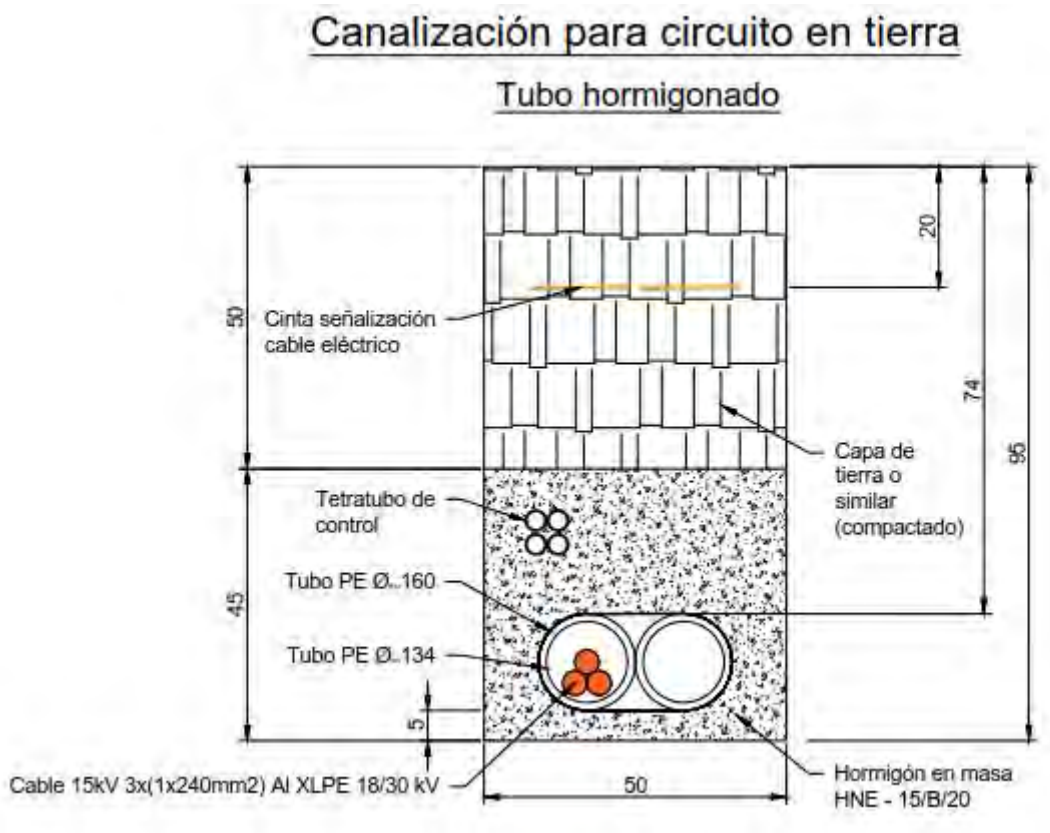


Figura 32: Detalle de Zanja

Para más información, véase el Documento 04_Planos.

2.6.2. Empalmes

En aquellos casos en los que la longitud de la línea subterránea obligue a unir distintos tramos de conductores subterráneos, estos se conectarán por medio de empalmes compuestos por un cuerpo premoldeado que se instalará encima de los dos extremos de cable para asegurar la continuidad del aislamiento principal.

Los empalmes no deben limitar la capacidad de transporte de la línea, tanto en servicio normal como en régimen de sobrecarga. Para ello, se elegirán de acuerdo con la naturaleza, composición y sección de los conductores, realizándose con elementos de unión de tal naturaleza que no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

Del mismo modo, los empalmes deberán admitir las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el conductor sobre el cual se van a instalar.

Los empalmes constan básicamente de dos partes, de acuerdo con la función que desempeñan:

- Parte Mecánica: Constituida por los elementos de conexión del conductor y la pantalla del conductor en ambos extremos del empalme y la envolvente o cubierta exterior.
- Parte Eléctrica: Constituida por elementos y materiales que permiten soportar el gradiente eléctrico en la parte central del empalme y en las zonas de transición entre el empalme y el conductor.

Con relación a la forma en la que se realiza la conexión, los empalmes pueden ser directos, para conexiones rígidas a tierra de las pantallas del conductor, o preparados para el cruzamiento de pantallas en conexiones especiales.

Empalmes premoldeados de una sola pieza:

La parte principal de estos tipos de empalmes consiste en electrodos de alta tensión internos, una capa aislante y una capa externa semiconductora.

El contacto entre el cable y el empalme está asegurado por la memoria elástica del material empleado en la fabricación del empalme.

El material empleado puede ser goma de etileno propileno (EPR) o goma de silicona.

El empalme dispondrá de una carcasa de protección que tendrá, como mínimo, las mismas características de resistencia mecánica que la propia cubierta del conductor.

A continuación, se muestra una figura detallada de los siguientes empalmes:

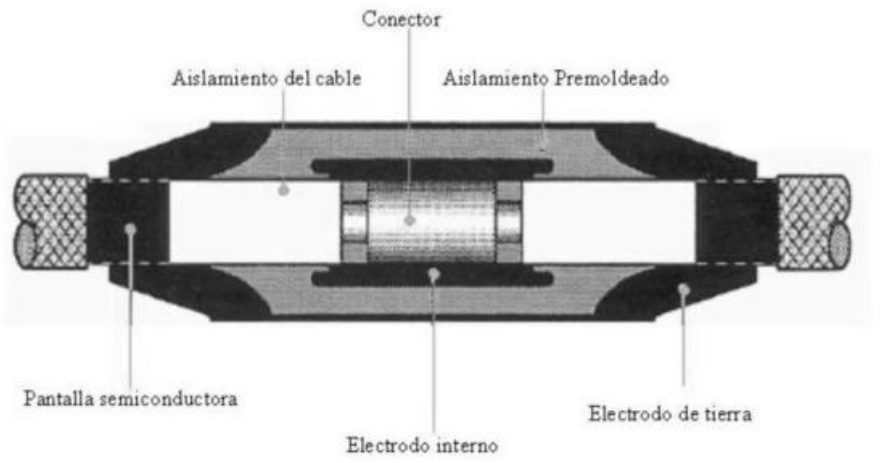


Figura 33: Empalme premoldeado de una sola pieza

2.6.3. Terminales

Los terminales se instalarán en los extremos de los cables para garantizar la unión eléctrica de estos con otras partes de la red, manteniendo el aislamiento hasta el punto de conexión.

Los terminales no deberán limitar la capacidad de transporte de los conductores, tanto en servicio normal como el régimen de sobrecarga, dentro de las condiciones de funcionamiento admitidas.

Del mismo modo, los terminales deberán admitir las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el conductor sobre el cual se van a instalar.

Los terminales constan básicamente de dos partes de acuerdo con la función que desempeñan:

- Parte Mecánica: Constituida por los elementos de conexión del conductor y la pantalla del conductor al terminal, y la envolvente o cubierta exterior.
- Parte Eléctrica: Constituida por elementos y materiales que permiten soportar el gradiente eléctrico en la parte central del terminal y en las zonas de transición entre el terminal y el conductor.

Terminales Premoldeados de Exterior de Composite:

En este tipo de terminales de exterior, el aislamiento externo es un aislador de composite anclado a una base metálica de fundición, que a su vez está soportada por una placa. Esta placa está montada sobre aisladores de pedestal los cuales se apoyan en la estructura metálica donde se instala el terminal.

Para asegurar el control del campo eléctrico que aparece en la interfase entre el conductor y el terminal, se emplea un cono deflector elástico preformado que queda instalado dentro del aislador.

En el extremo superior, el arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Este tipo de terminal permite aislar la pantalla del soporte metálico, lo cual es necesario para las conexiones especiales de pantallas flotantes en un extremo. Asimismo, se pueden realizar ensayos de tensión de la cubierta para mantenimiento.

La conexión del conductor del cable a su conector se hace por medio de manguitos de conexión a presión. Esta conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal en cortocircuito.

La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra. Las tomas de tierra deben permitir la conexión a tierra de la pantalla del cable y deben estar dimensionadas para permitir la conexión a

tierra de la pantalla del cable y deben estar dimensionadas para poder derivar las corrientes de cortocircuito definidas para el conductor. Asimismo, deben ser accesibles para permitir su desmontaje en caso de necesidad.

Los terminales de composite se diseñarán de tal manera que no requieran control de presión ni control de nivel si llevan fluido aislante, aceite de silicona o similar, en su interior.

En presencia de contaminación, la respuesta del aislamiento externo del terminal a las tensiones a frecuencia industrial cobra una importancia capital, lo que deberá tenerse en cuenta en su diseño.

Se especifican cuatro niveles cualitativos de contaminación, en base a la norma UNE 21-062-80/2, para las que se exigen unas líneas de fuga mínimas en los terminales.

El aislamiento externo deberá soportar la tensión más elevada de la red en condiciones de contaminación continua.

A continuación, se muestra un detalle de estos tipos de terminales:

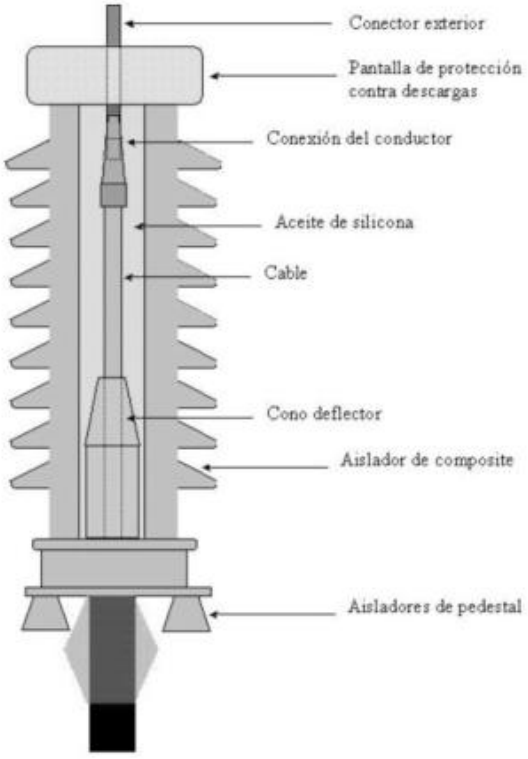


Figura 34: Terminal premoldeado de composite

2.6.4. Arquetas

2.6.4.1. Arquetas de Ayuda al Tendido

Al tratarse de una instalación en la que los cables van entubados en todo o gran parte del recorrido, en los cambios importantes de dirección se colocarán arquetas de ayuda al tendido para facilitar el tendido de los conductores.

Las paredes de estas arquetas deberán entibarse de modo que no se produzcan desprendimientos que puedan perjudicar los trabajos del tendido de conductores, y dispondrán de una solera de hormigón de 10 cm de espesor.

Una vez se hayan tendido los conductores se dará continuidad a las canalizaciones en las arquetas y se recubrirán de una capa de hormigón de forma que quede al mismo nivel que el resto de la zanja. Finalmente se rellenará la arqueta con tierras compactadas y se repondrá el pavimento.

2.6.4.2. Arquetas

Además de las mencionadas arquetas de ayuda al tendido, se instalarán arquetas en alineación como máximo a 200 m, en cruzamientos, obstáculos etc., en las arquetas, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el conductor, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignifugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas ciegas se rellenarán con arena. Por encima de la capa de arena se rellenará con tierra cribada compactada hasta la altura que se precise en función del acabado superficial que le corresponda.

2.6.5. Sistema de Puesta a Tierra

La principal función de conexión de puesta a tierra de las pantallas de los conductores es la reducción de tensiones inducidas que aparecen entre las pantallas de los cables y tierra, tanto en régimen permanente como en cortocircuito.

2.6.5.1. Tensiones Inducidas y Tipos de Conexionado de Pantallas

Durante el funcionamiento de un circuito se inducen en las pantallas de los conductores unas tensiones que, dependiendo del sistema de conexión de puesta a tierra de las pantallas, pueden originar dos fenómenos distintos.

- Aparición de corrientes inducidas que disminuyen la capacidad de transporte del conductor.
- Aparición de tensiones inducidas que pueden alcanzar valores peligrosos para la seguridad de las personas o valores capaces de dañar los materiales de la instalación.

Conexión Rígida a Tierra (Solid Bonding):

En este tipo de conexión, las pantallas de los cables están conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electromagnéticamente con el circuito formado por los conductores.

En este tipo de conexión, se inducen corrientes de circulación en las pantallas de los cables, provocando pérdidas por calor y consecuentemente pérdidas en la intensidad máxima admisible del cable.

Estas pérdidas, se pueden minimizar cuando los cables están dispuestos en formación tresbolillo, sin embargo, se incrementan con la separación de los mismos.

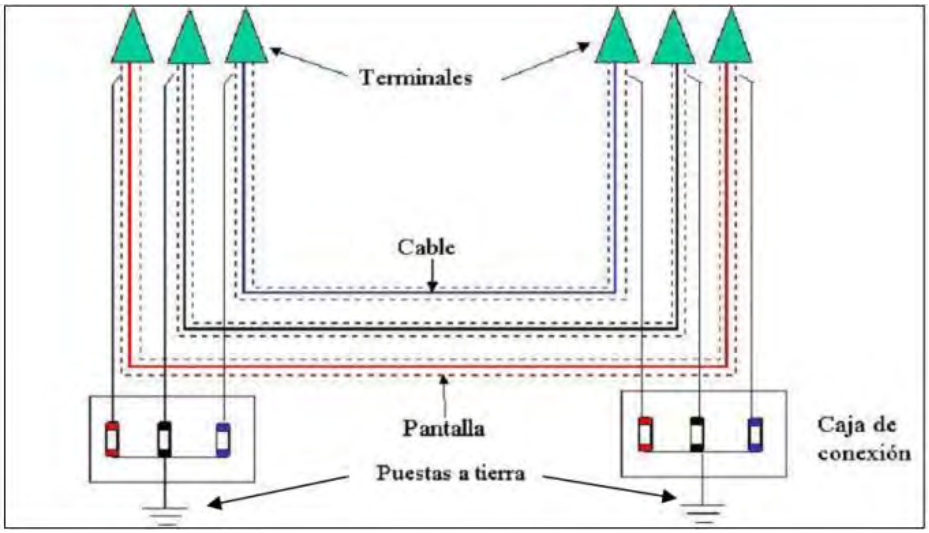


Figura 35: Conexión Solid Bonding

2.6.6. Cajas de Puesta a Tierra de las Pantallas

Se instalarán cajas de puesta a tierra para alojar las conexiones de las pantallas de los conductores. Dependiendo del sistema de puesta a tierra definido para la instalación, estas cajas pueden incluir limitadores de tensión.

Las cajas de conexión de pantallas serán trifásicas y dispondrán de una envolvente preparada para alojar las conexiones de las pantallas, los cables de conexión a tierra y los limitadores de tensión asociados en caso necesario.

Serán accesibles mediante útil específico o llave para permitir la realización de los ensayos de puesta en servicio y de mantenimiento periódico del sistema de cable. Para facilitar estas operaciones, no contendrán ningún tipo de rellenos y las conexiones de las pantallas de los conductores entre sí y con la red de tierras local se realizarán con pletinas desmontables.

Las envolventes estarán fabricadas en acero galvanizado o acero inoxidable y serán capaces de contener los efectos de fallo térmico o eléctrico de cualquiera de los elementos alojados en ellas sin que se produzcan daños a elementos externos vecinos. Además, deberán estar conectadas siempre a tierra por medio de una conexión independiente de la puesta a tierra de los elementos contenidos en su interior.

Estarán provistas de una pantalla aislante y transparente que evite contactos accidentales a elementos en tensión cuando la caja esté abierta, de forma que tenga un grado de protección IPXXB con la tapa abierta.

2.6.7. Perforación Horizontal Dirigida (PHD)

Para realizar el cruzamiento de la línea a través del Barranco de Zazalejos y con el objetivo de afectar en la menor medida de la posible al medio, se realizar una Perforación Horizontal Dirigida en este tramo.

La canalización por perforación horizontal se realizará mediante perforación dirigida en vaina de 630 mm de diámetro exterior con relleno de Bentonita, de modo que se garantice una profundidad mínima desde la generatriz superior del tubo hasta la carretera/el cauce/el ferrocarril… para el cruce. Esta técnica permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación. Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno.

La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos.

La perforación dirigida se puede ver como una secuencia de cuatro fases:

Fase 1: Disposición

La perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará la trayectoria más adecuada a seguir.

Fase 2: Perforación piloto

Se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo.

Para facilitar la perforación se utiliza un compuesto llamado Bentonita. Esto es una arcilla de grano muy fino que contiene bases y hierro. La bentonita es inyectada a presión por el interior de las varillas hasta el cabezal de perforación siendo su misión principal refrigerar y lubricar dicho cabezal y suministrar estabilidad a la perforación. En esta perforación piloto, la cabeza está dotada de una sonda, de manera que mediante un receptor se puede conocer la posición exacta del cabezal.

La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie. La trayectoria se puede variar si fuese necesario debido a la aparición de obstáculos en la trayectoria marcada.

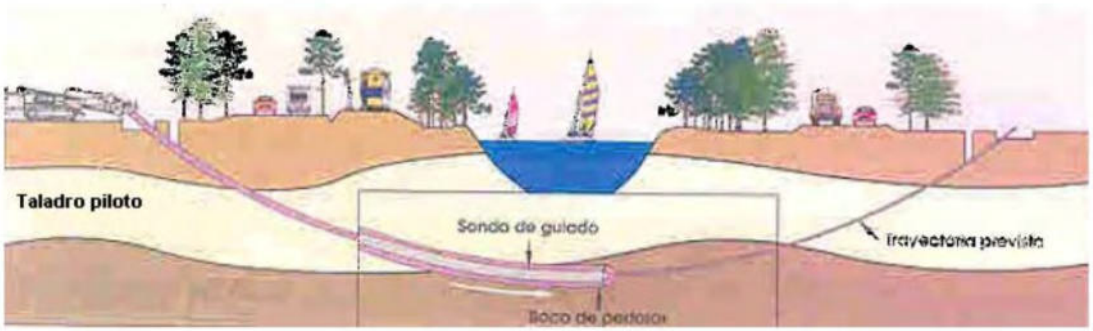


Figura 36: Detalle Perforación Piloto

Fase 3: Escariado

Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.

Este proceso se realiza en sentido inverso; es decir, tirando hacia la máquina.

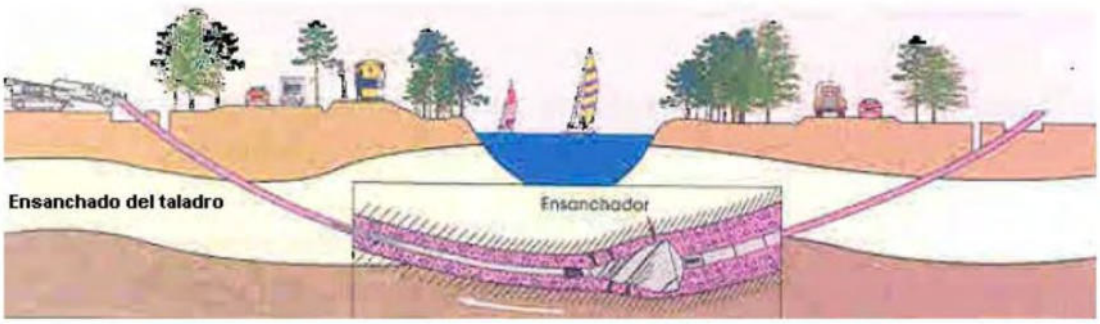


Figura 37: Detalle Escariado

Fase 4: Instalación de la tubería

Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

En el interior de cada tubo se instalará una cuerda de nylon de Ø10 mm.

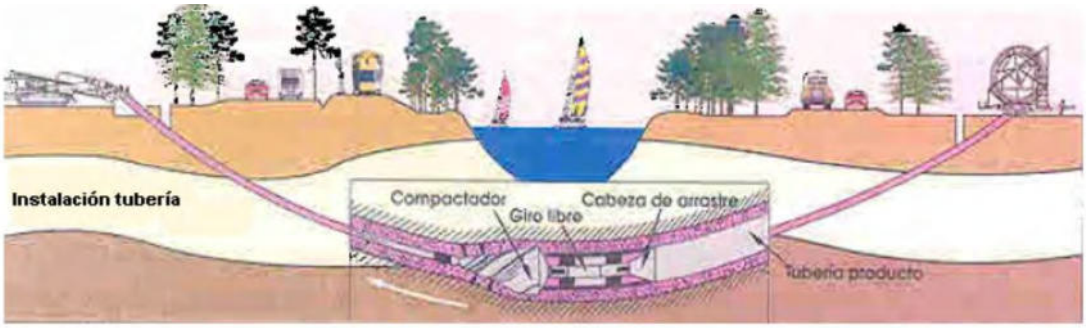


Figura 38: Detalle Instalación de la Tubería

2.6.8. Medidas de señalización y seguridad

Las zanjas se realizarán cumpliendo todas las medidas de seguridad personal y vial indicadas en las Ordenanzas Municipales, Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Código de la Circulación, etc.

Todas las obras deberán estar perfectamente señalizadas y balizadas, tanto frontal como longitudinalmente (chapas, tableros, valla, luces, etc.). La obligación de señalizar alcanzará, no sólo a la propia obra, sino aquellos lugares en que resulte necesaria cualquier indicación como consecuencia directa o indirecta de los trabajos que se realicen.

2.6.9. Cruzamientos, Proximidades y Paralelismos

El soterramiento de conductores deberá cumplir con todos los requisitos señalados en el presente apartado y con todas las condiciones que pudieran imponer otros Organismos Competentes afectados, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de conductores subterráneos de alta tensión.

Las distancias de seguridad y las condiciones generales en situaciones de cruzamiento o paralelismo cumplirán estrictamente con lo indicado en este apartado que, en general, se corresponden con lo dispuesto en el apartado 5 de la ITC-LAT-06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas de Alta Tensión.

Cruzamientos:

A continuación, se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de A.T.

Calles y Carreteras: Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 metros. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Ferrocarriles: Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas, perpendiculares a la vía siempre que sea posible. La parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,1 metros respecto de la cara inferior de la traviesa. Dichas canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1,5 metros por cada extremo.

Otros Cables de Energía: Siempre que sea posible se procurará que los cables de alta tensión discurran por debajo de los de baja tensión. La distancia mínima entre un cable de energía de A.T. y otros cables de energía será de 0,25 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporte un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Cables de Telecomunicación: La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicaciones será de 0,20 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicaciones, será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Agua: La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 metros. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J si es superior a 140 mm.

Canalizaciones de Gas: En los cruces de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la siguiente tabla. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrá reducirse mediante la colocación de una protección suplementaria, hasta los mínimos establecidos en dicha tabla. Esta protección suplementaria, a colocar entre servicios, estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.).

En los casos en que no se pueda cumplir con la distancia mínima establecida con protección suplementaria y se considerase necesario reducir esta distancia, se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

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

Figura 39: Distancias en cruzamientos con canalizaciones de gas

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

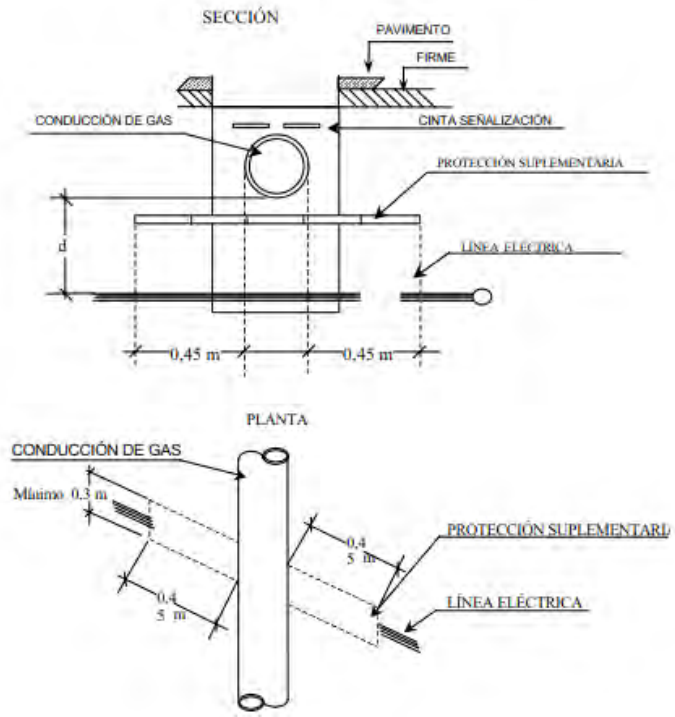


Figura 40: Detalle de cruzamiento con canalización de gas

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

Conducciones de Alcantarillado: Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Depósitos de Carburante: Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporte un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán,

como mínimo 1,20 metros del depósito. Los externos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

Proximidades y Paralelismos:

Los cables subterráneos de A.T. deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

Otros Cables de Energía: Los cables de A.T. podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 metros. Cuando no pueda respetarse esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

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

Canalizaciones de Agua: La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 metros. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 0 J cuando sea superior a 140 mm.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 metros en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

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

Canalizaciones de Gas: En los paralelismos de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la siguiente tabla. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrán reducirse mediante la colocación de una protección suplementaria hasta las distancias mínimas establecidas en dicha tabla. Esta protección

suplementaria a colocar entre servicios estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillo, etc.) o por tubos de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando sea superior a 140 mm.

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,25 m	0,15 m
Acometida interior*	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,20 m	0,10 m

Figura 41: Distancias en paralelismos con canalizaciones de gas

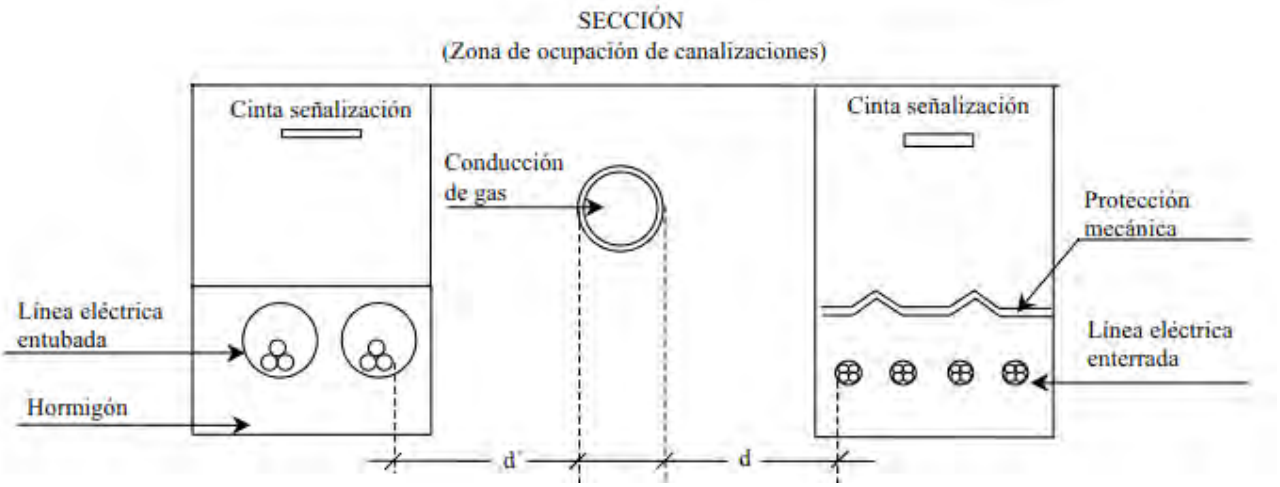


Figura 42: Detalle de paralelismo con canalización de gas

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

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Capítulo 3: Cálculos Justificativos

Índice

1. CÁLCULO ELÉCTRICO DE LA PSFV 4

1.1. CÁLCULO DEL NÚMERO DE MÓDULOS POR STRING 4
1.2. CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN 6
1.3. ESTUDIO DE CORTOCIRCUITOS 12
1.4. ESTUDIO DE PUESTA A TIERRA 16

ANEXO I: CÁLCULO DE CABLEADO DE BAJA TENSIÓN 22

ANEXO II: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITOS 1

2. CÁLCULO ELÉCTRICO LÍNEA AÉREA 2

2.1. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE 2
2.2. IMPEDANCIA 3
2.3. SUSCEPTANCIA 5
2.4. POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR 6
2.5. CAÍDA DE TENSIÓN 6
2.6. EFECTO CORONA 7
2.7. PÉRDIDAS DEBIDAS AL EFECTO CORONA 8
2.8. PÉRDIDA DE POTENCIA POR EFECTO JOULE 8
2.9. RENDIMIENTO DE LA LÍNEA 9
2.10. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS ELÉCTRICOS 9

3. CÁLCULO ELÉCTRICO LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN 10

3.1. CRITERIOS DE DISEÑO 10
3.2. NORMATIVA APLICABLE 10
3.3. CÁLCULO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE PARA EL CONDUCTOR EN SERVICIO PERMANENTE 11
3.4. CÁLCULO DE TEMPERATURA PARA EL CONDUCTOR EN RÉGIMEN DE CORTOCIRCUITO 14
3.5. CÁLCULO DE TEMPERATURA PARA LA PANTALLA EN RÉGIMEN DE CORTOCIRCUITO 15
3.6. CAÍDA DE TENSIÓN 16
3.7. PÉRDIDAS DE POTENCIA 16
3.8. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS ELÉCTRICOS 17

4. CÁLCULO MECÁNICO LÍNEA AÉREA 18

4.1. TENSIÓN MÁXIMA DEL TENDIDO (T0) 18
4.2. VANO DE REGULACIÓN 18
4.3. ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES 18
4.4. FLECHA MÁXIMA 19

4.5. CÁLCULO DE AISLADORES 20
4.6. DISTANCIAS DE SEGURIDAD 22
4.7. APOYOS 24
4.8. PUESTA A TIERRA 30
4.9. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS MECÁNICOS 41

1. Cálculo Eléctrico de la PSFV

1.1. Cálculo del número de módulos por string

1.1.1. Objeto

En este apartado se calcula el número de módulos por string para el diseño del Proyecto.

1.1.2. Metodología de Cálculo

El número máximo de módulos en serie que conforman un string se calcula verificando que la tensión más elevada que pueda alcanzar el string (tensión de circuito abierto V_{oc}) no supere nunca a la tensión máxima del sistema (1.500 V).

$$\text{Nº de módulos en serie} \cdot Voc < Tensión\ del\ sistema$$

Por tanto, se ha de comprobar que, incluso en las condiciones más desfavorables (temperaturas bajas e irradiancias altas), la tensión del circuito abierto de una asociación en serie de módulos no supere los 1.500 V.

La tensión de circuito abierto del módulo en función de la temperatura e irradiancia viene dada por la siguiente expresión:

$$Voc_{T^{a}mod}(GTI) = Voc_{25ºC}(GTI) \cdot [1 + (T^{a}{}_{mod} - 25ºC) \cdot \beta]$$

Donde:

- $Voc_{T^{a}mod}(GTI)$ es la tensión de circuito abierto del módulo para una determinada temperatura de trabajo e irradiancia incidente en el mismo (en V).
- $Voc_{25ºC}(GTI)$ es la tensión de circuito abierto del módulo a 25ºC para una determinada irradiancia incidente en el mismo. Este valor lo proporciona el fabricante en el archivo *.pan del módulo (en V).
- GTI es la irradiancia global inclinada que incide en el módulo (en W/m^2).
- β es el coeficiente que indica la variación de potencia del módulo en función de la temperatura. Este dato es proporcionado por el fabricante en la hoja técnica de datos del módulo (en %/ºC).
- $T^{a}{}_{mod}$ es la temperatura del módulo en unas condiciones de trabajo, que viene dada por la siguiente expresión:

$$\mathrm{T^a_{mod}} = \mathrm{T^a_{amb}} + \mathrm{GTI} \cdot \left(\frac{NOCT - 20}{800}\right)$$

Donde:

- $\mathrm{T^a_{amb}}$ es la temperatura ambiente (ºC)
- $NOCT$ es la temperatura normal de operación de las células del módulo (ºC)

1.1.3. Resultados de Cálculo

Dado que la V_{oc} del módulo aumenta al disminuir la temperatura ambiente, se ha calculado la V_{oc} en las condiciones más desfavorables para los siguientes niveles de irradiancia y se han obtenido los siguientes resultados:

Tensión de circuito abierto en condiciones desfavorables					
GTI (W/m²)	200	400	600	800	1000
$\mathrm{T^a_{amb,mín}}$ (ºC)	1,40	-1,50	-3,50	0,80	6,50
$Voc_{25ºC}$ (V)	46,2	47,4	48,1	48,6	49,0
$\mathrm{T^a}_{mod}$ (ºC)	7,2	10,0	13,8	23,8	35,3
Voc_{T^amod} (V)	48,3	49,2	49,5	48,7	47,7

Tabla 1. Cálculo tensión de circuito abierto a distintas irradiaciones y temperaturas

Nota: Los valores mínimos de temperatura ambiente se han obtenido a partir de los datos meteorológicos de la fuente del recurso solar.

Conocida la tensión de circuito abierto más desfavorable (49,5 V según la tabla anterior), se ha de cumplir que:

$$\text{nº de módulos en serie} < \frac{Tensión\ del\ sistema}{Voc\ máxima};\ nº\ de\ módulos\ en\ serie < \frac{1500}{49{,}5} = 30{,}30$$

Sobre el número máximo de módulos en serie que se pueden agrupar se ha considerado un margen de seguridad, por lo que el número de módulos en serie de diseño será de 28 módulos.

1.2. Cálculos de la instalación eléctrica de baja tensión

1.2.1. Objeto

En este apartado se definen los criterios de diseño para el dimensionamiento del cableado y protecciones de baja tensión de la Planta Fotovoltaica.

1.2.2. Normativa Aplicable

Los cálculos son conformes a las normativas indicadas a continuación:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).
- UNE-HD 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5: Selección e instalación de equipos eléctricos.
- UNE-HD 60364-7-712: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-712: Requisitos para instalaciones o emplazamientos especiales. Sistemas de alimentación solar fotovoltaica.
- UNE-EN 60296-6: Fusibles de baja tensión. Parte 6: Requisitos suplementarios para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica.
- IEC 61442: International Standard of the International Electrotechnical Commission- Testing for cable accessories with voltage between 6 and 36 kV.

1.2.3. Cableado de Baja Tensión (CC)

El cableado de baja tensión engloba:

- Cableado de corriente continua.
- Cableado de corriente alterna.

1.2.3.1. Cableado de Corriente Continua

Este tramo de cableado une los módulos que forman el string con el inversor. Estos cables son de cobre, aislamiento XLPE y de 6 y 10 mm² de sección. Para obtener las secciones se ha partido de las longitudes más desfavorables de cada una con las que no se superará ni el % de caída de tensión ni el % de perdidas establecidos en los criterios de diseño de la planta, tal y como se puede comprobar en los cálculos anexos. Este tramo está instalado en el exterior por la estructura o enterrado en zanjas mediante tubos dependiendo de la localización del inversor.

Los circuitos string agrupan 28 módulos en serie cada uno. A continuación, se reflejan las características técnicas de los módulos y strings:

Jinko Solar TigerNeo 66HL5-BDV 700-720 W	
P_{mp}, Potencia máxima (Wp)	720
V_{mp}, Tensión a máxima potencia (V)	40,89
I_{mp}, Intensidad a máxima potencia (A)	17,61
V_{oc}, Tensión a circuito abierto (V)	49,04
I_{sc}, Intensidad de cortocircuito (A)	18,67

Tabla 2. Datos Técnicos de los Módulos (STC)

Adicionalmente, debido a la ganancia bifacial de los módulos bifaciales, se ha tenido en cuenta un incremento de las intensidades del módulo a la hora de realizar el cálculo de corriente continua como viene detallado en el Anexo I.

Jinko Solar TigerNeo 66HL5-BDV 700-720 W	
I_{mp}, Intensidad a máxima potencia (A)	18,38
I_{sc}, Intensidad de cortocircuito (A)	19,58

Tabla 3. Datos Técnicos de los Módulos (STC) con bifacialidad

String 28 módulos	
Módulos por string	28
Potencia máxima (kWp)	20,16
Tensión a máxima potencia (V)	1.144,92
Intensidad a máxima potencia (A)	18,38
Tensión a circuito abierto (V)	1.373,12
Intensidad de cortocircuito (A)	19,58

Tabla 4. Datos eléctricos de un string

En función del número de strings que entran en el inversor, se pueden distinguir las siguientes configuraciones:

Configuración Tipo	# strings	Pm (kWp)	Vmp (V)	Imp (A)	Voc (V)	Isc (A)
1	19	383,04	1.144,92	349,22	1.373,12	372,02
2	20	403,20	1.144,92	367,60	1.373,12	391,60

Tabla 5. Características de los inversores de string en la parte de corriente continua

1.2.3.2. Cableado de Corriente Alterna

Conectan el inversor de strings con el cuadro BT de la estación de potencia, en corriente alterna. Estos cables son de aluminio, aislamiento XLPE y de sección de 400 mm². Este tramo está directamente enterrado en zanjas o entubado en caso de cruzamientos con caminos/cauces.

1.2.4. Condiciones de la Instalación

Para el cálculo de la instalación eléctrica de baja tensión se han considerado las condiciones:

- Temperatura del terreno: 25 ºC
- Resistividad media del terreno: 1,50 K·m/W
- Profundidad de enterramiento: 0,5 m – 1,5 m
- Agrupación de circuitos:
    a. Cableado corriente continua: hasta 6 circuitos de cobre unipolares en contacto en un mismo tubo.
    b. Cableado corriente alterna: de 2 a 8 circuitos de aluminio unipolares directamente enterrados en 2 niveles, en configuración plana, con una separación de 0,25 m entre circuitos tanto vertical como horizontal.

Notas:

- Dado que no se ha llevado a cabo un estudio geotécnico para analizar las características del suelo, se considera una resistividad térmica del suelo de 1,5 K·m/W según la UNE 21144-3-1.
- Cuando el trazado de los cables cruce caminos o cauces, éstos irán siempre entubados.

1.2.5. Metodología de Cálculo

El cálculo de las secciones y tipo de conductores se realizará mediante la aplicación de dos criterios diferentes:

- Densidad de corriente.
- Caída de tensión.

Para la comprobación de cada uno de estos criterios será necesario conocer previamente los siguientes datos para cada circuito:

- Intensidad nominal de diseño.
- Longitud de la línea.
- Intensidad de cortocircuito.
- Caída de tensión máxima admisible.
- Intensidad máxima admisible para cada conductor.
- Nivel de aislamiento requerido al conductor.

1.2.5.1. Cálculo por Densidad de Corriente

Para el dimensionado del cableado conforme al criterio de densidad de corriente, en todo momento se debe cumplir que:

$$I_b < I_z$$

Donde:

- I_z es la corriente admisible por el conductor en las condiciones de instalación
- I_b es la corriente que transporta el conductor (intensidad nominal de diseño).

De acuerdo con la UNE-HD 60364-7-712, la intensidad calculada será maximizada un 25%:

$$I_b = 1{,}25 \cdot I_{sc}$$

Por otro lado, la intensidad admisible por el conductor en las condiciones de instalación se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$I_z = I_o \cdot K$$

Donde:

- I_z es la corriente admisible por el conductor en las condiciones de instalación.
- I_o es la corriente nominal admisible del conductor.
- K: Factor de corrección en función de las condiciones de la instalación.

Nota: el factor de corrección será el resultado del producto de varios factores de corrección referentes a la temperatura, agrupación de circuitos, resistividad térmica del terreno, etc. Los factores de corrección para las distintas condiciones, así como la corriente nominal de los conductores están tabulados en la norma UNE-HD 60364-5-52.

1.2.5.2. Cálculo por Caída de Tensión

Para el cálculo de la caída de tensión entre fases se aplica la expresión:

Parámetros	Circuitos Monofásicos	Circuitos Trifásicos
ΔV	$\Delta V = I \cdot L \cdot (R \cdot cos\varphi + X \cdot sen\varphi)$	$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot cos\varphi + X \cdot sen\varphi)$

Tabla 6. Fórmulas para cálculo de caía de tensión

Donde:

- ΔV es la caída de tensión (V)
- I es la intensidad circulante (A)
- L es la longitud del conductor (m)
- R es la resistencia por metro de conductor (Ω/m)
- X es la reactancia por metro de conductor (Ω/m)
- $cos\varphi$ es el factor de potencia

1.2.6. Sistema de Protecciones

Se debe disponer de un sistema de protecciones bien diseñado y adecuadamente coordinado para asegurar que el sistema eléctrico de potencia opere dentro de los requerimientos y parámetros previstos.

1.2.6.1. Protección Contra Sobreintensidades

Los inversores tienen una potencia de 300 kW con una intensidad máxima de salida de 238,2 A. Los interruptores automáticos de la Estación de Potencia tienen una intensidad nominal de 200 A por entrada. Por tanto, la instalación está protegida contra sobrecorrientes.

Además, los inversores llevan protección electrónica a la entrada de todos los strings. En caso de una falla, ésta sería detectada y el inversor se pararía automáticamente.

1.2.6.2. Protección Contra Sobretensiones

Además de la protección contra sobrecorrientes, los circuitos estarán protegidos contra sobretensiones mediante descargadores de sobretensión que deben cumplir con los requisitos establecidos en la UNE-EN 61643-11.

Los descargadores de sobretensión serán de tipo I+II, con U_n=1.500 V y estarán incorporados en los inversores tanto en el lado de corriente continua como en el de alterna.

Además, también las estaciones de potencia contarán con descargadores de sobretensión en el lado de baja tensión.

1.2.7. Resultados de Cálculo

En el *Anexo I. Cálculo de cableado de Baja Tensión* se reflejan tabulados los resultados del cálculo de los cables de baja tensión (CC).

1.3. Estudio de cortocircuitos

1.3.1. Objeto

El estudio de cortocircuitos tiene por objeto determinar de las intensidades de cortocircuito que deben soportar los materiales de la infraestructura eléctrica de la Planta Fotovoltaica en caso de defecto eléctrico, proporcionando los parámetros necesarios para la elección correcta del aparellaje y equipos a instalar, así como para el diseño de la red de puesta a tierra.

Para el cálculo de las intensidades de cortocircuito se usará el software ETAP PS, en el que se modelará el esquema eléctrico de potencia y en el que se ha incluido lo siguiente:

La Subestación del Grupo Iberdrola.

Línea subterránea MT de 15 kV del Centro de Entrega y su conexionado con la Subestación del Grupo Iberdrola.

El Centro de Entrega.

La línea subterránea MT de 15 kV de la Planta FV y su conexionado con el Centro de Entrega.

La Estación de Potencia (Skids de MT) de la Planta FV “Moraleja Solar”.

Los principales objetivos de cálculo de cortocircuito son los siguientes:

- Determinar las fallas del sistema de potencia de la planta.
- Proporcionar valores de cortocircuito de partida para seleccionar los niveles de cortocircuitos asignados de la aparamenta.
- Definir el valor máximo de corriente de cortocircuito monofásico a tierra en todos los niveles de tensión con el fin de realizar el cálculo del sistema de Puesta a Tierra.

Los resultados obtenidos se incluyen en el *Anexo II. Estudio de Cortocircuitos.*

1.3.2. Criterios de Cálculo

El cálculo de cortocircuito de este documento define, desde el lado de la seguridad, los valores preliminares de cortocircuito asignados a los diferentes elementos del Proyecto.

Los valores máximos de corriente de cortocircuito calculados se utilizarán para seleccionar los niveles de cortocircuito asignados de los interruptores automáticos, embarrados y resto de elementos de protección, así

como para comprobar la capacidad de los componentes del sistema para soportar esfuerzos mecánicos y térmicos.

Se estudiarán los siguientes tipos de fallas de cortocircuito: trifásico, bifásico, bifásico a tierra y monofásico a tierra.

Para el cálculo de valores de corriente de cortocircuito balanceados y no balanceados se utiliza el método de componentes simétricas. Con este método, la corriente en cada elemento se calcula mediante la superposición de las corrientes de los tres sistemas simétricos de componentes (secuencia positiva, secuencia negativa y secuencia homopolar).

El cálculo de los valores de corriente de cortocircuito se realiza acorde a la norma IEC 60909-0. El cálculo del valor de cresta de la corriente de cortocircuito se realiza de acuerdo con el Método C (frecuencia equivalente f_c), siguiendo la recomendación de la norma IEC 60909-0.

El cálculo de las corrientes de cortocircuito simétricas de corte se ha hecho considerando los siguientes tiempos de apertura de los contactos para los interruptores automáticos:

Parámetros	Tiempo
Interruptores AT y MT	100 ms
Interruptor del generador	100 ms
Interruptor de BT	50 ms

Tabla 7. Tiempos de apertura de los Interruptores Automáticos

1.3.3. Resultados

1.3.3.1. Esquema de la Corriente de Cortocircuito

El modelo empleado para el cálculo de las corrientes de cortocircuito se muestra a continuación.

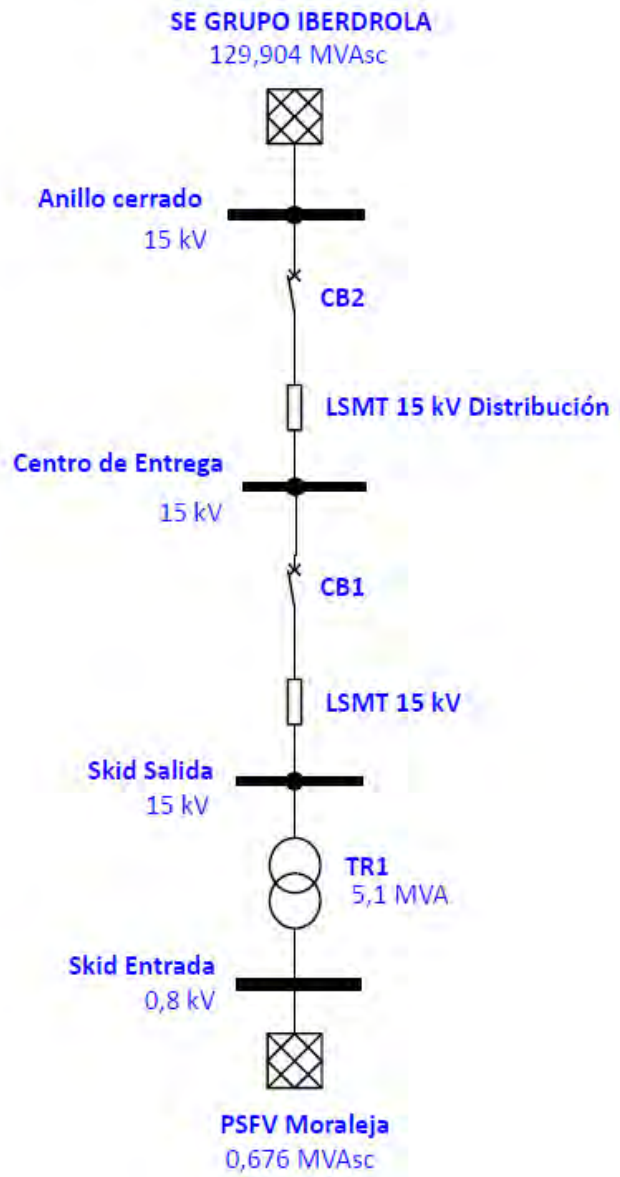


Figura 1: Modelo ETAP

Este esquema es la modelación en ETAP del *Anexo II. Estudio de Cortocircuitos*.

1.3.3.2. Corriente de Cortocircuito en los Embarrados

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos referentes a la corriente de cortocircuito en los embarrados para los distintos tipos de falta:

Corrientes de Cortocircuito (kA)					
Barra	**Tensión nominal (kV)**	**Trifásica**	**Fase-Tierra**	**Fase-Fase**	**Fase-Fase-Tierra**
PSFV Moraleja Solar	15 kV	4,414	2,545	3,823	4,012

Tabla 8. Corrientes de cortocircuito en los embarrados.

Para más información acerca del estudio de cortocircuito, véase el Anexo *II. Estudio de Cortocircuitos*.

1.4. Estudio de puesta a tierra

1.4.1. Objetivo y Alcance

El propósito de esta sección es calcular el sistema de puesta a tierra de la Planta Solar Fotovoltaica, que estará compuesto por la malla de tierra del Parque Fotovoltaico y el sistema de tierra de la Estación de Potencia o Skid MT y Subestación del Grupo Iberdrola.

Para ello, se verifica que las tensiones de paso y contacto que se pudieran alcanzar no superen los respectivos valores máximos admisibles.

1.4.2. Normativa Aplicable

Los cálculos son conformes a las normativas indicadas a continuación:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC). ITC-BT-18.
- 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. ITC-RAT-13.
- IEEE-80: Guía de seguridad en la puesta a tierra de CA de subestaciones.
- IEC 60909-3 ed3.0: Short-circuit currents in three-phase AC systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth.

1.4.3. Datos de Partida

1.4.3.1. Corriente de Cortocircuito

La corriente de cortocircuito que se ha considerado para el dimensionamiento de la red de puesta a tierra es la máxima corriente de cortocircuito trifásica alcanzada:

$$I_{1cc} = 4{,}414\ kA$$

Además, se asume la hipótesis que las faltas a tierra serán despejadas en un tiempo máximo de 0,5 segundos.

1.4.3.2. Resistividad del Terreno

Considerando la naturaleza del terreno como margas y arcillas compactas, se considera una resistividad del terreno de 200 Ω·m, acorde a la tabla 3 del ITC-BT 18.

1.4.4. Red de Tierra de Protección

La red de tierra de protección estará compuesta por la red de tierra general y la red de tierra de las estaciones de potencia, interconectadas entre ellas. Además, los marcos de los módulos y las estructuras solares también deberán estar conectados a la red de tierra de protección.

La red de tierra general de la Planta Solar FV estará compuesta con un conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 que discurrirá por las canalizaciones de BT, y por la zanja del cableado de cámaras de videovigilancia que discurre por el vallado perimetral de la Planta, enterrado a una profundidad mínima de 0,6 m.

La red de tierra de las Estaciones de Potencia estará compuesta por un anillo a lo largo del perímetro de la base de la estación de potencia de un conductor de cobre desnudo de cobre desnudo de 50 mm^2 enterrado a una profundidad mínima de 1,05 m, y estará unida a la Red de Tierra de la Planta Solar FV.

1.4.4.1. Cálculo de la Sección de los Conductores de Puesta a Tierra

La sección mínima del conductor de la malla de tierra se calcula de la siguiente manera de acuerdo con la ITC-BT-18:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} = 12{,}90\ mm^2$$

Donde S se refiere a la sección mínima del conductor de tierra en mm^2, I a la intensidad de cortocircuito considerada en amperios, t al tiempo máximo de despeje de falta, y k es una constante que, para un conductor de cobre, $k = 242$.

Según la IEEE-80, la sección mínima del conductor de tierra enterrado se calculada conforme a la siguiente ecuación:

$$A = \frac{I_f \cdot \sqrt{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}}{\sqrt{TCAP \cdot ln\left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}\right)}} = 11{,}17\ mm^2$$

Donde:

- A es la sección mínima del conductor de cobre

- I_f es la intensidad de la falta a tierra (4,414 kA)
- T_m es la máxima temperatura admisible (1.084 ºC)
- T_a es la temperatura ambiente (40 ºC)
- $TCAP$ es la capacidad térmica por unidad de volumen (3,42 J/cm^{3}·ºC)
- α_r es el coeficiente térmico de resistividad a 20ºC (0,00381 ºC^{-1})
- t_c es el tiempo máximo de despeje de la falla (0,5 s)
- $k_0 = 1/\alpha_0$ (242 ºC)
- ρ_r es la resistividad del conductor de puesta a tierra (1,78 Ω·m)

Se consideran los siguientes valores para el cálculo, conforme al estándar IEEE-80.

Material	α_r a 20ºC (ºC^{-1})	K_0 a 0ºC (ºC)	T_m (ºC)	Ta (ºC)	ρ_r a 20ºC (µΩ·m)	TCAP (J/cm^{3}·ºC)
Cu	0,00381	242	1084	40	1,78	3,42

Tabla 9. Características conductor de cobre.

Se tomará como sección normalizada mínima para el conductor de la red de tierra enterrada **Conductor de Cobre de 35 mm^2.**

1.4.4.2. Tensión de Paso y Contacto Máximas Admisibles

Las tensiones de paso y contacto máximas admisibles se calculan de acuerdo con la ITC-RAT-13.

$$Up = U_{ca}\left(1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B}\right) = 10U_{ca}\left(1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000}\right) = 12.648{,}00\ V$$

$$Uc = U_{ca}\left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B}\right) = U_{ca}\left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1{,}5\rho_s}{1000}\right) = 469{,}20\ V$$

Donde:

- Up es la tensión de paso admisible (V)
- Uc es la tensión de contacto admisible (V)

- U_{ca} es la tensión de contacto máxima admisible para un tiempo de despeje de falta de 0,5 segundos (204 V)
- R_{a1} es resistencia equivalente del calzado (2.000 Ω)
- $R_{a2} = 3 \cdot C_s \cdot \rho_s$; donde C_s es el coeficiente reductor de superficie (1) y ρ_s es la resistividad de la superficie del terreno (200 Ω·m)
- Z_B es impedancia del cuerpo humano (1.000 Ω)

1.4.4.3. Tensiones de Paso y Contacto Estimadas

Las tensiones de paso y contacto se pueden estimar para una red mallada con las siguientes ecuaciones conforme al estándar IEEE-80:

$$E_p = K_s \cdot K_i \cdot \rho \cdot \frac{I_g}{L_s} = 58{,}84\ V$$

$$E_c = K_m \cdot K_i \cdot \rho \cdot \frac{I_g}{L_m} = 272{,}37\ V$$

Donde:

- E_p es la tensión de paso estimada (V)
- E_c es la tensión de contacto estimada (V)
- K_s es el factor de diferencia de potencial a 1 m (0,16)
- K_i es el factor de corrección de densidad de corriente (1,71)
- ρ es la resistividad del terreno (200 Ω·m)
- I_g es la intensidad de defecto a tierra (4,414 kA)
- L_s es la longitud efectiva de conductor enterrado (3.992,31 m)
- K_m es el factor de espacio de conductores (0,96)
- L_m es la longitud efectiva de conductor enterrado (5.326,45 m)

Se debe tener en cuenta que estos son valores orientativos de las tensiones de paso y contacto esperadas en la Planta Solar Fotovoltaica.

1.4.4.4. Resistencia de Puesta a Tierra

La resistencia de puesta a tierra se puede estimar mediante la siguiente fórmula según la ITC-RAT-13:

$$R_g = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} = 0{,}2836\ \Omega$$

Donde:

- R_g es la resistencia de puesta a tierra (Ω)
- ρ es la resistividad del terreno (200 Ω·m)
- L es la longitud total de conductor enterrado (5.314,0 m)
- r es el radio equivalente de área de malla (203,32 m)

La resistencia de puesta a tierra puede estimarse mediante la siguiente ecuación según el estándar IEEE-80:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] = 0{,}2836\ \Omega$$

Donde:

- R_g es la resistencia de puesta a tierra (Ω)
- ρ es la resistividad del terreno (200 Ω·m)
- L_T es la longitud total de conductor enterrado (5.314,0 m)
- A es el área que ocupa la malla (129.868,07 m^2)
- h es la profundidad de la malla (1,5 m)

1.4.4.5. Resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Rg (ohm)		Tensión de Contacto (V)		Tensión de Paso (V)	
Máximo Valor de Diseño	**Estimada**	**Admisible**	**Estimado**	**Admisible**	**Estimado**
1	0,2836	469,20	272,37	12.648,00	58,84

Tabla 10. Resultados y comprobación de la Puesta a Tierra.

Como se puede comprobar en la tabla anterior, la red de puesta a tierra de la Planta Solar FV cumple con los criterios de diseño.

ANEXO I: CÁLCULO DE CABLEADO DE BAJA TENSIÓN

Parametros BT (CC)

Normativa

UNE-HD 60364-5-52	Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5: Selección e instalación de equipos eléctricos.
REBT	Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias
UNE 211435:2011	Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.

Datos de Partida

Módulo & String	
Modelo	JINKO 66HL5-BDV 720
Tecnología	N-Type
Potencia (W)	720,00
Vmp (V)	40,89
Voc (V)	49,04
Imp (A)	17,61
Isc (A)	18,67
Módulo/string	28,00
Potencia string (W)	20.160,00
Imp Bifacial (A)	18,38
Isc Bifacial (A)	19,58
Bifacialidad	0,8
Diferencia Albedo máx./Albedo promedio	1,11
Irradiancia Global parate trasera	5,46%

Inversor	
Tipo	String
Modelo	Huawei SUN2000-330KTL
Potencia aparente del inversor (MVA)	0,300
Nº de inversores	17,00
Tensión de salida (V)	800,00
Corriente máxima de salida (A)	238,20
Otros parámetros de diseño	
Caida de Tensión Máxima (Cu)	1,00%
Caida de Tensión Máxima (Al)	1,50%
Conductividad cobre 90ºC (S.m/mm2)	45
Conductividad aluminio 90ºC (S.m/mm2)	28

Cableado de String				
Instalación		*Corrientes admisibles y factores de corrección*		
Método de instalación	Entubado	Intensidad admisible del cable	Según tabla	Tabla B.52.3
Material y aislamiento	Cobre, XLPE/EPR			
Tipo	2 conductores			
Temperatura del terreno (ºC)	25	k1	0,96	Tabla B.52.15
Resistividad térmica del suelo (K*m/W)	1,50	k2	1,10	Tabla B.52.16
Agrupamiento de circuitos & separación entre cables (m)	6 Contacto	k3	0,60	Tabla B.52.19
Profundidad (m)	0,5	k4	1,03	Tabla A.8

Cableado desde Inversor a CT				
Instalación		*Corrientes admisibles y factores de corrección*		
Método de instalación	Directamente Enterrado	Intensidad admisible del cable	Según tabla	Tabla B.52.5
Material y aislamiento	Aluminio, XLPE/EPR			
Tipo	3 conductores			
Temperatura del terreno (ºC)	25	k1	0,96	Tabla B.52.15
Resistividad térmica del suelo (K*m/W)	1,50	k2	1,28	Tabla B.52.16
Agrupamiento de circuitos & separación entre cables (m)	8 0,25m	k3	0,65	Tabla B.52.18
Profundidad (m)	1,25	k4	0,95	Tabla A.8

Cálculos BT

CABLEADO CC STRING-INVERSOR MÁS DESFAVORABLE

Trafo - Inversor - String	Longitud (+&-) (m)	Cable	Tº C Conductor	R Conductor (Ω/m)	Nº Strings	Imp (A)	Isc (A)	Ical (A)	V (V)	P (W)	K	Nº cond x fase	S (mm2)	ΔV (%)	Pérdidas (W)	Pérdidas (%)	Fusible
Area_01-String 1_5_1	379,00	Cu / XLPE	24,69	0,001818924	1	18,38	19,58	24,47	1.144,92	20.160	0,65	1	10	1,11%	232,87	1,16%	25

RESUMEN DE VALOR DE CAÍDA DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS:

Promedio	ΔV (%)	Pérdidas (%)
Moraleja Solar	0,34%	0,35%

CABLEADO CA DESDE INVERSOR HASTA TRANSFORMADOR

Inversor	Longitud (m)	Cable	P (W)	V (V)	Imax (A)	Ical (A)	K	Nº cond x fase	S (mm2)	Io (A)	Iz (A)	Ical / Iz (%)	ΔV (V)	ΔV (%)	Pérdidas (W)	Pérdidas (%)	Fusible (In)	Longitud Total (m)
Area_03-Inversor-1_1	647,00	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80,3%	19,55	2,44%	8.689,65	2,90%	250	1.941,00
Area_03-Inversor-1_2	580,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	17,54	2,19%	7.796,51	2,60%	250	1.741,50
Area_03-Inversor-1_3	505,00	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	15,26	1,91%	6.782,49	2,26%	250	1.515,00
Area_03-Inversor-1_4	308,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	9,32	1,16%	4.143,37	1,38%	250	925,50
Area_03-Inversor-1_5	284,00	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	8,58	1,07%	3.814,31	1,27%	250	852,00
Area_03-Inversor-1_6	248,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	7,51	0,94%	3.337,52	1,11%	250	745,50
Area_03-Inversor-1_7	212,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	6,42	0,80%	2.854,02	0,95%	250	637,50
Area_03-Inversor-1_8	176,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	5,33	0,67%	2.370,52	0,79%	250	529,50
Area_03-Inversor-1_9	140,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	4,24	0,53%	1.887,01	0,63%	250	421,50
Area_03-Inversor-1_10	92,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	2,79	0,35%	1.242,34	0,41%	250	277,50
Area_03-Inversor-1_11	56,00	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	1,69	0,21%	752,12	0,25%	250	168,00
Area_03-Inversor-1_12	442,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	13,37	1,67%	5.943,08	1,98%	250	1.327,50
Area_03-Inversor-1_13	328,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	9,92	1,24%	4.411,98	1,47%	250	985,50
Area_03-Inversor-1_14	212,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	6,42	0,80%	2.854,02	0,95%	250	637,50

Area_03-Inversor-1_15	236,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	7,14	0,89%	3.176,36	1,06%	250	709,50
Area_03-Inversor-1_16	205,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	6,21	0,78%	2.760,01	0,92%	250	616,50
Area_03-Inversor-1_17	223,50	Al / XLPE	300.000	800,00	238,20	238,20	0,76	1	400,00	391	297	80%	6,75	0,84%	3.001,76	1,00%	250	670,50

RESUMEN DE VALOR DE CAÍDA DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS:

Promedio	*ΔV (%)*	*Pérdidas (%)*
Moraleja Solar	1,09%	1,29%

ANEXO II: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITOS

Short-Circuit Summary Report

3-Phase, LG, LL, LLG Fault Currents

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
ID	kV	I"k	ip	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik	I"k	ip	Ib	Ik
Anillo cerrado	15.000	5.027	12.732	5.027	5.018	12.709	5.018	5.018	4.354	11.026	4.354	4.354	5.023	12.720	5.023	5.023
Centro de Entrega	15.000	5.019	12.674	5.019	4.978	12.569	4.978	4.978	4.347	10.976	4.347	4.347	5.001	12.628	5.001	5.001
Skid Salida	15.000	4.414	9.259	4.414	2.545	5.338	2.545	2.545	3.823	8.018	3.823	3.823	4.012	8.416	4.012	4.012

All fault currents are in rms kA. Current ip is calculated using Method C.

* LLG fault current is the larger of the two faulted line currents.

Sequence Impedance Summary Report

Bus		Positive Seq. Imp. (ohm)			Negative Seq. Imp. (ohm)			Zero Seq. Imp. (ohm)			Fault Zf (ohm)		
ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
Anillo cerrado	15.000	0.15117	1.88898	1.89502	0.15117	1.88898	1.89502	0.15194	1.89919	1.90526	0.00000	0.00000	0.00000
Centro de Entrega	15.000	0.15575	1.89149	1.89790	0.15575	1.89149	1.89790	0.15665	1.93943	1.94575	0.00000	0.00000	0.00000
Skid Salida	15.000	0.52375	2.09367	2.15819	0.52375	2.09367	2.15819	0.88574	6.87549	6.93230	0.00000	0.00000	0.00000

Branch (earth-fault factor) Summary Report

Bus		EFF/Ke (LG)	EFF/Ke (LLG)
ID	kV		
Anillo cerrado	15.000	1.10	1.10
Centro de Entrega	15.000	1.11	1.11
Skid Salida	15.000	1.43	1.43

2. Cálculo Eléctrico Línea Aérea

2.1. Intensidad Máxima Admisible

La intensidad máxima admisible se calculará según la norma IEC 61597-2021 con una velocidad de viento de 0,6 m/s perpendicular al conductor y considerando el efecto de la radiación solar en las condiciones climáticas de la zona más desfavorable:

$$P_j + P_{sol} = P_{rad} + P_{conv}$$

Ganancia de calor por Efecto Joule (W/m):

$$P_j = I^2_{máx\ admisible} \cdot R_{T2\ AC}$$

Donde:

- $I_{máx\ admisible}$ (A) = Corriente del conductor en AC.
- $R_{T2\ AC}$ (Ω/km) = Resistencia eléctrica AC del conductor a una temperatura "T". Ver subtítulo Impedancia.

Ganancia de calor por radiación solar (W/m):

$$P_{sol} = \gamma \cdot D \cdot S_i$$

Donde:

- γ = Coeficiente de absorción de radiación solar.
- D (m) = Diámetro del conductor.
- S_i (W/m^2) = Intensidad de la radiación solar.

Pérdida de calor por radiación (W):

$$P_{rad} = s \cdot \pi \cdot D \cdot K_e \cdot (T_2^4 - T_1^4)$$

Donde:

- s (Wm^{-2}K^{-4}) = Constante de Stefan-Boltzmann = 5,67e-8.
- D (m) = Diámetro del conductor.
- K_e = Coeficiente de emisividad respecto a un cuerpo negro = 0,5.
- T_1 (K) = Temperatura ambiente.

- T_2 (K) = Temperatura de equilibrio final.

Pérdida de calor por convección (W):

$$P_{conv} = \lambda \cdot Nu(T_2 - T_1)\pi$$

Donde:

- λ (W/(m*K)) = Conductividad Térmica de la película de aire en contacto con el conductor. Si se supone constante, es igual a :0,02585.
- T_1 (K) = Temperatura ambiente.
- T_2 (K) = Temperatura de equilibrio final.
- Nu() = Número de Nusselt

$$Nu = 0{,}65Re^{0{,}2} + 0{,}23Re^{0{,}61}$$

$$Re = 1{,}644 \cdot 10^9 \cdot \nu \cdot D[T_1 + 0{,}5(T_2 - T_1)]^{-1{,}78}$$

  - Re = Número de Reynolds

La $I_{máx\ admisible}$ se calcula:

$$I_{máx\ admisible} = \sqrt{\frac{P_{rad} + P_{conv} - P_{sol}}{R_{T2\ AC}}}$$

2.2. Impedancia

La impedancia kilométrica de la línea viene dada por la siguiente fórmula:

$$Z = R + j * X$$

Las expresiones de cálculo de los parámetros mostrados se incluyen en los subapartados siguientes.

2.2.1. Resistencia

La resistencia de la línea será:

$$R_{T2\ AC}\left(\frac{\Omega}{km}\right) = R_{T2\ DC} + \Delta R_2$$

Donde:

- $R_{T2\,DC}$ (Ω/km) = Resistencia en DC a una temperatura "T_2" del conductor.

$$R_{T2\,DC} = R_{T1\,DC} \cdot \left(1 + \alpha \cdot (T_2 - T_1)\right)$$

  - $R_{T1\,DC}$ (Ω/km) = Resistencia en DC a una temperatura "T_1" del conductor.
  - T_1 (ºC) = Temperatura ambiente.
  - T_2 (ºC) = Temperatura de equilibrio final.
  - α (1/K). = Coeficiente de temperatura de la resistencia eléctrica a la temperatura T_1.
- ΔR_2 = Incremento de resistencia causado por los efectos pelicular y proximidad.

$$\Delta R_2 = (Y - 1) R_{T2\,DC}$$

$$Y = 1 + a(z)\left[1 - \frac{\beta}{2} - \beta^2 \cdot b(z)\right]$$

$$a(z) = \frac{7z^2}{315 + 3z^2}$$

$$b(z) = \frac{56}{315 + 3z^2}$$

$$z = 8\pi^2 \left(\frac{D - D_s}{2}\right)^2 \cdot f \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{1}{\left[\frac{\pi\left(D^2 - {D_s}^2\right)}{4} R_{T2\,DC} \cdot 10^4\right]}$$

  - D (mm) = Diámetro del conductor.
  - D_s (mm) = Diámetro del núcleo de acero.
  - f (Hz) = Frecuencia.
  - β (adimensional) = (D_s – D) / 2

La resistencia total de la línea:

$$R_L = L \cdot R_{T2\,AC}$$

Donde:

- R_L (Ω) = Resistencia total de la línea.
- L (km) = Longitud de la línea.

2.2.2. Reactancia

La reactancia kilométrica de la línea se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 2 \cdot ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \cdot 10^{-4} \cdot \omega$$

Donde:

- X (Ω/km) = Reactancia aparente.
- ω (rad/s) = Frecuencia angular de la red = 2πf con f=50Hz.
- DMG (m) = Distancia media geométrica entre fases.

$$DMG = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{1-3} \cdot D_{2-3}}$$

  - D_{x-y} (m) = Distancia entre la fase "x" y la fase "y".

- RMG (m) = Radio medio geométrico de cada fase.

$$RMG = C_{RMG} \cdot r_c$$

  - r_c (m) = Radio del conductor.
  - C_{RMG} = Coeficiente tabulado según conductor.

La reactancia aparente total de la línea:

$$X_L = L \cdot X$$

Donde:

- X_L (Ω) = Reactancia aparente total de la línea.
- L (km) = Longitud de la línea.

2.3. Susceptancia

La capacidad de una línea es un parámetro que se produce debido a la diferencia de potencial entre los conductores, y viene dada por la siguiente expresión.

La susceptancia de una línea es un parámetro que se produce debido a la diferencia de potencial entre los conductores, y viene dada por la siguiente expresión:

$$B = \omega \cdot \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot 10^3}{ln\left(\frac{DMG}{RMG'}\right)}$$

Donde:

- RMG' [mm]: radio equivalente del conductor.

$$RMG' = \sqrt[n]{r_c \cdot \Delta'^{n-1}}$$

  - r_c (mm) = Radio del conductor.
  - Δ' (mm) = Distancia entre conductores de la misma fase.
  - N = Número de conductores por fase.

La susceptancia total de la línea:

$$B_L = L \cdot B$$

Donde:

- B_L (Ω) = Susceptancia total de la línea.
- L (km) = Longitud de la línea.

2.4. Potencia Máxima a Transportar

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es de:

$$S_{\text{máx}} = \sqrt{3} * V * I_{\text{máx admisible}}$$

$$P_{máx} = \sqrt{3} * V * I_{máx\ admisible} * cos\ (\varphi)$$

$$Q_{máx} = \sqrt{3} * V * I_{máx\ admisible} * \text{sen}(\varphi)$$

Donde:

- S (MVA) = Potencia Aparente máxima a transportar.
- V (kV) = Tensión de la red.
- $I_{\text{máx admisible}}$ (kA) = Intensidad máxima admisible.
- cosφ = Factor de potencia

2.5. Caída de Tensión

La caída tensión viene dada por la fórmula:

$$E = \sqrt{3} \cdot I_{\text{nominal}} \cdot (R_L \cos\varphi + X_L \sin\varphi)$$

Donde:

- E (kV) = Caída de tensión.
- $I_{nominal}$ (kA) = Intensidad calculada con la tensión de servicio y la potencia a transportar.
- R_L (Ω) = Resistencia total de la línea.
- X_L (Ω) = Reactancia total de la línea.

2.6. Efecto Corona

A continuación, se presentan las expresiones para calcular el nivel de tensión a partir del cual el conductor sobrepasa la rigidez dieléctrica del aire que le rodea y produce una manifestación luminiscente alrededor del conductor, más o menos concentrados en las irregularidades de su superficie. También se presentan las expresiones para calcular las pérdidas debida a este efecto.

Es necesario buscar evitar este fenómeno pues puede aumentar significativamente las pérdidas de las líneas, además de ser acústicamente molestas (al haber ruptura dieléctrica del aire se produce una pequeña crepitación) y visualmente los conductores se iluminan.

2.6.1. Gradiente de Potencial Crítico de los Conductores

La tensión crítica disruptiva tiene la expresión:

$$U_c = \frac{29{,}8}{\sqrt{2}} \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_T \cdot r_c \cdot n \cdot ln\left(\frac{DMG}{RMG'}\right)$$

Siendo:

- U_c (kV/fase) = Valor eficaz de la tensión crítica disruptiva.
- Mc = Coeficiente de rugosidad de la superficie del conductor. Se toma 0,83 para conductores de alambres.
- Δ = Factor de corrección de la densidad del aire que depende de la altura.

$$\delta = \frac{3{,}921 \cdot h}{273 + \theta}$$

  - θ (ºC) = Temperatura ambiente.
  - h (cmHg) = Presión barométrica en centímetros de columna de mercurio.

$$logh = log76 - \frac{y}{18334}$$

- y (M) = Altura con respecto al nivel del mar.

- RMG' (mm) = Radio equivalente del conductor.

$$RMG' = \sqrt[n]{r_c \cdot \Delta'^{n-1}}$$

  - r_c (mm) = Radio del conductor.
  - Δ' (mm) = Distancia entre conductores de la misma fase
  - n: Número de conductores por fase.

- m_t: Coeficiente del estado del tiempo. Se supone 1 para tiempo seco.
- rc (cm) = Radio del conductor.
- n = Número de conductores por fase.
- DMG (mm) = Distancia media geométrica entre conductores.

2.7. Pérdidas debidas al Efecto Corona

Las pérdidas por el Efecto Corona, si lo hubiera, se calculan mediante la siguiente expresión:

$$P_c = \sqrt{3} \cdot \frac{241 \cdot 10^{-2}}{\delta} \cdot (f + 25) \cdot \left[\frac{RMG'}{DMG}\right]^{1/2} \cdot [V_M - V_c]^2$$

Siendo:

- P_c (W/km) = Pérdidas por efecto corona.
- VM (kV) = Tensión más elevada de la red en kV/fase.

2.8. Pérdida de Potencia por Efecto Joule

La pérdida de potencia que, por el efecto Joule, se produce en la línea viene dada por la expresión:

$$P_J = 3 \cdot I_{nominal} \cdot R_L$$

Donde:

- P_J (MW) = Pérdidas de potencia por efecto Joule.
- $I_{nominal}$ (kA) = Intensidad calculada con la tensión de servicio y la potencia a transportar.
- R_L (kΩ) = Resistencia total de la línea.

2.9. Rendimiento de la Línea

El rendimiento de la línea viene dado por la siguiente expresión:

$$\mu = \frac{Potencia_{total} - Potencia_{pérdidas}}{Potencia_{total}} * 100$$

Donde:

- $Potencia_{pérdidas}$ (MW) = Pérdidas de potencia por efecto Joule más pérdidas por efecto Corona.
- $Potencia_{total}$ (MW)= Potencia total a transportar.

2.10. Resultados de los Cálculos Eléctricos

A continuación, se muestran los resultados del cálculo eléctrico:

0. Características Iniciales

Tensión	kV	15
Conductor		LA-180
Nº Conductores por Fase		1
Configuración del Apoyo		Tresbolillo
Tª Invierno	ºC	0
Radiación Solar Invierno (W/m^2)	W/m^2	600
Tª Verano	ºC	40
Radiación Solar Verano (W/m^2)	W/m^2	1000
Altitud	m	600
Longitud de la Linea	km	0,27
Potencia del Parque	MW	5
fdp		0,928
Potencia del Parque	MVA	5,39
I_{nom}	A	207,28
f	Hz	50
Tª Final	ºC	75
M_c		0,83
M_t		1

1. Parámetros de la Línea

Diámetro del Conductor	mm	17,50
Radio del Conductor	mm	8,75
Diámetro del Núcleo de Acero	mm	7,50
A	mm^2	196,35
R_{T1DC}	Ω/km	0,1963
R_{T2DC}	Ω/km	0,2398
γ	$km/(\Omega/mm^2)$	0,0000021
z	km/(Ω*s)	0,2096055
b(z)		0,2653476
a(z)		0,0009759
β		0,5714286
Y		1,0006125
ΔR_2	Ω/km	0,0001469
R_{T2AC}	Ω/km	0,2400
R_L	**Ω**	**0,0653**
DMG	m	2,3362
RMG	m	0,0072
L_L	H/km	0,00
X_L	**Ω**	**0,0988**
RMG'	m	0,0088
C_L	µF/km	0,0099
B_L	**µS**	**0,8497**

2. Cálculo del Efecto Corona

		INVIERNO	VERANO
δ		1,014100547	0,884503033
$U_{critica\ disruptiva}$	kV	150,18	130,99
$U_{Máx\ Red}$	kV	17,5	17,5
Existencia de Efecto Corona		**17,5 < 150,18**	**17,5 < 130,99**
		NO EXISTE	**NO EXISTE**

3. Intensidad Máxima Admisible

		INVIERNO		VERANO
Re		632,7344		566,1948
Nu		14,1231		13,3004
P_{conv}	W/m	86,0205		37,8046
P_{rad}	W/m	14,2016		7,8995
P_{sol}	W/m	5,2500		8,7500
I_{nom}	A		207,28	
$I_{máx}$	A	629,1171		392,4322
S_{nom}	MVA		5,39	
$S_{máx}$	MVA	16,34		10,20
% de Carga	**%**	**32,95%**		**52,82%**

4. Caída de Tensión

AU	**V**	**34,92**	
AU (%)	**%**	**0,23%**	

5. Pérdidas de potencia y Rendimiento

		INVIERNO	VERANO
P_{joule}	MW	0,0084	0,0084
P_{corona}	MW	0,0000	0,0000
$P_{totales}$	**MW**	**0,0084**	**0,0084**
$P_{totales}$	**%**	**0,17%**	**0,17%**

μ (Rendimiento)	**%**	**99,83%**

3. Cálculo Eléctrico Línea Subterránea de Media Tensión

3.1. Criterios de Diseño

Los criterios que se seguirán para el cálculo son:

- No se excederá la capacidad de carga de corriente continua máxima, después de aplicar factores de reducción de potencia según la instrucción técnica complementaria ITC-LAT 06.
- La capacidad de rotura mecánica de cualquier cable no se superará en condiciones de fallo por cortocircuito.
- El tiempo máximo de despeje de fallo de cortocircuito será de 1 segundo.
- Las condiciones de instalación se definen en el apartado Resultados de los Cálculos Eléctricos

3.2. Normativa Aplicable

Los cálculos son conformes a las normativas indicadas a continuación:

- 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.
- 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.
- IEC 60502: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV).
- UNE 21096: Alambres de aluminio industrial recocido, para conductores eléctricos. Características.
- UNE 21192: Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.

3.3. Cálculo de Intensidad Máxima Admisible para el Conductor en Servicio Permanente

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento etc., se justificará y calculará la Intensidad Máxima permanente del conductor, con el fin de no superar la temperatura máxima asignada del mismo.

Según se estable en la ITC-LAT-06, el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no debe dar lugar a una temperatura en el conductor superior a 90ºC en Servicio Permanente o 250ºC en Régimen de Cortocircuito con un tiempo menor a 5s.

La Intensidad Máxima Nominal que tendremos en el circuito vendrá dada por la expresión:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Siendo:

- I_n (A) = Intensidad Máxima Nominal.
- S (VA) = Potencia Aparente Máxima que circulará por el Conductor.
- U_n (kV) = Tensión Nominal de la Línea.

Los valores de intensidad máxima admisible tendrán que ser corregidos tal y como se especifica en la ITC-LAT-06 si las condiciones de instalación son distintas a las establecidas a continuación:

- Temperatura Máxima en el Conductor de 90ºC.
- Profundidad de la Instalación de 1 m.
- Resistividad Térmica del Terreno de 1,5 K*m/W.
- Temperatura Ambiente del Terreno de 25ºC.

Los factores de corrección que habrá que aplicar en el cálculo son los siguientes:

- **Factor K1 relativo a distancia entre ternos o cables unipolares**

Factor de corrección										
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-
Cables bajo tubo	En contacto (d=0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

Tabla 11. Factor de corrección K1, por distancias entre ternos o cables tripolares

- **Factor K2 relativo a cables enterrados o bajo tubo en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25ºC**

Temperatura ºC Servicio Permanente θs	Temperatura del terreno, θ_t, en ºC								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
65	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61

Tabla 12. Factor de corrección K2, para temperatura del terreno distinta de 25ºC

- **Factor K3 relativo a resistividades térmicas del terreno distintas de 1,5K*m/W**

Tipo de instalación	Sección del conductor mm²	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
	400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

Tabla 13. Factor de corrección K3, para resistividades térmicas distintas de 1,5K*m/W

- **Factor K4 relativo a profundidades de la instalación distintas a 1m**

Profundidad (m)	Cables enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤185 mm²	>185 mm²	≤185 mm²	>185 mm²
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

Tabla 14. Factor de corrección K4, para profundidades de la instalación distintas a 1 m

Así, se tendrá que la intensidad nominal corregida será:

$$I_{Máxima\ Admisible\ Corregida} = Imáx.adm * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * nº\ conductores > I_{Nominal}$$

3.4. Cálculo de Temperatura para el Conductor en Régimen de Cortocircuito

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de un tiempo "t") asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable, para nuestro caso el cortocircuito tendrá una temperatura inicial de 90ºC y no se deberá sobrepasará la temperatura final de 250ºC.

A estos efectos se considerará el proceso adiabático, es decir, que el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores. Además, se tendrá en cuenta el factor no adiabático.

La fórmula del calentamiento adiabático según UNE 21192, que es aplicable a cualquier temperatura inicial, se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{AD} = \frac{I_{SC}}{\varepsilon_{cond}}$$

$$\Theta_f = (\Theta_i + \beta) * e^{\left(\frac{I_{AD}^2 * t}{K^2 * S^2}\right)} - \beta$$

Siendo:

- I_{AD} (A) = Intensidad Máxima de Cortocircuito teniendo en cuenta el factor No Adiabático.
- I_{SC} (A) = Intensidad de Cortocircuito de Diseño.
- ε_{cond} = Factor no adiabático para conductores.
- Θ_f (ºC) = Temperatura final del conductor en régimen de cortocircuito.
- Θ_i (ºC): Temperatura inicial del conductor en régimen de cortocircuito.
- B = Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente (ºC) obtenido mediante la tabla 1 de la norma UNE 21192.
- T (s) = Duración del cortocircuito.
- K ($A*s^{1/2}/mm^2$) = Constante que depende del material del componente conductor de corriente obtenido mediante la tabla 1 de la norma UNE 21192.
- S (mm^2) = Sección del Conductor.

El cálculo del factor no adiabático de los conductores se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_{cond} = \sqrt{1 + F * A * \sqrt{\frac{t}{S}} + F^2 * B * \frac{t}{S}}$$

$$A = \frac{C_1}{\sigma_c} * \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}}$$

$$B = \frac{C_2}{\sigma_c} * \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}}$$

Siendo:

- C1 =Constante.
- C2 = Constante.
- σc (J/K·m3) = Calor Específico Volumétrico del Conductor.
- σi (J/K·m3) =Calor Específico Volumétrico del Aislamiento.
- ρi (J/K·m3) = Calor Específico Volumétrico del Aislamiento.
- A y B = Constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales no metálicos adyacentes.
- F = Factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales no metálicos adyacentes (0.7 como valor recomendado).
- t (s) = Duración del Cortocircuito.
- S (mm2) = Sección del Conductor.
- Econd = Factor No Adiabático del Conductor.

3.5. Cálculo de Temperatura para la Pantalla en Régimen de Cortocircuito

De acuerdo con el punto 6.3 del ITC-LAT 06, la intensidad de cortocircuito admisible en las pantallas de cables con aislamiento seco deberá ser como mínimo 1000 A para 1 s, y la temperatura mínima que tendrá que soportar deberá ser calculada según la norma UNE 21192.

Teniendo en cuenta esta intensidad mínima, la temperatura mínima que tendrá que soporta la pantalla se calculará de forma similar al apartado anterior con la única diferencia de que ahora el factor no adiabático "ε" será:

$$\varepsilon_{pant} = 1 + 0.61 \cdot M\sqrt{t} - 0.069 \cdot \left(M\sqrt{t}\right)^2 + 0.0043\left(M\sqrt{t}\right)^3$$

$$M = \frac{\left(\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}}\right)}{2\sigma_1\delta \cdot 10^{-3}} \cdot F$$

Siendo:

- σ_1 (J/K·m3) = Calor Específico Volumétrico de la Pantalla.
- σ_2, σ_3 (J/K·m3) =Calor Específico Volumétrico de los Materiales Adyacentes a la Pantalla.
- ρ_2 and ρ_3 (J/K·m3) = Resistividad Térmica Específica Volumétrica de los Materiales Adyacentes a la Pantalla.
- δ (mm) = Espesor de la Pantalla.
- F = Factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales no metálicos adyacentes (0.7 como valor recomendado).
- M = Factor.
- t (s) = Duración del Cortocircuito.
- ε_{pant} = Factor No Adiabático de la Pantalla.

3.6. Caída de Tensión

Se calcula la caída de tensión según la ecuación:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{sen}\phi)$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U_n} * 100$$

Siendo:

- ΔU (V) = Caída de Tensión.
- L (km) =Longitud de la Línea.
- I_n (A) = Intensidad Nominal de la Línea.
- R (Ω/km) = Resistencia Equivalente del Conductor a 90ºC.
- X (Ω/km) = Reactancia Inductiva del Conductor.
- ϕ: Ángulo de fase.

3.7. Pérdidas de Potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule vienen dadas por la expresión:

$$P_P = 3 * I^2 * R$$

$$P_p(\%) = \frac{P_P}{P_{Total}} * 100$$

Siendo:

- P_p (W) = Pérdidas de Potencia.
- I (A) = Intensidad Nominal de la Línea.
- R (Ω) = Resistencia Equivalente del conductor a 90 ºC.
- Ptotal (W) = Potencia Nominal de la Línea.

3.8. Resultados de los Cálculos Eléctricos

A continuación, se muestran los resultados del cálculo eléctrico:

Circuito 1:

Consideraciones para los cálculos:

Todos los cálculos de intensidad admisible que se muestran en este informe han sido realizados con INFIPRO, una herramienta de cálculo de intensidades admisibles verificada con el documento CIGRE TB 880 y en base a la norma IEC 60287. Dado que CIGRE TB 880 proporciona orientación adicional en comparación con IEC 60287, se ha seguido este documento.

Al considerar la precisión de los cálculos, se recomienda redondear la corriente actual final de la siguiente manera:

- Redondear hacia abajo al 1 A más cercano para intensidades hasta 200 A (ejemplo: 156,7 A pasa a 156 A)
- Redondear hacia abajo a 5 A más cercano para intensidades desde 200 a 500 A (ejemplo: 459,3 A pasa a 455 A)
- Redondear hacia abajo a 10 A más cercano para intensidades por encima de 500 A (ejemplo: 1234,9 A pasa a 1230 A)

Se han realizado iteraciones al menos hasta alcanzar la siguiente convergencia entre pasos de iteración:

- Diferencia entre las temperaturas inicial y final: <= 0,00001 K
- Diferencia entre los valores nominales de corriente inicial y final: <= 0,00001 A

Algunas consideraciones importantes:

Las pérdidas por corrientes de Foucault no se descartan y siempre se tienen en cuenta. Contrario a la norma IEC 60287, esto significa que estas pérdidas por corrientes de Foucault se han calculado en cada situación en la que hay una cubierta metálica continua.

Reducción de corrientes de Foucault por corrientes circulantes: según la norma IEC esto se aplica en conexiones solidly bonded con conductores Milliken. En INFIPRO las utilizamos para todos los conductores en conexiones solidly bonded.

En la norma IEC hay una simplificación en el cálculo de T4 que consiste en el uso de 2•u en lugar de $u + \sqrt{u^2 - 1}$, cuando u es mayor que 10. Aunque esta simplificación sólo conlleva pequeños errores, en INFIPRO utilizamos el cálculo sin simplificar.

Aunque los cables pueden estar igualmente cargados, típicamente no tienen pérdidas iguales, lo cual es de vital importancia en los cálculos de intensidad admisible. La razón de esto es que hay diferencias de temperatura entre las diversas capas del cable en un sistema trifásico, y por lo tanto habrá diferencias en las pérdidas en los conductores, pantallas, cubiertas y armaduras. También surgen diferencias en las pérdidas de la cubierta debido a la posición relativa de las fases del cable. Esto se tiene en cuenta en el cálculo de T4.

Capacidad: La norma IEC 60287 2023-05 proporciona la fórmula para el cálculo de la capacidad C de una fase con campo eléctrico radial con la permitividad del vacío ε_0 ($\approx 8{,}854 \times 10^{-12}$):

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}{\ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)} \quad (F/m)$$

Los resultados indicados en el informe, incorporan este cambio.

Todos los resultados aquí obtenidos deben ser verificados y validados por el fabricante del cable.

Circuito 1:

Características de la conexión

Cable			RH5Z1 18/30kV 1x240 K Al
Frecuencia f		Hz	50
U_o		kV	17,321
U		kV	30
U_m		kV	36
U_P		kV	170
cos φ			0,928
Factor de carga	◉ cable corriente alterna ○ cable corriente continua	%	100
Longitud de la ruta		m	4.444
Conexión de pantallas	Directamente a tierra en los dos extremos -Solidly bonded- Espaciado constante		

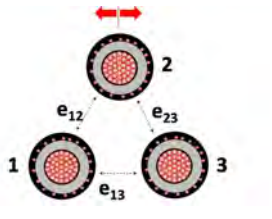
Características de la instalación

Nº Circuitos	1
Disposición de los cables	Tresbolillo vértice hacia arriba
Tipo de cable	Cables idénticos e igualmente cargados
Terreno	No existe desecación del suelo
Temperatura del terreno θ_a	ºC 25
Resistividad térmica del terreno ρ_T / Resistividad térmica entre zanjas ρ_{T1}	K.m/W 1,5 / 1,5

Condiciones de instalación			Bloque de conductos
Profundidad Zanja P		mm	
Ancho Zanja W		mm	

		Vaina	Tubular
Material		PE	Sin tubular
$Ø_{EXT}$	mm	200	
$Ø_{INT}$	mm	180	
Centro X	mm	0	
Centro Y	mm	840	
Nº de cables dentro		3	
Relleno Vaina	No		

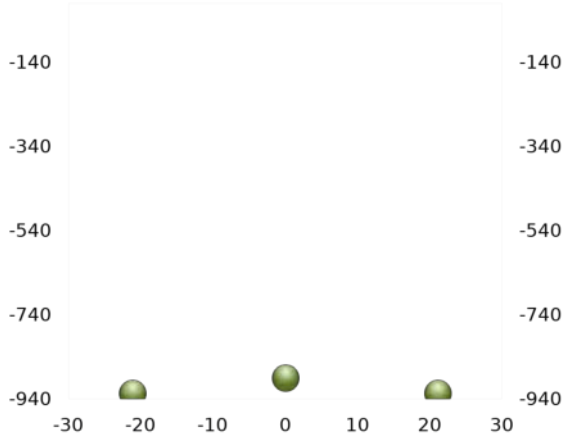
Prisma de resistividad controlada		No
Profundidad P	mm	---
Profundidad L_G	mm	---
Alto H	mm	---
Ancho W	mm	---
Resistividad térmica Prisma de resistividad controlada ρ_c	K.m/W	---
Nº de cables en el bloque		---

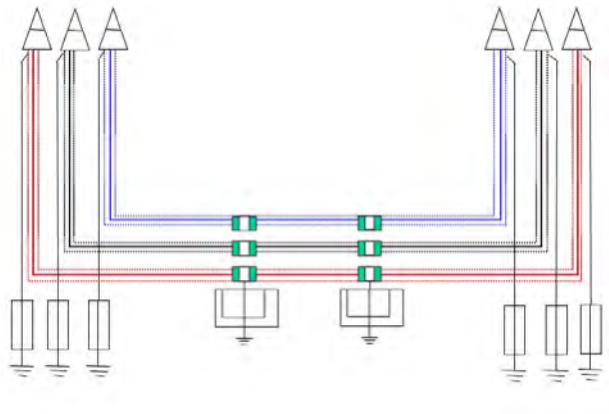


e12	mm	0,00	Cable 1 X	mm	-21.10
e23	mm	0,00	Cable 2 X	mm	0.00
e13	mm	0,00	Cable 3 X	mm	21.10
S12	mm	42,20	Cable 1 Y	mm	927.49
S23	mm	42,20	Cable 2 Y	mm	890.95
S13	mm	42,20	Cable 3 Y	mm	927.49
GMD	mm	42,20	Centro X	mm	0.0
Transposición	Cables sin transposición a)		Centro Y	mm	915.31

Circuito 1:

Esquema de la instalación





			Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U			---	1,87	---
Constante V			---	0,312	---
Constante Y			---	0,0037	---
Resistividad térmica ρ_T		K.m/W	---	3,5	---
Temperaturas			Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio		ºC	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c		ºC	48,7	48,7	48,7
Temperatura pantalla θ_{sc}		ºC	46,3	46,3	46,3
Temperatura pantalla θ_{sc}	Parte 2	ºC	---	---	---
Temperatura de la superficie del cable θ_o		ºC	45,4	45,4	45,4
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m		ºC	---	---	---
Temperatura media en la vaina θ_m		ºC	44,3	44,3	44,3
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m		ºC	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a		ºC	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_X		ºC	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_P$		ºC	0,00	0,00	0,00
Intensidad admisible			Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?			Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I		A	**207,38**	**207,38**	**207,38**
Potencia admisible P		MVA	**5,39**	**5,39**	**5,39**
Potencia admisible P		MW	**5,00**	**5,00**	**5,00**
Resistencia del conductor en ca			Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20ºC R_0		Ω/m	1,250000E-4	1,250000E-4	1,250000E-4
Resistencia en cc @ θ_c R'		Ω/m	1,394335E-4	1,394335E-4	1,394335E-4
Factor utilizado para el cálculo del efecto pelicular k_s			1	1	1
X_S			0,949339	0,949339	0,949339
Factor de efecto pelicular γ_S			0,004216	0,004216	0,004216
Factor utilizado para el cálculo del efecto de proximidad k_p			0,8	0,8	0,8
X_P			0,849115	0,849115	0,849115
Factor de efecto proximidad γ_P			0,002228	0,002228	0,002228
Resistencia del conductor en ca @ θ_cºC R		Ω/m	1,403320E-4	1,403320E-4	1,403320E-4
Resistencia de la pantalla			Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20ºC R_{SO}		Ω/m	8,393687E-4	8,393687E-4	8,393687E-4
Resistencia cc @ 20ºC R_{SO}	Parte 2	Ω/m	---	---	---

Circuito 1:

Resistencia de la pantalla @ θ_{SC} R_S	Ω/m	9,282997E-4	9,282997E-4	9,282997E-4
Resistencia de la pantalla @ θ_{SC} R_S	Ω/m	---	---	---
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20ºC R_{SO}	Ω/m	8,393687E-1	8,393687E-1	8,393687E-1
Resistencia de la pantalla @ θ_{SC} R_S	Ω/m	9,282997E-4	9,282997E-4	9,282997E-4
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,000000	0,000000	0,000000
Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	5,371056E-5	5,371056E-5	5,371056E-5
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Variable P		---	---	---
Variable Q		---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,022071	0,022071	0,022071
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1	Parte 1	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		---	---	---
Factor F		0,996663	0,996663	0,996663
m		0,033842	0,033842	0,033842
m		---	---	---
λ_0		6,209426E-4	6,209426E-4	6,209426E-4
λ_0		---	---	---
Δ_1		0,077814	0,077814	0,077814
Δ_1		---	---	---
Δ_2		0,000000E+0	0,000000E+0	0,000000E+0
Δ_2		---	---	---
β_1		112,112225	112,112225	112,112225
β_1		---	---	---
C_{gs}		1,000587	1,000587	1,000587
C_{gs}		---	---	---
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,004416	0,004416	0,004416
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		---	---	---
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,026487	0,026487	0,026487
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		---	---	---
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,388320	0,388320	0,388320
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,000000	0,000000	0,000000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,136686	0,136686	0,136686
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,000000	0,000000	0,000000
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,000000	0,000000	0,000000
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	0,351556	0,351556	0,351556
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	0,058690	0,058690	0,058690
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	0,000000	0,000000	0,000000
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	0,000000	0,000000	0,000000
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	0,000000	0,000000	0,000000
Externa de un cable o un conducto T'''	K.m/W	0,672704	0,672704	0,672704
Corrección para T4 Prisma de resistividad controlada	K.m/W	---	---	---
Factor geométrico G_b		---	---	---
L_G	mm	---	---	---
r_b	mm	---	---	---
u		---	---	---
ΔT_4		0,000000	0,000000	0,000000
Resistencia térmica externa T_4	K.m/W	3,248851	3,248851	3,248851

Circuito 1:

Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_C	W/m	6,03518	6,03518	6,03518
En el dieléctrico W_d	W/m	0,09357	0,09357	0,09357
En la pantalla W_S	W/m	0,15985	0,15985	0,15985
En la pantalla W_S	W/m	---	---	---
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_I	W/m	6,19504	6,19504	6,19504
Totales W_T	W/m	6,28860	6,28860	6,28860
Totales Circuito W_T	W/m		18,86581	
Longitud de la ruta L	m		4.444	
Totales Circuito W_T	kW		83,840	

Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	µF/km	0,248196	0,248196	0,248196
Inductancia Mutua entre Conductor y Pantalla M	mH/km	0,170966	0,170966	0,170966
Inductancia del conductor L	mH/km	0,355733	0,355733	0,355733
Inductancia de la pantalla L_S	mH/km	0,170966	0,170966	0,170966
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,111757	0,111757	0,111757
Reactancia de la pantalla X_S	Ω/km	0,053711	0,053711	0,053711
Reactancia capacitiva X_C	Ω/km	1,28249E+4	1,28249E+4	1,28249E+4

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos φ		0,928	0,928	0,928
Caída de tensión V_d	V/km	61,73	61,73	61,73
Longitud de la ruta L	m	4.444	4.444	4.444
Caída de tensión V_d	V	274,34	274,34	274,34

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_S	Ω/km	0,928300 + j 0,053711	0,928300 + j 0,053711	0,928300 + j 0,053711
Impedancia de la pantalla | Z_S |	Ω/km	0,929852	0,929852	0,929852
Impedancia de onda | Z_{SI} |	Ω/km	37,86	37,86	37,86
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,140332 + j 0,111757	0,140332 + j 0,111757	0,140332 + j 0,111757
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,140332 - j 0,111757	0,140332 - j 0,111757	0,140332 - j 0,111757
Impedancia de fase del cable | Z |	Ω/km	0,179395	0,179395	0,179395
Admitancia Y	S/km	4,360483 + j 3,472579	4,360483 + j 3,472579	4,360483 + j 3,472579
Admitancia | Y |	S/km	5,574281	5,574281	5,574281
Conductancia G	S/km	4,360483	4,360483	4,360483
Susceptancia B	S/km	3,472579	3,472579	3,472579
Susceptancia capacitiva B	µS/km	77,973	77,973	77,973
Susceptancia Bo (2*pi*f*C)	µS/km	77,973	77,973	77,973

Circuito 1:

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,058046	0,058046	0,058046
Resistencia homopolar R_0 @ 20ºC	Ω/km	0,839494	0,839494	0,839494
Resistencia homopolar R_0 @ 25ºC	Ω/km	0,856410	0,856410	0,856410
Impedancia homopolar Z_0 @ 20ºC	Ω/km	0,8395 + j 0,0580	0,8395 + j 0,0580	0,8395 + j 0,0580
Impedancia homopolar Z_0 @ 20ºC	Ω/km	0,84150	0,84150	0,84150
Admitancia Y	S/km	1,1855 + j 0,0820	1,1855 + j 0,0820	1,1855 + j 0,0820
Admitancia | Y |	S/km	1,18836	1,18836	1,18836
Conductancia G	S/km	1,18553	1,18553	1,16233
Susceptancia B	S/km	0,08197	0,08197	0,08197
Impedancia homopolar Z_0 @ 25ºC	Ω/km	0,8564 + j 0,0580	0,8564 + j 0,0580	0,8564 + j 0,0580
Impedancia homopolar | Z_0 | @ 25ºC	Ω/km	0,85837	0,85837	0,85837
Admitancia Y	S/km	1,1623 + j 0,0788	1,1623 + j 0,0788	1,1623 + j 0,0788
Admitancia | Y |	S/km	1,16499	1,16499	1,16499
Conductancia G	S/km	1,16233	1,16233	1,16233
Susceptancia B	S/km	0,07878	0,07878	0,07878

Tensiones inducidas

Corrientes de cortocircuito		
Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	25.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	25.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	25.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	25.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	65
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla			Cable 1	Cable 2	Cable 3
Corriente circulante en la pantalla I_S		A	13,12	13,12	13,12
Regimen permanente		V/m	0,0111	0,0111	0,0111
Fallo trifásico simétrico		V/m			
Fallo fase-fase	≤	V/m	1,34276	1,34276	0,00000
Fallo fase-tierra	V_{12} / V_{23} / V_{31}	V/m			
Fallos internos a la conexión	≤	V/m			

Sobretensión pantalla @ 4444m		Max
Regimen permanente	V	49,499
Fallo trifásico simétrico	V	0,000
Fallo fase-fase	V	5.967,243
Fallo fase-tierra	V	0,000
Fallos internos a la conexión	V	0,000
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	≥ kV	5,967

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

4. Cálculo Mecánico Línea Aérea

4.1. Tensión Máxima del Tendido (T0)

La tensión horizontal del conductor en las condiciones iniciales (T0), se realizará teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- Que el coeficiente de seguridad a la rotura sea como mínimo igual a 2,5 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tensión de los conductores según apartado 3.2.1 de ITC07 del R.L.A.T.
- Que la tensión de trabajo de los conductores a una temperatura media según la zona (15 ºC para Zona A y 10 ºC para Zona B o C) sin ninguna sobrecarga, no exceda el porcentaje de la carga de rotura recomendado. Este fenómeno es el llamado E.D.S. (Every Day Stress).

4.2. Vano de Regulación

El vano ideal de regulación, limitado por dos apoyos de amarre, viene dado por:

$$a_r = \frac{\sum \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}} \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

- ar (m) = Longitud proyectada del vano de regulación.
- bi (m) = Distancia en línea recta entre los dos puntos de fijación del conductor en el vano i.
- ai (m) = Proyección horizontal de bi.

4.3. Ecuación de Cambio de Condiciones

La “ecuación de cambio de condiciones” nos permite calcular la componente horizontal de la tensión para unos valores determinados de sobrecarga (que será el peso total del conductor y cadena + sobrecarga de viento o nieve, si existiesen) y temperatura, partiendo de una situación de equilibrio inicial de sobrecarga, temperatura y tensión mecánica. Esta ecuación tiene la forma:

$$T^2 * (T + A) = B$$

$$A = \alpha * (\theta - \theta_0) * S * E - T_0 + \frac{{a_r}^2}{24} * \frac{{P_0}^2}{{T_0}^2} * S * E$$

$$B = \frac{{a_r}^2 * P^2}{24} * S * E$$

Siendo:

- ar (m) = Longitud proyectada del vano de regulación.
- To (kg) = Tensión horizontal en las condiciones iniciales.
- θ_0 (°C) = Temperatura en las condiciones iniciales.
- Po (kg/m) = Sobrecarga en las condiciones iniciales según zona donde nos encontremos.
- T (kg) = Tensión horizontal en las condiciones finales.
- θ (°C) = Temperatura en las condiciones finales.
- P (kg/m) = Sobrecarga en las condiciones finales.
- S (mm²) = Sección del conductor.
- E (kg/mm²) = Módulo de elasticidad del conductor.
- α (m/°C) = Coeficiente de dilatación lineal del conductor.

Como se señaló anteriormente, la sobrecarga en condiciones finales será:

$$P = P_{cond} + Sobrecarga_{hielo\ o\ viento}$$

4.4. Flecha Máxima

Las flechas que se alcanzan en cada vano se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

$$f = \frac{p * a * b}{8 * T} * (1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2})$$

Siendo

- A (m) = Longitud proyectada del vano.
- h (m) = Desnivel.
- b (m) = Longitud real del vano. $\rightarrow\ b = \sqrt{a^2 + h^2}$
- T (kg) = Componente horizontal de la tensión.
- p (kg/m) = Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas.

El tendido de la línea se realizará de modo que la curva catenaria mantenga una distancia al terreno mínima de 7 metros.

4.5. Cálculo de Aisladores

Lo primero será calcular la carga de rotura del aislador.

$$Tmáx = \frac{\sigma rot}{CScond}$$

Siendo:

- $T_{máx}$ (kN) = Esfuerzo que deberá soportar la cadena de aisladores.
- σrot (kN) = Carga de rotura del conductor.
- CS_{cond} = Coeficiente de Seguridad del Conductor = 3

La cadena de amarre deberá soportar este esfuerzo con el coeficiente de seguridad reglamentario:

$$\frac{CMEam}{CScad} > Tmáx$$

Siendo:

- CME_{am} (kN) = Esfuerzo que soporta la cadena de aisladores.
- CS_{cad} = Coeficiente de Seguridad de la Cadena = 2,5

Deberemos elegir un elemento aislador con una carga mayor que la $T_{máx}$ para asegurar el cumplimiento mecánico. Preferentemente se seleccionarán aisladores BS (Small).

Posteriormente, se calculará los elementos necesarios para conseguir la línea de fuga mínima recomendada.

Para ello definimos el nivel de contaminación asociado a la zona del proyecto de la siguiente tabla del RLAT-ITC-07:

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV[1)]
I Ligero	- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas [2] - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar [3]	16,0
II Medio	- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)[3].	20,0
III Fuerte	- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar 3).	25,0
IV Muy fuerte	- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestos a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	31,0

[1] Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).
[2] Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
[3] Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Tabla 15. Línea de Fuga Mínima Recomendada

Una vez definida dicha línea de fuga:

$$\frac{Línea\ de\ Fuga\ Mínima\ Recomendada * Umáx}{Línea\ de\ Fuga\ de\ cada\ Aislador} = Nº\ Mínimo\ de\ Aisladores$$

Siendo:

- $U_{máx}$ Red (kV) = Tensión más elevada de la Red.

Finalmente, se comprobará que con esos aisladores se cumple la coordinación de aislamiento en cuanto a tensiones normalizadas.

Se utilizará para ello la norma CEI-383 y se asegurará que la tensión soportada a frecuencia industrial y la tensión soportada al impulso tipo rayo del aislador sea superior a los definidos para el nivel de tensión de servicio.

Por lo tanto, se asegurará que el aislador seleccionado cumple con los requerimientos en cuanto a esfuerzos mecánicos y eléctricos.

En el resumen de los cálculos mecánicos, se muestra dicho cálculo.

4.6. Distancias de Seguridad

4.6.1. Distancia de los conductores al terreno

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC07 del R.L.A.T., En todo momento la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$$D_{add} + D_{el} = 5{,}3 + D_{el}$$

(Con un mínimo de 6 m).

4.6.2. Distancia entre Conductores

La distancia mínima de los conductores entre sí viene marcada por el artículo 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T. Esto es:

$$\mathrm{D} = \mathrm{K} \cdot \sqrt{\mathrm{F} + \mathrm{L}} + \mathrm{K}' \cdot \mathrm{D}_{\mathrm{pp}}$$

- D = Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T.
- F = Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC07 del R.L.A.T. (m).
- L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L=0.
- Dpp = Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de Dpp se indican en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T, en función de la tensión más elevada de la línea.

4.6.3. Distancia a Masa

Según el artículo 5.4.2 de la ITC07 del R.L.A.T. la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a Del.

- Del: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo. Los valores de este parámetro están en la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T.

Si esta distancia es menor que la mínima que establece el reglamento, 0,2 metros, se tomará esta distancia mínima.

4.6.4. Desviación de la Cadena de Aisladores

Se calcula el ángulo de desviación de la cadena de aisladores en los apoyos de alineación, con presión de viento mitad de lo establecido con carácter general, según la ecuación:

$$tg\gamma = \frac{K_v * d * (\frac{a_1 + a_2}{2}) + \frac{E_c}{2}}{P(\frac{a_1 + a_2}{2}) + T_{-t+\frac{v}{2}} * (\frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2}) + \frac{P_c}{2}}$$

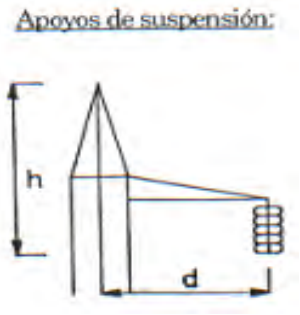
- γ = Ángulo de desviación.
- Ec (kg) = Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores.
- Pc (kg) = Peso de cada cadena.
- a1 y a2 (m) = Longitud proyectada del vano anterior y posterior.
- h1 y h2 (m) = Desnivel de vano anterior y posterior.
- Tt+v/2 (m) = Componente horizontal de la tensión según Zona con sobrecarga 1/2 de viento a 120 km/h.
- d = Diámetro del conductor.
- P (kg/m) = Peso unitario del conductor.
- Kv (kg/m2) = Presión mitad del viento.

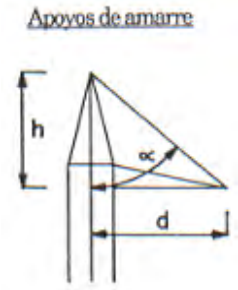
En el cálculo de la cúpula para el cable de tierra se recomienda que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra con la línea determinado por este punto y el conductor de fase no exceda de 35º.

Así la altura mínima de la cúpula:

$$tg35 = \frac{d}{h_{min}} \qquad h\frac{\boldsymbol{d}}{\boldsymbol{tg35_{min}}}$$

Estas distancias, para apoyos de amarre y suspensión, son las siguientes:





4.7. Apoyos

Se calcularán los apoyos estudiando las cargas a las que están sometidos bajo cuatro hipótesis diferentes: Hipótesis de Viento, Hipótesis de Hielo, Hipótesis de Hielo + Viento, Hipótesis de Desequilibrio de fases e Hipótesis de Rotura de conductores. El análisis de tales hipótesis estará condicionado por la función del apoyo y por la zona en la que se encuentra (Zona A, B o C).

4.7.1. Cargas Verticales

- Carga vertical permanente (Pvp):

$$P_{vp} = n \cdot \left[P_{cond} \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) + P_{cad} + T \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2} \right) \right] \ (kg)$$

Siendo:

  - a1 y a2 =Longitud proyectada del vano anterior y posterior.
  - Pcond = Peso propio del conductor.
  - Pcadl = Peso de la cadena, aisladores más herrajes.
  - n = Número de conductores.
  - h1 y h2 (m) = Desnivel del vano anterior y posterior.
  - T (kg) = Tensión máxima del conductor en la hipótesis considerada.

- Sobrecarga por hielo (Sh):

$$S_h = P_h \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot n$$

  - Ph (mm) = Sobrecarga de hielo. En zona B = 0,18. (Kg/m); en zona C = 0,36. (kg/m). Siendo d el diámetro del conductor.

4.7.1.1. Cargas Horizontales

- Fuerza del viento sobre un apoyo de alineación (F):

$$F = q \cdot d \cdot \left(\frac{a_1+a_2}{2}\right) (\text{kg})$$

Siendo:

  - q = Presión del viento sobre el conductor (Kg/m2). Siendo $q = 60 \cdot \left(\frac{V_V}{120}\right)^2$ Kg/m2 cuando d≤16mm y $q = 50 \cdot \left(\frac{V_V}{120}\right)^2$ kg/m2 cuando d≥16mm.
  - d (mm) = Diámetro del conductor.

- Resultante de ángulo (Ra):

$$R_a = T \cdot 2 \cdot n \cdot cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) (\text{kg})$$

Siendo, al igual que antes, α el ángulo interno que forman los conductores entre sí.

- Desequilibrio de tracciones (Dt):

Se denominan desequilibrio de tracciones al esfuerzo longitudinal existente en el apoyo, debido a la diferencia de tensiones en los vanos contiguos. Los desequilibrios se consideran como porcentajes de la tensión máxima aplicada a todos los conductores.

$$D_t = \% \cdot T_{máxima}$$

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

  - Un >66kV, 15%, aplicados en los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
  - Un ≤66kV, 8%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

  - Un >66kV, 25%, aplicados en los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
  - Un ≤66kV, 15%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de anclaje:

- Un >66kV, 50%, aplicados en los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
- Un ≤66kV, 50%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de fin de línea:

  - 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo. Se deberá tener en cuenta la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

- Desequilibrios muy pronunciados:

  - Deberá analizarse el desequilibrio de tensiones de los conductores en las condiciones más desfavorables de los mismos. Si el resultado de este análisis fuera más desfavorable que los valores fijados anteriormente, se aplicarán estos.

- Desequilibrio en apoyos especiales:

  - Desequilibrio más desfavorable que puedan ejercer los conductores. Se aplicarán los esfuerzos en el punto de fijación de los conductores.
  - Rotura de conductores (Rc):

La rotura de conductores se aplica con un % de la tensión máxima del conductor roto.

$$R_c = \% \cdot T_{máxima}$$

- Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

  - Rotura de un solo conductor o cable de tierra.
  - Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión del cable roto):
  - El 50% en líneas de 1 ó 2 conductores por fase.
  - El 75% en líneas de 3 conductores.
  - No se considera reducción en líneas de 4 o más conductores por fase.

- Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

  - Rotura de un solo conductor o cable de tierra. Sin reducción alguna en la tensión.

- Rotura de conductores en apoyos de anclaje:
  - Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión total del haz de fase):
  - El 100% para líneas con un conductor por fase.
  - El 50% para líneas con 2 o más conductores por fase.
- Rotura de conductores en apoyos de fin de línea.
  - Se considerará este esfuerzo como en los apoyos de anclaje, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda, de acuerdo con la hipótesis de carga.
- Rotura de conductores en apoyos especiales.
  - Se considerará el esfuerzo que produzca la solicitación más desfavorable para cualquier elemento del apoyo.

4.7.2. Hipótesis de Cálculo de los Apoyos

Las condiciones de las hipótesis de cálculo se extraen de la ITC07, y se muestran a continuación.

Zona A

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	CARGAS PERMANENTES		
	T	VIENTO SÓLO ÁNGULO: RESULTANTE DE ÁNGULO	ALINEACIÓN: No aplica. *ÁNGULO: RESULTANTE DE ÁNGULO	
	L	No aplica.	DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES	ROTURA DE CONDUCTORES
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	CARGAS PERMANENTES		
	T	VIENTO SÓLO ÁNGULO: RESULTANTE DE ÁNGULO	ALINEACIÓN: No aplica. *ÁNGULO: RESULTANTE DE ÁNGULO	
	L	No aplica	DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES	ROTURA DE CONDUCTORES
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	CARGAS PERMANENTES		
	T	VIENTO SÓLO ÁNGULO: RESULTANTE DE ÁNGULO	ALINEACIÓN: No aplica. *ÁNGULO: RESULTANTE DE ÁNGULO	
	L	No aplica	DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES	ROTURA DE CONDUCTORES
Fin de línea.	V	CARGAS PERMANENTES	No aplica	CARGAS PERMANENTES
	T	VIENTO		No aplica
	L	DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES		ROTURA DE CONDUCTORES

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5 °C.

V = Esfuerzo vertical | L = Esfuerzo longitudinal | T = Esfuerzo transversal

*APLICA RESULTANTE DE ÁNGULO EN 3ª Y 4ª HIPÓTESIS

Tabla 1. Hipótesis de cálculo de apoyos zona A

4.7.3. Resumen de Esfuerzos Aplicados

En el apartado de Resultados del Cálculo Mecánico del presente documento se muestra el cálculo de los esfuerzos aplicados en los apoyos de acuerdo con las hipótesis de cálculo.

4.7.4. Cimentaciones

4.7.4.1. Cimentaciones Monobloque

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

El momento de vuelco será:

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

Siendo

- F (kg) = Esfuerzo nominal del apoyo.
- h (m) = Altura de aplicación del esfuerzo nominal.
- t (m) = Profundidad de la cimentación.
- Fv (kg) = Esfuerzo del viento sobre la estructura.
- ht (m) = Altura total del apoyo.

Por otra parte, el momento resistente al vuelco es:

$$M_r = M_1 + M_2$$

Donde:

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4; \qquad M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0{,}4 \cdot p \cdot a \;;$$

Siendo:

- M1 = Momento debido al empotramiento lateral del terreno.
- M2 = Momento debido a las cargas verticales.
- K (Kg/cm2 x cm) = Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad.
- a (m) = Anchura de la cimentación.
- p (kg) = Peso de la torre y herrajes.

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el apartado 3.6.1 de la ITC07 del R.L.A.T., debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

4.7.4.2. Cimentaciones de Cuatro Patas

Las cimentaciones de las torres de patas separadas están constituidas por cuatro bloques de hormigón de sección cuadrada o circular. Cada uno de estos bloques se calcula para resistir el esfuerzo de arrancamiento y distribuir el de compresión en el terreno.

Cuando la pata transmita un esfuerzo de tracción (Ft), se opondrá a él el peso del propio macizo de hormigón (Ph) más el del cono de tierras arrancadas (Pc) con un coeficiente de seguridad de 1,5:

$$(P_c + P_h)/F_t \geq 1{,}5$$

Cuando el esfuerzo sea de compresión (Fc), la presión ejercida por este más el peso del bloque de hormigón sobre el fondo de la cimentación (de área A) deberá ser menor que la presión máxima admisible del terreno (σ):

$$(F_c + P_h)/A \leq \sigma$$

Las dimensiones de las cimentaciones a realizar en cada uno de los apoyos, incluidos los volúmenes de excavación y hormigonado, se especifican en el apartado 5 de la memoria descriptiva.

4.7.5. Aislamiento y Herrajes

4.7.5.1. Aisladores

Según establece la ITC07 del R.L.A.T., apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

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

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

Según el tipo de ambiente donde se encuentre el conductor (tabla 14 del apartado 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T.), el R.D. 223/2008 recomienda que longitud de la línea de fuga entre fase y tierra de los aisladores a utilizar. Para obtener la línea de fuga mínima recomendada se multiplica el número indicado por el reglamento (tabla 14) según el tipo de ambiente por la tensión nominal de la línea.

4.7.5.2. Herrajes

Según establece el apartado 3.3 del de la ITC07 del R.L.A.T., los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobase sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

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

4.8. Puesta a Tierra

Se realizará el sistema de puesta a tierra de los apoyos según establece el “REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN” aprobado mediante Real Decreto RD 223/2008 en el Consejo de Ministros del 15 de febrero de 2008 en el apartado 7 de la instrucción técnica complementaria ITC-LAT 07 “Líneas aéreas con conductores desnudos”.

Todos los apoyos de material conductor, como es el caso de los apoyos metálicos deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica.

En el caso de líneas eléctricas que contengan cables de tierra a lo largo de toda su longitud, el diseño de su sistema de puesta a tierra deberá considerar el efecto de los cables de tierra.

Los apoyos que sean diseñados para albergar las botellas terminales de paso aéreo- subterráneo deberán cumplir los mismos requisitos que el resto de los apoyos en función de su ubicación.

La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará a través de la estructura metálica del apoyo.

4.8.1. 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 según su ubicación:

- Apoyos Frecuentados (F/FSC): 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.

Se considerarán apoyos frecuentados todos aquellos apoyos situados en suelos clasificados como urbanos o urbanizables programados en los Planes de Ordenación del Territorio.

Se considera también como frecuentado cualquier apoyo que sea accesible por encontrarse cualquier parte del apoyo a menos de 25 metros de aparcamientos, aceras, áreas de festejos populares, romerías, ermitas y áreas de recreo a las que ocasionalmente puedan acudir numerosas personas ajenas a la instalación eléctrica, o a menos de 5 metros de las áreas siguientes:

- Construcciones en fincas rústicas en las que cualquier persona pueda permanecer un tiempo prolongado.

- Caminos vecinales situados hasta 500 metros del límite de zona urbana registrados en catastro como tales y con superficie manipulada artificialmente (hormigonado, enlosado, asfaltado, 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:

- Cuando se aíslen 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 metros, utilizando para ello vallas aislantes.

- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 metros, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).

- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 metros, 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, debiéndose tomar como referencia lo establecido en el “REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN” en su instrucción técnica complementaria ITC-RAT13 “Instalaciones de puesta a tierra” aprobado mediante Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo de 2014.

A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

- Apoyos frecuentados con calzado (F): se considerará como resistencias adicionales la resistencia adicional del calzado, Ra1, y la resistencia a tierra en el punto de contacto, Ra2. Se puede emplear como valor de la resistencia del calzado 1.000 Ω.

$$Ra = Ra1 + Ra2 = 1000 + 1{,}5\rho S$$

  - Siendo ρs la resistividad superficial del terreno.
  - Estos apoyos serán los situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.
  - Apoyos frecuentados sin calzado (FSC): se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto, Ra2. La resistencia adicional del calzado, Ra1, será nula.

$$R_a = R_{a2} = 1{,}5\rho_S$$

Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

Según establece el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión en su apartado 2.4.2 de la ITC-LAT 07 todos los apoyos frecuentados deberán disponer de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 metros. Por ello, en todos los apoyos frecuentados del presente proyecto se instalarán dispositivos antiescalos siempre y cuando dicho apoyo no disponga de un vallado exterior alrededor del apoyo.

- Apoyos No Frecuentados (NF): son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente. Se considerarán no frecuentados los apoyos que no se puedan incluir como frecuentados según lo indicado anteriormente. En estos casos, si se garantiza la desconexión inmediata de la línea en caso de falta a tierra, no es necesario el cumplimiento de las tensiones de paso y contacto. Básicamente los apoyos no frecuentados serán los situados en bosques, explotaciones agrícolas o ganaderas, zonas alejadas de los núcleos urbanos, etc.

Atendiendo a este criterio, en la siguiente tabla se indica la tipología de apoyo seleccionado, añadiendo además sus respectivos coeficientes de seguridad en función de las hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada:

Nº Apoyo	Función	Altura útil	Altura Total	Seguridad	Denominación del Apoyo	Requerimiento Vallado
1-PAS	Fin de Línea	30.5	34.8	Normal	CO-PAS-18000-30.5	NO
2-PAS	Fin de Línea	30.5	34.8	Normal	CO-PAS-18000-30.5	NO

Tabla 2. Clasificación de Apoyos según su Ubicación

4.8.2. Diseño de la Puesta a Tierra

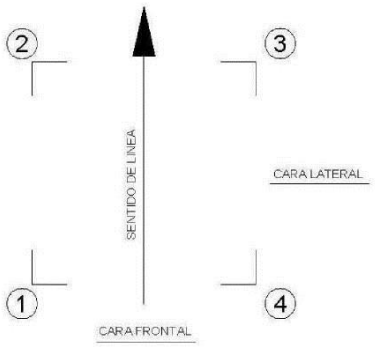
El diseño del sistema de puesta a tierra cumple los siguientes criterios básicos:

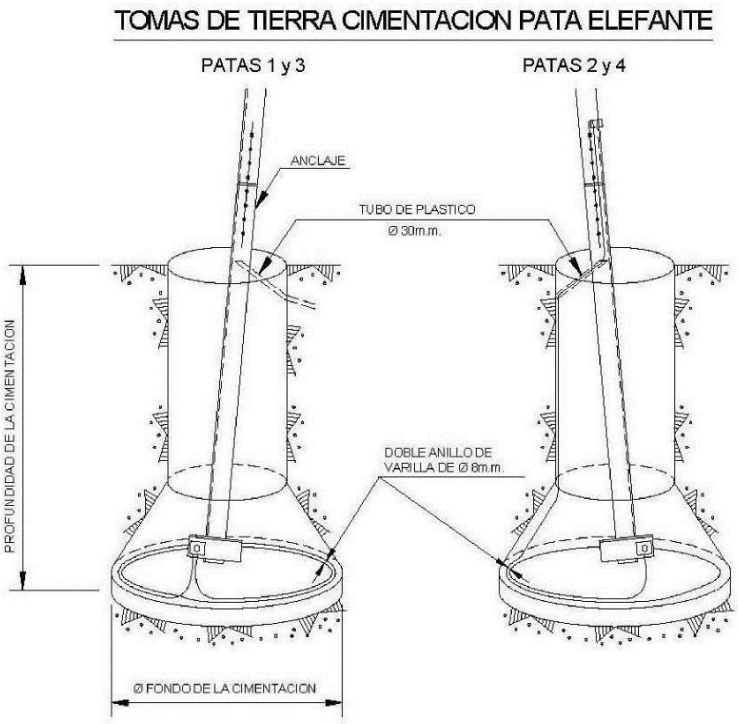
a) Resistencia a los esfuerzos mecánicos y a la corrosión.
b) Resistencia desde un punto de vista térmico.
c) Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra.
d) Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

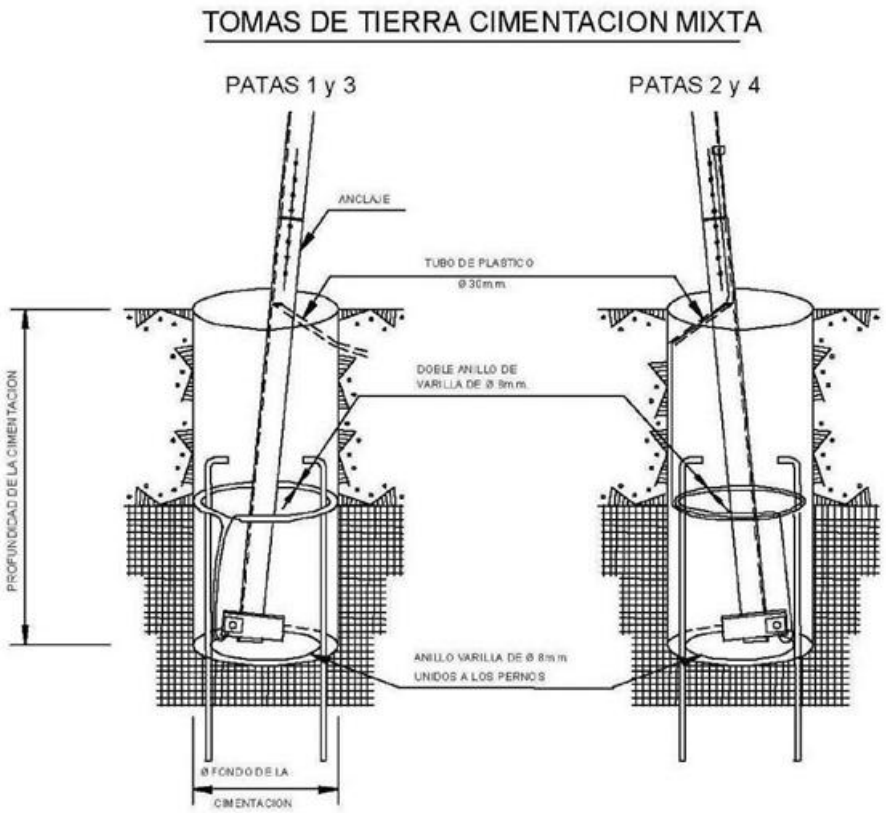
A continuación, se describe el diseño del sistema de puesta a tierra para cada tipo de apoyo según su ubicación:

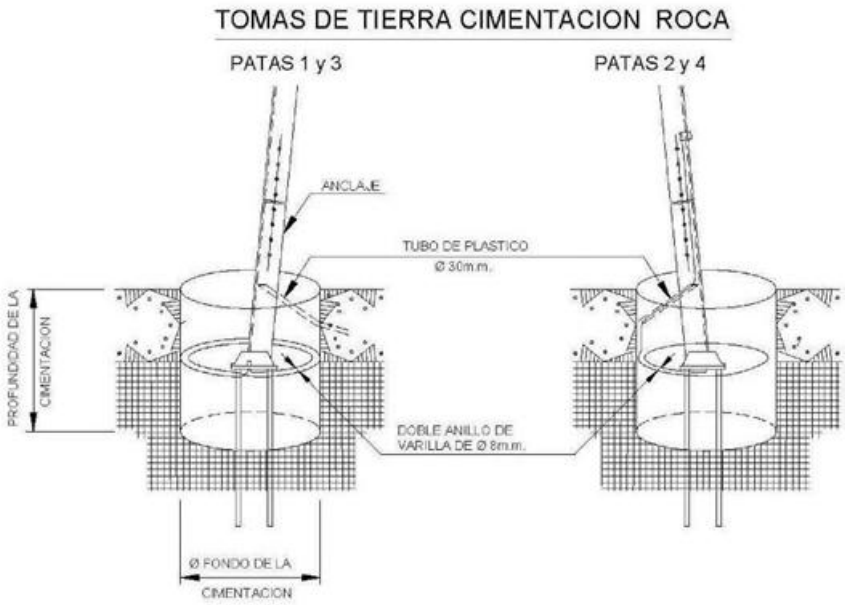
4.8.2.1. Apoyos No Frecuentados

En este caso, se realizará para cada pata una toma de tierra de acuerdo con las siguientes figuras en función del tipo de cimentación: cimentación en tierra, mixta o en roca:


2
3
SENTIDO DE LINEA
CARA LATERAL
1
4
CARA FRONTAL


TOMAS DE TIERRA CIMENTACION PATA ELEFANTE
PATAS 1 y 3
PATAS 2 y 4
ANCLAJE
TUBO DE PLASTICO
Ø 30m.m.
PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACION
DOBLE ANILLO DE
VARILLA DE Ø 8m.m.
Ø FONDO DE LA CIMENTACION



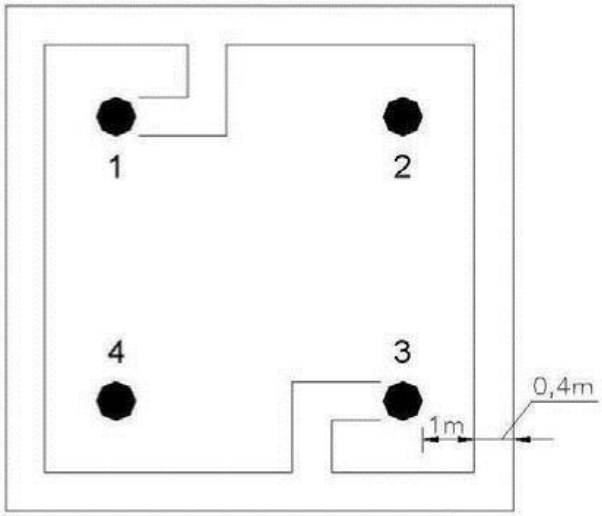


La toma de tierra se completará con la realización de una zanja de 0,40 metros de ancho y 0,60 metros de profundidad constituyendo un anillo situado alrededor del apoyo a un metro de los montantes.

En el caso de terreno de roca la profundidad será de 0,40 metros y en zona agrícola la profundidad será de 0,80 metros.

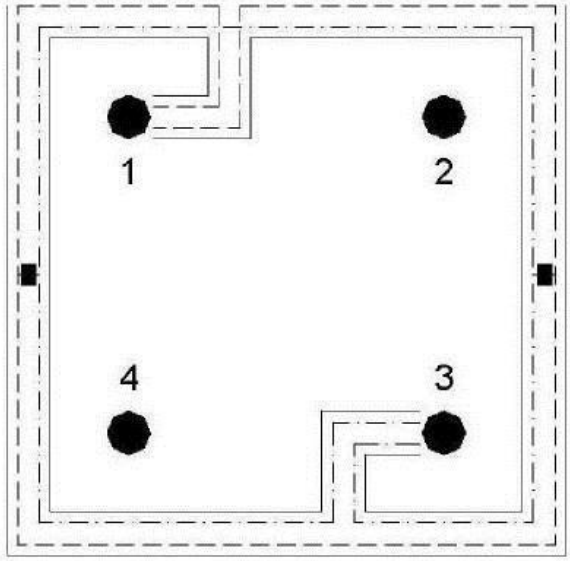
El anillo de puesta a tierra estará constituido por varillas de acero descarburado de 50 mm2 de sección, utilizándose varilla doble separada 0,40 metros entre sí como se indica en las figuras siguientes.

NO FRECUENTADO
DISPOSICION DE ZANJAS



ZANJA DE 0,40 m PROFUNDIDAD EN ROCA
ZANJA DE 0,60 m PROFUNDIDAD EN TIERRA
ZANJA DE 0,80 m PROFUNDIDAD EN ZONA AGRICOLA

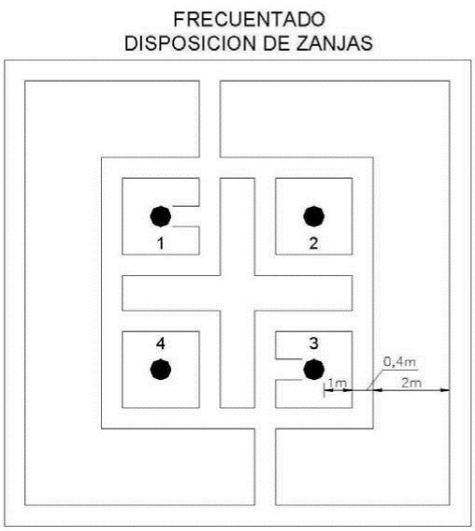
NO FRECUENTADO
DISPOSICION DE LA VARILLA DE 8 mmØ

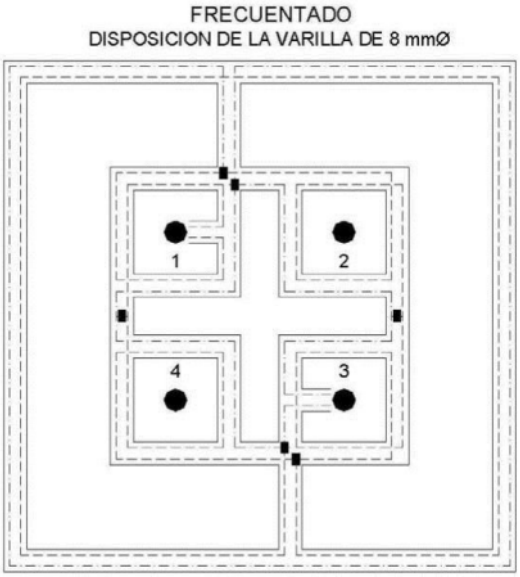


4.8.2.2. Apoyos Frecuentados

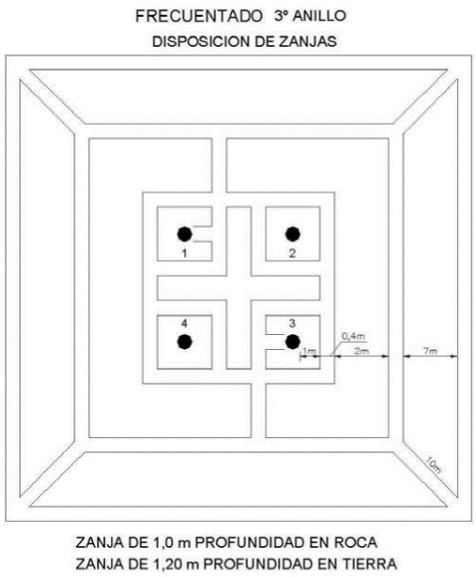
En este caso, se realizará para cada pata una toma de tierra igual que para el caso de los apoyos no frecuentados y se completará con la realización de un primer anillo.

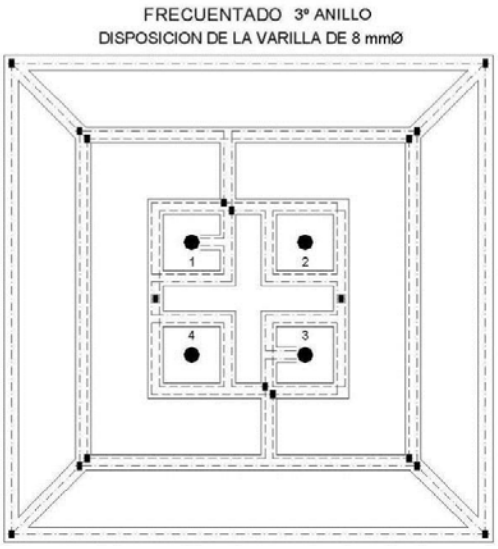
El sistema de puesta a tierra se completará con la instalación de 2 anillos constituidos por varillas de acero descarburado de 50 mm2 de sección, utilizándose varilla doble separada 0,40 metros entre sí según se indican en las siguientes figuras:





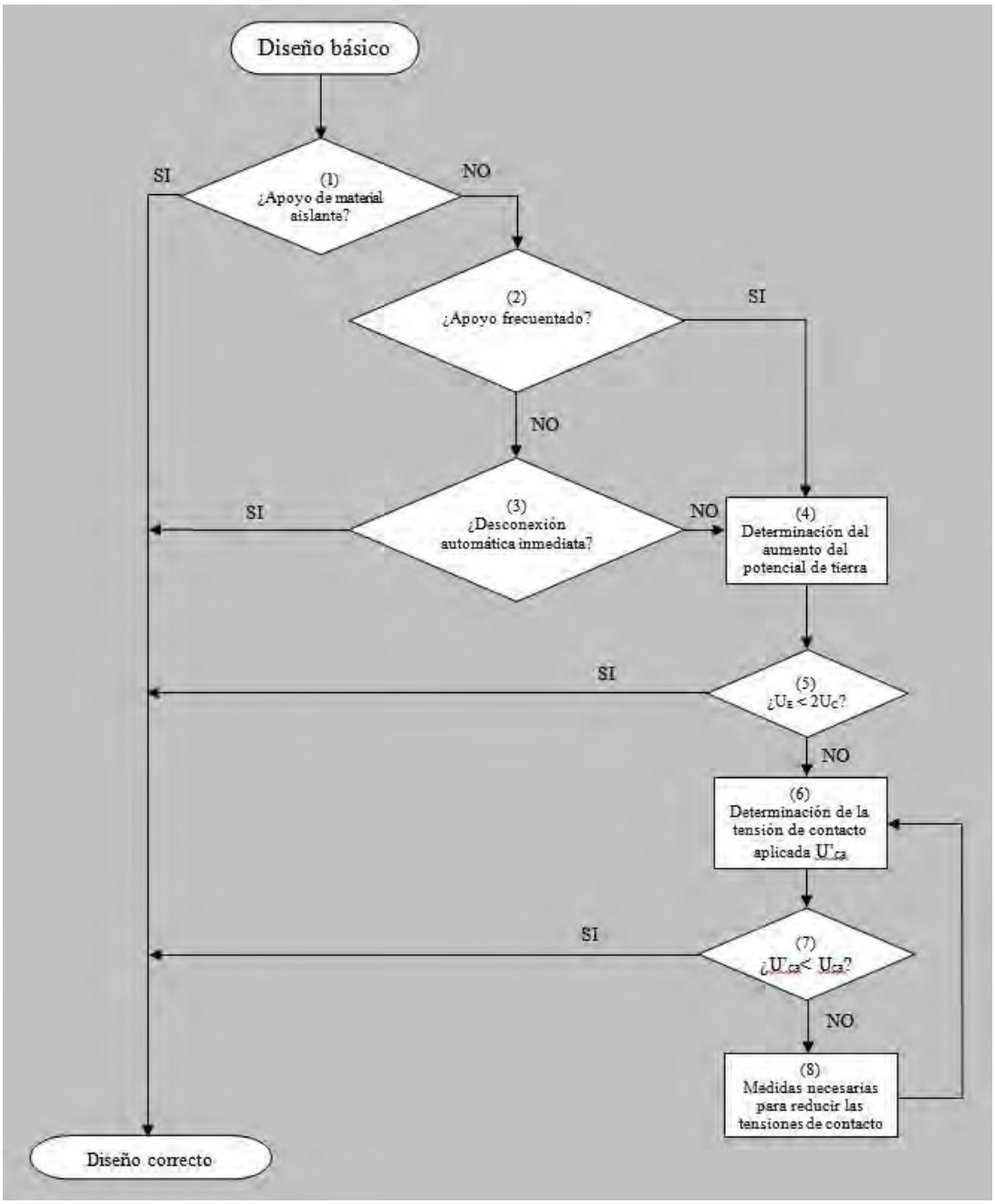
En caso de ser necesario, tras la verificación del sistema de puesta a tierra se instalaría un tercer anillo según se indica en las siguientes figuras:





4.8.3. Verificación del Sistema del Diseño de Puesta a Tierra

La verificación del diseño del sistema de puesta a tierra se realizará según establece el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión en el apartado 7.3.4.3 de la ICT-LAT 07:

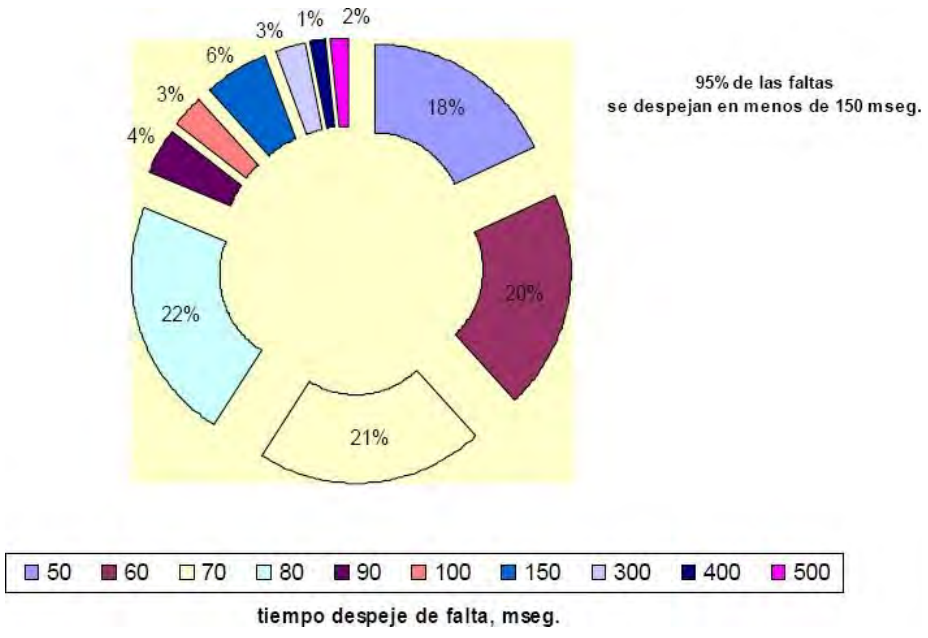


Cuando se produce una falta a tierra, partes de la instalación se pueden poner en tensión, y en el caso de que una persona o animal estuviese tocándolas, podría circular a través de él una corriente peligrosa.

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada, Uca, según establece el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión en el apartado 7.3.4.1 de la ICT-LAT 07 a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies desnudos, en función de la duración de la corriente de falta, se muestra en la siguiente tabla:

Duración de la corriente de falta t_f (s)	**Tensión de contacto aplicada admisible U_{ca} (V)**
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

En las líneas de categoría especial, el tiempo máximo de despeje de falta a tierra garantizado por los sistemas de protección es de 500 ms. Concretamente, en los últimos años el 95% de las faltas registradas tuvieron una duración menor o igual a 150 ms. El gráfico porcentual resultante es:



De acuerdo con esto, para 0,5 s se considerará para las líneas de categoría especial una tensión de contacto aplicada admisible de Uca = 204 V.

A efectos prácticos del proyecto, la verificación del sistema de puesta a tierra se realizará de la siguiente forma:

- Apoyos no frecuentados: El tiempo de desconexión automática en las líneas de categoría especial es inferior a 1s por lo que según establece el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión en el apartado 7.3.4.3 de la ICT-LAT 07, en el diseño del sistema de puesta a tierra de estos apoyos no será obligatorio garantizar, a un metro de distancia del apoyo, valores de tensión de contacto inferiores a los valores admisibles.

En definitiva, el diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad de las personas, sin embargo, el valor de la resistencia de puesta a tierra será lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra.

- Apoyos frecuentados: El diseño del sistema de puesta a tierra se podrá considerar correcto si la elevación del potencial de tierra, UE, es menor que dos veces el valor admisible de la tensión de contacto Uc, considerando, en cada caso concreto, las resistencias adicionales que intervengan en el circuito de contacto. Si no fuese así se deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo sancionado por la práctica que los valores de las tensiones de contacto aplicada, U'ca, que se calcula, a un metro de distancia de la estructura, para la instalación proyectada en función de la geometría de la misma, de la corriente de puesta a tierra que considere y de la resistividad correspondiente al terreno, no superen, en las condiciones más desfavorables, los valores admisibles.

En todos los apoyos de la línea, una vez implementado su sistema de puesta a tierra, I-R medirá el valor de la resistencia de puesta a tierra. En el caso de líneas eléctricas que contengan cables de tierra a lo largo de toda su longitud, la resistencia de puesta a tierra de los apoyos debe de ser determinada eliminando el efecto de los cables de tierra.

Con los valores de la resistencia de puesta a tierra obtenidos, I-R comprobará el correcto funcionamiento de las protecciones en caso de defecto a tierra en función del sistema de puesta a tierra del neutro según establece el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión en el apartado 7.3.6 de la ICT- LAT 07. En el caso de que no se produzca un correcto funcionamiento correcto de las protecciones, I-R adoptará medidas adicionales para mejorar los valores de la resistencia de puesta a tierra de los apoyos de la línea.

4.9. Resultados de los Cálculos Mecánicos

A continuación, se muestran los resultados de los Cálculos Mecánicos:

Tabla de Tendido (Conductor modelado en condición antes de fluencia)

Vano						-15ºC		-10ºC		-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC		75ºC	
Nº de vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Longitud (m)	Vano Reg. (m)	Zona	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)
1	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**1726**	3,56	**1655**	3,71	**1588**	3,87	1524	4,03	1465	4,19	1409	4,36	1357	4,69	1309	4,86	1263	4,86	1221	5,03	1181	5,2	1145	5,36	1110	5,53	1077	**5,7**	944	**6,51**
OPGW	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**2056**	3,02	**1990**	3,12	**1925**	3,22	1862	3,33	1804	3,44	1745	3,55	1637	3,67	1637	3,79	1586	3,91	1538	4,03	1491	4,16	1448	4,29	1405	4,42	1366	**4,54**	1194	**5,2**

Tabla de Tendido (Conductor modelado en condición antes de fluencia)

Vano						-15ºC		-10ºC		-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC		75ºC	
Nº de vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Longitud (m)	Vano Reg. (m)	Zona	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)	Tense Hor (daN)	Flecha (m)
1	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**1454**	4,22	**1400**	4,39	**1348**	4,55	1299	4,73	1254	4,89	1213	5,06	1173	5,23	1137	5,4	1103	5,57	1071	5,73	1042	5,9	1013	6,06	962	6,22	963	**6,38**	859	**7,15**
OPGW	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**1862**	3,33	**1804**	3,44	**1745**	3,55	1690	3,67	1637	3,79	1586	3,91	1538	4,03	1491	4,16	1448	4,29	1405	4,42	1366	4,54	1328	4,67	1291	4,80	1257	**4,93**	1111	**5,46**

Tabla de Flecha-Tensión (Conductor modelado en condición antes de fluencia)

Vano						ZONA B: Tmáx -10ºC + Viento 120km/h o 140km/h		ZONA B: Tmáx -15ºC + Hielo		ZONA B: DESVIACIÓN DE CADENAS -10ºC + Viento Mitad (250 Pa)		ZONA B: Fmín -15ºC		ZONA B: Fmáx 15ºC + Viento 120 km/h		ZONA B: EDS 15ºC			ZONA B: Fmáx 75ºC		Flecha Máxima	Flecha Mínima
Nº de vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Longitud (m)	Vano Reg. (m)	Zona	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	EDS %	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Flecha (m)	Flecha (m)
1	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**2127**	4,78	**2499**	5,25	1804	4,08	1726	3,56	1855	5,48	1357	4,52	21,0%	944	6,51	**6,51**	**3,56**
OPGW	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**2432**	4,33	**2700**	4,71	2127	3,54	2057	3,02	2177	4,94	1691	3,67	17,0%	1194	5,20	**5,20**	**3,02**

Tabla de Flecha-Tensión (Conductor modelado en condición después de fluencia)

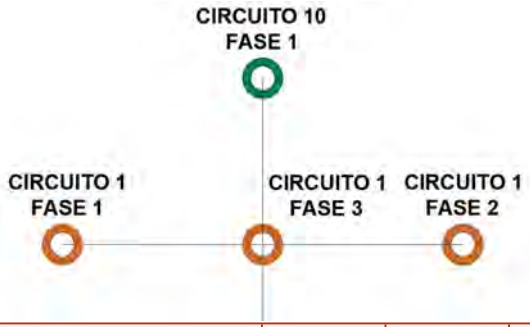
Vano						ZONA B: Tmáx -10ºC + Viento 120km/h o 140km/h		ZONA B: Tmáx -15ºC + Hielo		ZONA B: DESVIACIÓN DE CADENAS -10ºC + Viento		ZONA B: Fmín -15ºC		ZONA B: Fmáx 15ºC + Viento 120 km/h		ZONA B: EDS 15ºC			ZONA B: Fmáx 75ºC		Flecha Máxima	Flecha Mínima
Nº de vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Longitud (m)	Vano Reg. (m)	Zona	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	EDS %	Tense Máx (daN)	Flecha (m)	Flecha (m)	Flecha (m)
1	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**1895**	5,60	**2267**	6,03	1557	4,95	1454	4,44	1672	6,33	1174	5,46	18,2%	859	7,41	**7,41**	**4,44**
OPGW	Apoyo 1	Apoyo 2	272,05	272,05	B	**2274**	4,63	**2546**	5,00	1952	3,85	1863	3,33	2043	5,15	1539	4,03	15,5%	1111	5,59	**5,59**	**3,33**

Distancias (Conductores modelados en condición después de fluencia)

Nº Vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Flecha máxima (m)	Mínima separación exigida (m)	Mínima separación entre fase-fase proyectada (m)	% Cumplimiento Fase-Fase	Mínima separación entre fase-tierra proyectada (m)	% Cumplimiento Fase-Tierra
1	Apoyo 1	Apoyo 2	7,41	1,919	2,990	**64,19%**	4,29	**44,74%**

Árboles de carga

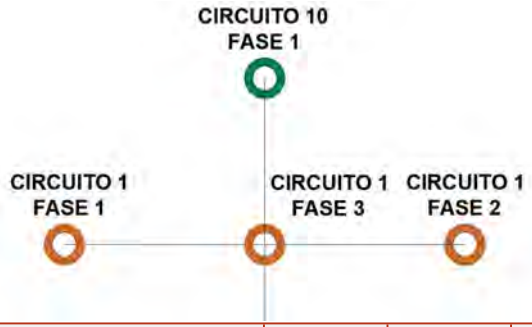
Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	1	71	27	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	2	71	27	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	3	71	27	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	1	71	-27	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	2	71	-27	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	3	71	-27	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	1	71	0	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	2	71	0	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	3	71	0	0
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000

Árboles de carga

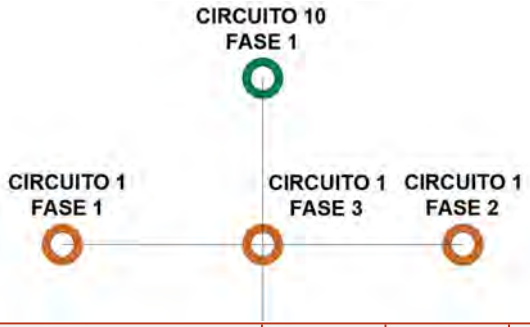
Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000

Árboles de carga

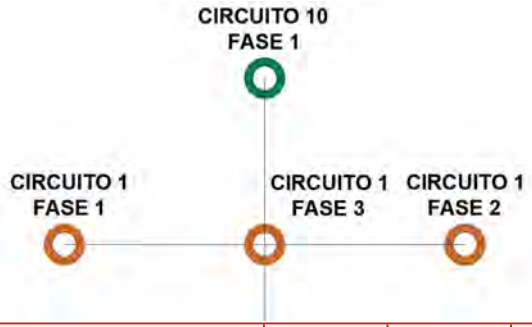
Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240

Árboles de carga

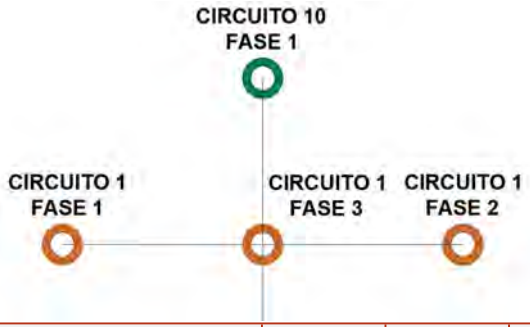
Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	1	1	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	1	2	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	1	3	349	0	-3000
1-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	10	1	302	0	-3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	1	146	250	3988
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	2	146	250	3988
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	3	146	250	3988
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO + FIN DE LÍNEA SEG.REF	10	1	63	234	4560
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	1	146	-250	3988
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	2	146	-250	3988
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	3	146	-250	3988
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	1ª: VIENTO - FIN DE LÍNEA SEG.REF	10	1	63	-234	4560
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	1	321	0	4687
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	2	321	0	4687
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	1	3	321	0	4687
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	2ª: HIELO FIN DE LÍNEA SEG.REF	10	1	230	0	5063
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	1	2	206	0	3000

Árboles de carga

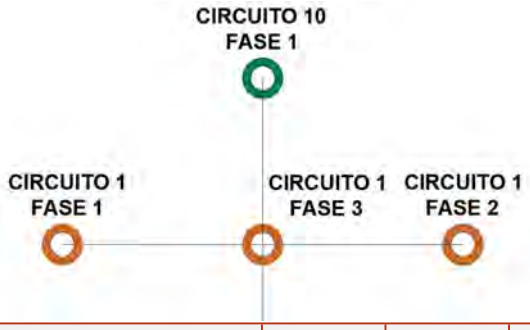
Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS +	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:2 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 1:3 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000

Árboles de carga

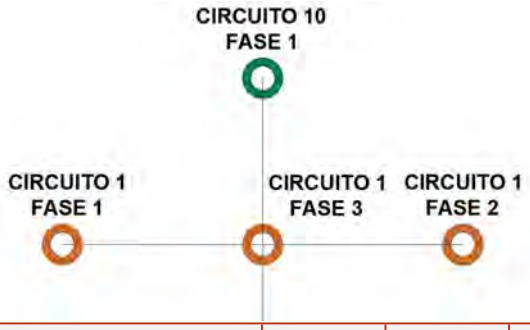
Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:2 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 2:3 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:2 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 3:3 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:2 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 4:3 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:2 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 5:3 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 10:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000

Árboles de carga

Los esfuerzos indicados están mayorados contemplando los coeficientes de seguridad aplicables en cada caso, en función de la hipótesis de carga y la condición de seguridad normal o reforzada para cada apoyo.



Apoyo	Tipo de apoyo	Hipótesis	Circuito	Fase	V	T	L
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 11:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 12:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	1	1	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	1	2	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	1	3	206	0	3000
2-PAS	PAS-CO-12000-SC1.stk	4ª: ROTURA FIN DE LÍNEA 13:1 ATRÁS -	10	1	147	0	3240

DOCUMENTO 02:

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1. PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA 3

1.1. OBJETO DEL PLIEGO 3
1.2. CONDICIONES GENERALES 5
1.3. CONDICIONES ECONÓMICAS 15
1.4. CONDICIONES TÉCNICAS 22

2. LÍNEA AÉREO-SUBTERRÁNEA 15 KV 95

2.1. REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA 95
2.2. CONDICIONES DE EJECUCIÓN EN LÍNEAS AÉREAS 96
2.3. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES EN LÍNEAS AÉREAS 101
2.4. OBRA CIVIL EN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS 117
2.5. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD 129
2.6. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS 132

1. Planta Solar Fotovoltaica

1.1. Objeto del pliego

El objeto del presente Pliego de Condiciones es definir las condiciones mínimas que han de regir en la ejecución de las obras de las siguientes instalaciones:

Planta Solar Fotovoltaica “Moraleja Solar” de 5 MW de capacidad de acceso otorgada en el punto de conexión, localizada en el término municipal de Moraleja de Enmedio, Madrid (en adelante la “Planta Solar” o la “Planta”).

Para más detalle sobre la ubicación de la Planta consultar el “Documento 4. Planos”.

Se definen por tanto las especificaciones y criterios mínimos, las disposiciones de tipo administrativo y legal, las normas y las condiciones técnicas con relación a los materiales y a la ejecución de las obras y al procedimiento de medición y abono para las diferentes obras incluidas en el Proyecto, pretendiendo servir de guía para asegurar la calidad del Proyecto en términos de rendimiento, producción e integración.

1.1.1. Documentos que Definen el Proyecto

Los siguientes documentos definen el presente Proyecto:

01. Memoria
02. Pliego de Condiciones
03. Presupuesto
04. Planos

Anexos

01. Estudio de Seguridad y Salud
02. Fichas Técnicas de Equipos Principales
03. Cronograma de Ejecución
04. Estudio de Gestión de Residuos
05. Configuración Eléctrica de la Planta Solar FV

06. Estudio de Producción PVSyst

07. Plan de Desmantelamiento

08. Relación de Bienes y Derechos Afectados

1.1.2. Compatibilidad y Prelación entre Documentos

Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos del Proyecto, o viceversa, será ejecutado como si estuviese contenido en ambos documentos.

En caso de contradicción entre los Planos del Proyecto y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en los Planos.

Las omisiones en los Planos del Proyecto y en el Pliego de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra, que sean manifiestamente indispensables para lograr el alcance de lo expuesto en los documentos del presente Proyecto o que, por su buen uso y costumbre, deban ser realizados, no solo no exime al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, serán ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente especificados en los Planos del Proyecto y en el Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá informar por escrito a la Dirección Facultativa, tan pronto como sea de su conocimiento, de toda discrepancia, error u omisión que encontrase.

Cualquier corrección o modificación en los Planos del Proyecto o en las especificaciones del Pliego de Condiciones, sólo podrá ser realizada por la Dirección Facultativa del Proyecto, siempre y cuando así lo juzgue conveniente para su interpretación o el fiel cumplimiento de su contenido.

En caso de discrepancia entre los precios de una unidad, los cuadros de precios del Contrato prevalecerán sobre el Presupuesto.

1.1.3. Alcance

Se entenderá que el contenido del presente Pliego rige para todo lo comprendido y expresado en los sucesivos capítulos, siempre y cuando no se opongan a lo establecido en la legislación vigente.

Las unidades de obra que no hayan sido incluidas y señaladas expresamente en este Pliego se ejecutarán conforme a lo establecido en las normas e instrucciones técnicas en vigor que sean aplicables a dichas unidades, con lo sancionado por la costumbre como reglas de buenas prácticas en la construcción y con las indicaciones que, sobre el particular, señale la Dirección Facultativa de la obra.

1.2. Condiciones generales

El presente Pliego obliga a la Propiedad, a la Dirección Facultativa de las obras y al Contratista.

1.2.1. Representantes de la Propiedad y del Contratista

1.2.1.1. Propiedad

Se entiende por La Propiedad a cualquier persona, física o jurídica, representante de ésta, autorizada legalmente.

1.2.1.2. Dirección Facultativa de la Obra

Se entiende por Dirección Facultativa, por una parte, al Ingeniero que lleve oficialmente la dirección de las obras o la persona o personas autorizadas formalmente por éste para representarle en algún aspecto relacionado con dicha dirección y, por otra parte, al Ingeniero Técnico de la Obra propuesto y aceptado por la Propiedad.

A la Dirección Facultativa le corresponde lo siguiente:

Redactar los complementos o rectificaciones del Proyecto que se precisen.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.

Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.

Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.

Efectuar el replanteo inicial de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Contratista.

Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, siempre que no solape competencias con el Coordinador de Seguridad y Salud, controlando su correcta ejecución.

Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al Proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción.

Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de calidad, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el Proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Contratista, impartiéndole, en su caso, las órdenes oportunas.

Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.

Suscribir el certificado final de la obra.

Las funciones de la dirección de obras serán llevadas a cabo por el equipo facultativo que para ello se designe.

1.2.1.3. Contratista

Se entiende por Contratista a la parte contratante obligada a ejecutar la obra.

Se entiende por Jefe de Obra y Delegado del Contratista a la persona, designada expresamente por el Contratista y aceptada por la Propiedad y la Dirección Facultativa, con capacidad suficiente para:

Ostentar la representación del Contratista cuando sea necesaria su actuación o presencia en cualquier acto derivado del cumplimiento de las actividades contractuales, siempre en orden a la ejecución y buena marcha de las obras.

Organizar la ejecución de la obra e interpretar y poner en práctica las órdenes recibidas de la Dirección.

Colaborar con la Dirección Facultativa en la resolución de los diferentes problemas que se planteen durante la ejecución.

Al Contratista le corresponde lo siguiente:

Organizar los trabajos, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

Suscribir con la Dirección Facultativa el acta de replanteo de la obra.

Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.

Custodiar el libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

Facilitar a la Dirección Facultativa con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.

Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.

Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.

Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

1.2.2. Verificación de los Documentos del Proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Contratista consignará por escrito que la documentación aportada del Proyecto le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

1.2.3. Seguridad y Salud

El Contratista, a la vista del Proyecto, conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

El Contratista será responsable del cumplimiento de toda la legislación vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como de las especificaciones particulares expuestas en el presente Pliego o en el correspondiente Anexo a la Memoria.

1.2.4. Presencia del Contratista en la Obra

El Contratista tiene la obligación a comunicar a La Propiedad la persona designada como representante en la obra, que tendrá carácter de Jefe de Obra, con dedicación plena y con total facultad para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan al Contratista.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos facultará a la Dirección Facultativa para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de Obra, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa, en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

1.2.5. Trabajos No Estipulados Expresamente

Es obligación del Contratista el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la Dirección Facultativa dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

1.2.6. Interpretaciones, Aclaraciones y Modificaciones de la Documentación del Proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando obligado a devolver los originales y sus copias, y suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba de la Dirección Facultativa.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos crea oportuna hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Contratista, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Contratista podrá requerir de la Dirección Facultativa, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

1.2.7. Reclamaciones contra Órdenes de la Dirección Facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones provenientes de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida a la Dirección Facultativa, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatoria para ese tipo de reclamaciones.

1.2.8. Faltas de Personal

Si la Dirección Facultativa, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la correcta ejecución de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista principal de la obra.

1.2.9. Gastos Ocasionados por Pruebas y Ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán por cuenta del Contratista.

La Dirección Facultativa podrá exigir la repetición de todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías.

1.2.10. Condiciones Generales de la Ejecución de los Trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Director de Obra al Contratista, dentro de las limitaciones presupuestarias.

1.2.10.1. Caminos y Accesos

El Contratista dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de la misma, pudiendo la Dirección Facultativa exigir su modificación o mejora.

Asimismo, el Contratista tendrá la obligación de colocar en lugar visible a la entrada de la obra un cartel de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra tales como el título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

1.2.10.2. Replanteo

El Contratista iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos son considerados a cargo del Contratista e deberán ir incluidos en su oferta.

El Contratista someterá el replanteo a la aprobación de la Dirección Facultativa, y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Director de Obra, siendo responsabilidad del Contratista la omisión de este trámite.

1.2.10.3. Comienzo de la Obra y Ritmo de Ejecución de los Trabajos

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente, y por escrito, el Contratista deberá dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos, con al menos con tres días de antelación.

1.2.10.4. Orden de Ejecución de los Trabajos

La determinación del orden de los trabajos es facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

1.2.10.5. Facilidades para Otros Contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a las demás subcontratas que

intervengan en la obra, sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratas por la utilización de medios auxiliares, suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, el Contratista y las Subcontratas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.2.10.6. Ampliación del Proyecto por Causas Imprevistas o de Fuerza Mayor

Cuando sea preciso, por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Director de Obra, mientras se define o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección Facultativa disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

1.2.10.7. Prórroga por Causas de Fuerza Mayor

Si por causa de fuerza mayor el Contratista no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuese posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución de los trabajos y el retraso que ésta tendrá en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que solicita.

1.2.10.8. Responsabilidad de la Dirección Facultativa en el Retraso de la Obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en el que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

1.2.10.9. Trabajos Defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las Condiciones Generales y Condiciones Técnica de este Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del Proyecto es responsable de la ejecución de los trabajos que contratados y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o equipos instalados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Director de Obra, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Obra advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los equipos instalados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

1.2.10.10. Vicios Ocultos

Si el Director de Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se observen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente.

1.2.10.11. Procedencia de Equipos y Materiales

El Contratista tiene libertad a la hora de proveerse de los materiales y equipos en los puntos que le parezcan convenientes, excepto en los casos en que el Pliego de Condiciones Particulares preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Contratista deberá presentar a la Dirección Facultativa una lista completa de los materiales y equipos que vaya a utilizar en la ejecución de los trabajos, incluyendo información sobre la marca, calidad, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.2.10.12. Materiales No Utilizables

El Contratista transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Estos materiales no utilizables se retirarán de la obra o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra. Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene la Dirección Facultativa.

1.2.10.13. Limpieza de las Obras

Es obligación del Contratista mantener las obras y sus alrededores limpios, tanto de escombros como de materiales sobrantes, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

1.2.10.14. Documentación Final de Obra

La Dirección Facultativa facilitará a la Propiedad la documentación final del Proyecto, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente. Esto incluirá, como mínimo, los manuales de instalación, manuales de operación y mantenimiento, proyecto AS-BUILT incluyendo planos y cálculos y cualquier otra documentación relacionada con el Proyecto.

1.2.11. Garantías, Plazos y Fianzas

Durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

Las garantías y fianzas de todo tipo que se consideren necesarias por abonos de acopios, daños causados por demoras, etc., serán las que se estipulen en contrato. Si no se ha establecido otro tipo de fianza en el Contrato, del importe de cada certificación se deducirá un cinco (5%) por ciento que será retenido por La Propiedad en concepto de garantía, hasta la Recepción Definitiva de la obra.

El Contratista garantiza a La Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

1.2.11.1. Conservación del Proyecto durante el Plazo de Garantía

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva correrán a cargo del Contratista.

Por lo tanto, el Contratista será el conservador del Proyecto durante el plazo de garantía, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la Propiedad antes de la Recepción Definitiva.

1.2.11.2. Recepción Definitiva del Proyecto

La Recepción Definitiva se verificará después de transcurrido el Plazo de Garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la Recepción Provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la norma de conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios ocultos de la construcción.

1.2.11.3. Prórroga del Plazo de Garantía

Si al proceder al reconocimiento para la Recepción Definitiva del Proyecto no se encontrase éste en las condiciones debidas se aplazará dicha Recepción Definitiva, y la Dirección Facultativa marcará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias.

De no efectuar el Contratista lo requerido por la Dirección Facultativa para considerar que el Proyecto se encuentra en las condiciones debidas para la Recepción Definitiva, podrá resolverse el Contrato con pérdida de los avales.

1.2.12. Resolución del Contrato

En el caso de resolución contractual, el Contratista tendrá la obligación de retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares, la maquinaría, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudadas por otro contratista.

1.3. Condiciones económicas

1.3.1. Composición de los Precios Unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Costes Directos:

La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.

Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaría e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.

Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Costes Indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos esto gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Gastos Generales:

Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración Pública este porcentaje se establece un máximo del 8 por 100).

Beneficio Industrial:

El Beneficio Industrial del Contratista se establece en un máximo del 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución Material:

Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

Precio de Contrata:

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

1.3.2. Precio de Contrata

En el caso de que los trabajos a realizar se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento (%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 8 por 100 y el beneficio se estima normalmente en 6 por 100, salvo que en las condiciones particulares o contractuales entre Contrata y Promotor se establezca otro distinto.

1.3.3. Precios Contradictorios

Salvo que las condiciones contractuales entre el Contratista y la Propiedad que establezcan lo contrario, se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Director de Obra decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las partidas previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios y, ante la falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del Contrato.

1.3.4. Reclamación de Aumento de Precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

1.3.5. Revisión de los Precios Contratados

Una vez que el Contratista y la Propiedad cierren el contrato económico de la ejecución de las obras no se procederá a revisión de precios.

1.3.6. Acopio de Materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o equipos para la ejecución de obra que la Propiedad ordena por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de exclusiva propiedad de éste. De su guarda y conservación será responsable el Contratista.

1.3.7. Responsabilidad del Contratista en el Bajo Rendimiento de los Trabajadores

Si de los partes mensuales, o cualquier solución bajo forma contractual entre Contratista y Propiedad para la elaboración de las certificaciones parciales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Contratista al Director de Obra, éste advirtiese que los rendimientos o calidades, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutadas, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos o calidades normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Contratista, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción o calidad en la cuantía señalada por el Director de Obra.

Si hecha esta notificación al Contratista, en los meses sucesivos, los rendimientos o calidades no llegasen a los normales, La Propiedad queda facultada para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Contratista en las liquidaciones parciales que preceptivamente deben efectuársele, siempre que el resultado ejecutado tenga solución técnico-normativo. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo se someterá el caso a arbitraje.

1.3.8. Relaciones Valoradas y Certificaciones

En cada una de las fechas que se fijen en el Contrato o en los Pliegos de Condiciones Particulares que rijan en la obra, el Contratista formará una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Técnico.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando el resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal o numeral correspondiente a cada unidad de la obra y a los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente Pliego General de Condiciones Económicas, respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, la Dirección Facultativa los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha de recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, la Dirección Facultativa aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante la Propiedad contra la resolución de la Dirección Facultativa en la forma establecidas en las condiciones legales acordadas.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Director de Obra la certificación de las obras ejecutadas.

Las certificaciones se remitirán a la Propiedad dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

1.3.9. Abono de Trabajos Presupuestados con Partida Alzada

Salvo lo preceptuado en el Pliego de Condiciones Particulares de índole económica, y siempre que no se contradiga el documento contractual entre Contratista y Propiedad, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.

Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.

Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de

dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, La Dirección Facultativa indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

1.3.10. Pagos

Los pagos se efectuarán por la Propiedad en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra conformadas por la Dirección Facultativa en virtud de las cuales se verifiquen los mismos.

1.3.11. Indemnización por Retraso No Justificado en el Plazo de Ejecución del Proyecto

La indemnización por retraso en la ejecución del Proyecto se establecerá en un tanto por mil (‰) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el plan de obra (cronograma).

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza o avales.

1.3.12. Demora de los Pagos

Se rechazará toda solicitud de resolución del Contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el Contrato.

1.3.13. Mejoras y Aumento de Obras

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que la Dirección Facultativa haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el Contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo en caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que la Dirección Facultativa ordene, también por escrito, la ampliación de las unidades contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos

materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

En el supuesto contrario, cuando la Dirección Facultativa introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas, se seguirá el mismo criterio y procedimiento expuesto en el párrafo anterior.

1.3.14. Unidades de Obra Defectuosas Aceptables

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar una obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Director de Obra, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo en caso de que estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

1.3.15. Seguro del Proyecto

El Contratista estará obligado a asegurar el Proyecto durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la Recepción Definitiva. La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre de la Propiedad, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, La Propiedad podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Sociedad Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por la Dirección Facultativa.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de Proyecto que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del Proyecto afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento de la Propiedad, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

1.3.16. Conservación de la Obra

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el Plazo de Garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por la Propiedad antes de la Recepción Definitiva, la Dirección Facultativa, en representación de la Propiedad, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta del Contratista.

Al abandonar el Contratista el Proyecto, tanto por la buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que la Dirección Facultativa establezca.

Después de la recepción provisional del Proyecto y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería, limpieza y resto de trabajos que fuese preciso ejecutar.

En cualquier caso, el Contratista tiene la obligación de revisar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

1.3.17. Bienes de la Propiedad Usados por el Contratista

Cuando durante la ejecución de las obras el Contratista, siempre con la necesaria y previa autorización de la Propiedad, ocupe edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes a la misma, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato en perfecto estado de conservación y reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el Contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará la Propiedad a costa del Contratista y con cargo a la fianza.

1.3.18. Contradicciones entre el Presente Pliego de Condiciones y las Cláusulas del Contrato entre la Propiedad y el Contratista

En caso de contradicciones entre el presente Pliego de Condiciones y las cláusulas del Contrato entre el Contratista y La Propiedad prevalecerán los acuerdos y cláusulas que de mutuo acuerdo hayan pactado el Contratista y La Propiedad en su Contrato.

Cuando tal circunstancia se produjera, la Dirección Facultativa podrá solicitar al Contratista una copia de dichos acuerdos o contratos suscritos en forma de Contrato Legal, que deberá estar firmado por las partes que lo acuerdan.

1.4. Condiciones técnicas

1.4.1. Generador Fotovoltaico

1.4.1.1. Módulos Fotovoltaicos

Genéricamente la Instalación contará con un Generador Fotovoltaico constituido por módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica, sin ningún paso intermedio.

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino. Todos los módulos que integren la Instalación serán del mismo modelo, o en caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Los módulos deberán llevar diodos de derivación para evitar posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Ejecución:

La instalación de módulos fotovoltaicos requiere un alto nivel de capacitación y debe ser realizada por personal cualificado. Se divide en las siguientes fases:

Descarga de módulos: Los módulos se entregan apilados horizontalmente en un pallet. Se pueden manipular los pallets con una carretilla o traspalet tanto por el lado corto como por el lado largo del pallet, pero para evitar el riesgo de dañar el módulo FV colocado en el fondo del pallet, es recomendable adaptar la longitud de las uñas a las dimensiones del pallet, especialmente si lo levantamos por el lado corto.

Manipulación de módulos: Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

No cargar excesivamente la superficie del módulo fotovoltaico. La superficie de vidrio se puede romper fácilmente.

No subir encima ni pisar el módulo fotovoltaico. La superficie de vidrio del módulo fotovoltaico es resbaladiza, existe riesgo de caída.

No golpear ni aplicar una carga excesiva sobre el vidrio o la lámina posterior. La célula fotovoltaica es muy delgada y puede romperse fácilmente.

No arañar ni golpear la lámina posterior. La lámina posterior es frágil.

No levantar el módulo por la caja de conexiones ni por los cables eléctricos.

Nunca tocar la caja de conexiones o el extremo final de los cables de salida con la mano descubierta si el módulo fotovoltaico está siendo irradiado.

No arañar el cable de salida ni doblarlo con fuerza. El aislamiento del cable de salida puede deteriorarse, lo que puede dar lugar a una fuga de corriente o descargas.

No tirar excesivamente del cable de salida. El cable de salida puede desconectarse y producir una fuga de corriente o descarga.

No taladrar el marco. Puede perjudicar la resistencia mecánica del marco y dar lugar a su corrosión.

No arañar la cobertura aislante del marco (excepto para la conexión a tierra).

Esto puede dar lugar a la corrosión del marco o perjudicar su resistencia mecánica.

No tocar el módulo fotovoltaico sin llevar guantes de protección. El marco del módulo fotovoltaico tiene bordes afilados que pueden provocar lesiones.

No dejar caer el módulo fotovoltaico ni permitir que caigan objetos sobre él.

No intentar concentrar artificialmente la luz solar sobre el módulo fotovoltaico.

No levantar el módulo fotovoltaico cogiéndolo por un único lado. El marco podría doblarse. Tomar el módulo fotovoltaico por dos lados opuestos.

Trabajar solarmente en condiciones secas y utilizar exclusivamente herramientas secas. A menos que vaya equipado con las protecciones adecuadas, no se deben manipular los paneles que estén mojados.

Instalación de módulos: Cada módulo se debe fijar de forma segura a la estructura de montaje por cuatro puntos, como mínimo. Para fijar los módulos fotovoltaicos a la estructura de montaje se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Utilizar siempre casco, guantes y calzado de seguridad.

Mantener el módulo fotovoltaico en su embalaje hasta su instalación.

No tocar el módulo fotovoltaico durante la instalación más de lo necesario. La superficie de vidrio y los marcos se calientan. Existe riesgo de quemaduras e incluso de colapso debido a una descarga eléctrica.

Utilizar herramientas con aislamiento.

No dejar caer herramientas ni objetos rígidos sobre los módulos fotovoltaicos.

Asegurarse de que no se generan gases inflamables cerca del emplazamiento de instalación.

No tocar la caja de conexiones ni los extremos de los cables de salida (conectores) con la mano descubierta durante la instalación ni bajo la luz solar, independientemente de si el módulo fotovoltaico está conectado o no al sistema.

No pisar con fuerza el vidrio mientras trabaja. Existe riesgo de lesión o descarga eléctrica si se rompe el vidrio.

No llevar joyas metálicas que puedan causar descargas eléctricas durante la instalación.

Los cables deben colocarse de forma que no queden expuestos a la luz solar directa una vez instalados, para prevenir su degradación.

Una instalación inadecuada del panel solar puede ocasionar daños en el módulo y en consecuencia poner en riesgo la seguridad de las personas.

Una vez terminados los trabajos de montaje se elaborará un listado final (en Excel) indicando el número de serie de cada módulo fotovoltaico con la posición exacta y serie en la que se encuentra conectado cada módulo.

Control de Calidad:

En primer lugar, se realizará un replanteo topográfico de una muestra aleatoria (5% de las mesas instaladas) durante la ejecución de los trabajos para comprobar la distancia entre filas (Pitch) y su orientación (Azimut). Del mismo modo se comprobará mediante nivel digital la correcta inclinación de los módulos, verificando que en la misma mesa la inclinación esté dentro de unos parámetros de tolerancia establecidos.

Posteriormente, se verificará que la fijación de los módulos sobre la estructura dispone de la suficiente solidez y que está adecuadamente puesto a tierra. La fijación se realizará según el manual de instalación del fabricante de los módulos.

Se comprobará que la instalación de los módulos sea adecuada a las recomendaciones de fabricante tanto de módulo como de la estructura de soporte, así como que sea capaz de soportar los esfuerzos a que estará sometida.

Se comprobará la existencia de elementos adecuados para prevenir pares galvánicos.

La separación entre filas, así como la orientación e inclinación de paneles es la especificada en Proyecto, especificaciones de fabricante de módulos y/o estructura, encontrándose debidamente instalados. Será admisible una desviación respecto a lo indicado en Proyecto de +/- 3º en la orientación y en la inclinación (en el caso de seguidores la inclinación se verificará con respeto a su valor teórico establecido por el mismo sistema de seguimiento del tracker).

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición son las siguientes:

Suministro de los módulos: suministro de módulo fotovoltaico de silicio cristalino (cSi). Medida de la unidad suministrada en obra y previamente certificada y ensayada.

Instalación y montaje de los módulos: Instalación, alineación y fijación de modulo fotovoltaico sobre estructura conforme al Proyecto y a las especificaciones de montaje. La operación incluye:

Descarga desde el camión

Desembalaje

Clasificación

Reparto y distribución de paneles hasta su ubicación final de montaje

Montaje, alineación y fijación de los paneles

Apriete definitivo o de los herrajes de fijación

1.4.1.2. Estructura Soporte

La estructura soporte del Proyecto consiste en seguidores solares que cuentan con un sistema de seguimiento solar a un eje.

La estructura soporte es el elemento mecánico que sujeta los módulos fotovoltaicos para instalarlos sobre el terreno, asegurando la rigidez mecánica del conjunto. Tiene las funciones principales de servir de soporte y fijación segura de los módulos fotovoltaicos, así como proporcionarles la inclinación y orientación adecuadas, con el objetivo de obtener el máximo aprovechamiento de la energía solar incidente.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

1.4.1.2.1. Cimentación de los Seguidores

Siempre que sea posible, y los resultados del Estudio Geotécnico a realizar así lo aconsejen, se plantea un anclaje de la estructura metálica al terreno mediante hincas metálicas. Estas cimentaciones serán iguales o muy similares entre ellas y seguirán las dimensiones y requerimientos recomendados por el fabricante.

Las hincas estarán separadas a una distancia constante entre ellas, se instala por hincado directo sobre el terreno permitiendo su montaje sin necesidad de llevar a cabo excavaciones, hormigonado, placas de anclaje, etc.

Este tipo de cimentación exige menores nivelaciones de terreno, permite el recorte de los tiempos de ejecución de la obra y la reducción de los costes de mano de obra y materiales necesarios, frente a la cimentación de micro-pilotes a base de hormigón.

Ejecución:

El hincado se efectúa con una maquina hincapostes que levanta cada unidad, la apoya de punta sobre el suelo y la fuerza por medio de la caída de una maza desde una altura prefijada, golpeando sobre la cabeza del pilote en forma repetitiva hasta enterrarla a la longitud requerida. En la cabeza del pilote se dispone una sufridera, pieza de madera que recibe directamente los golpes de la maza que golpea, para evitar que se generen fisuras en cabeza de cada tramo de perfil hincado.

En caso de daños, las cabezas de los postes se repararán in situ y se le aplicará con galvanizado en frío.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición son las mismas cimentaciones de los seguidores.

1.4.1.2.2. Suministro y Montaje de los Seguidores

La secuencia de montaje se establece a partir de los planos y documentación técnica del fabricante optimizado el proceso en cuanto a seguridad, método y tiempo.

La coordinación, a su nivel, con las diferentes personas involucradas en la obra se realiza atendiendo a criterios de eficacia y seguridad.

Ejecución:

El montaje de la estructura se realizará de acuerdo con las indicaciones contenidas en el Plan de Montaje y siguiendo las especificaciones correspondientes del fabricante de la misma.

El material deberá transportarse y manejarse con cuidado para evitar torceduras y daños.

Todas las sales corrosivas y otros materiales extraños depositados o adheridos a la estructura con anterioridad o durante el montaje de ellas, deberán ser eliminadas, no pudiendo instalarse miembros doblados, torcidos, oxidados o dañados.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra los módulos.

Cada parte de la estructura debe quedar alineada nivelada y ajustada tan pronto como sea posible una vez que haya sido montada, la ejecución de sus uniones debe realizarse inmediatamente después.

Control de Calidad:

Se comprobará que las estructuras estén bien plomadas y que la trasmisión de los esfuerzos se realice conforme a los cálculos del Proyecto, para lo que se comprobará que los ángulos y ejes ejecutados coincidan con los proyectados y sus correspondientes tolerancias. Se comprobará que no existen desalineaciones que provoquen tensiones en los módulos solares.

Se comprobará el correcto anclaje de las estructuras al sistema de anclaje, asegurando la correcta colocación de los tornillos y sistemas anti-afloje según las especificaciones técnicas de la estructura.

Se comprobará la documentación de calidad de la estructura.

Se comprobará aleatoriamente el apriete de las uniones atornilladas, así como la presencia de sistemas antiafloje adecuados según las especificaciones técnicas de la estructura.

Se medirá el espesor del galvanizado según normativa vigente y especificaciones de material.

Se comprobará que no se han realizado taladros, cortes ni soldaduras que no sean necesarios para la instalación de la estructura y que no hayan sido aprobados por el Director de Obra.

Se comprobará que no hay restos de óxido.

Se comprobará la tornillería existente y que se han tomado las medidas adecuadas para que no se produzcan pares galvánicos.

Todas las comprobaciones citadas anteriormente se realizarán acorde a las especificaciones y garantías aportadas por el Contratista.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición son las siguientes:

Suministro de la estructura de los seguidores y componentes relacionados en cumplimiento con el manual de instalación.

Montaje de los seguidores: Montaje completo de la estructura mecánica, motores y equipos relacionados a los seguidores y fijación de bandeja para cableado.

1.4.1.3. Inversores y Centros de Transformación o Estaciones de Potencia

Para el Proyecto se han seleccionado inversores de string, que irán instalados al final de la fila de los seguidores solares. Cada uno de estos inversores recibirá la corriente continua generada por un conjunto de strings para transformarla en corriente alterna. A través del circuito en corriente alterna, los inversores irán conectados a los Centros de Transformación, en los que la baja tensión proporcionada por los inversores se elevará a los 15 kV de la red de media tensión.

Los Centros de Transformación están formados por dos elementos independientes (transformadores y celdas de media tensión) que se proporcionan precableados para una fácil conexión entre sí.

La compacidad es la característica más relevante que permite realizar el montaje del centro en fábrica por lo que ofrece: calidad en origen, reducción del tiempo de instalación, soluciones llave en mano y posibilidad de posteriores traslados.

Debido a su concepción de centro monobloque, la instalación de estos prefabricados sólo precisa haber realizado previamente una excavación en el terreno y la posterior cimentación.

Esta solución tipo power station es más versátil, ya que presenta una plataforma metálica o skid de media tensión que integra el transformador y las celdas. Todos sus elementos están pensados para facilitar su inmediata instalación a la intemperie, gracias a lo cual se puede prescindir de envolventes del tipo contenedor.

Gracias al uso de equipos de intemperie, el acceso a los inversores y al transformador se hace de forma directa. Además, el diseño de los inversores ha sido pensado para facilitar las tareas de mantenimiento y reparación.

- La Estación se divide en tres zonas separadas con accesos independientes:
- Zona de la Aparamenta para instalar las celdas de distribución MT.
- Zona del Transformador para instalar el transformador BT/MT.
- Zona del inversor para instalar en su interior.
- La Estación incluirá al menos, los siguientes componentes:
- Transformador de potencia.
- Transformador SSAA.
- Celdas de Media Tensión (MT).
- Tableros eléctricos, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.
- Sistema SCADA.
- Transformadores toroidales para monitorización de las entradas de los inversores.
- Alumbrado.
- Tomas de corriente.
- Extintores
- Sensores antincendios.
- La instalación de alumbrado, soporte de cables de MT y BT, así como la línea de puesta a tierra debe incluirse en el suministro del edificio.

Ejecución:

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos de la Estación de Potencia, sin que estos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente Proyecto.

De acuerdo con la recomendación UNESA 1303-A, el prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base de la Estación de Potencia será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas, insertadas en el hormigón, que estén destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el bloque de potencia deberá disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. Todas las piezas contiguas estarán unidas eléctricamente entre sí. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

Todos los elementos metálicos de la Estación de Potencia que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición son las siguientes:

Estación de Potencia: suministro y montaje de prefabricado compacto, equipado con inversores fotovoltaicos, transformador de baja a media tensión, transformador de servicios auxiliares, celdas de protección asociadas y la interconexión entre todos los elementos. Incluye su transporte y descarga.

1.4.2. Obra Civil

En este apartado se realiza una descripción de las diferentes partes que integran el alcance del suministro y los trabajos de movimiento de tierras y obra civil de la Planta Fotovoltaica, figurando las descripciones y las mediciones detalladas de todas las partidas que lo componen.

1.4.2.1. Materiales Básicos

1.4.2.1.1. Zahorras Artificiales

Material granular formado por áridos machacados total o parcialmente, cuya granulometría es de tipo continuo, utilizada como capa de firme, apoyo y relleno.

Los materiales que compongan la zahorra deberán cumplir todo lo estipulado en el apartado 501.2 del artículo 510 del PG3.

Ejecución de las Obras:

La ejecución de las obras se ajustará al apartado 501.3 del artículo 501 del PG3.

La zahorra que se tiene previsto colocar es la denominada ZA(25) que deberá cumplir el siguiente huso granulométrico:

TAMICES UNE	25	20	10	5	2	400 mm	80 mm
CERNIDO ACUMULADO (%)	100	75-100	50-80	35-60	20-40	8-22	0-10

Para realizar el control de calidad de las zahorras artificiales y su puesta en obra deberán realizarse los siguientes ensayos:

Ensayos granulométricos.

Comprobación geométrica del espesor de las tongadas.

Comprobación de módulo de reacción del material compactado. Placa de Carga (NLT 357).

La zahorra artificial se medirá y abonará por m3 realmente ejecutados.

No serán de abono las creces laterales, ni los consecuentes de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes.

1.4.2.1.2. Hormigón

Los hormigones cumplirán las condiciones exigidas en el "Código Estructural" y en el artículo 610 del PG-3.

Composición del hormigón:

Cemento: Todo cemento a emplear en obra habrá de cumplir cuanto se establece en el Real Decreto 256/2016, de 25 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).

Cada entrega de cemento en obra vendrá acompañada del documento de garantía de la fábrica, en el que figurará su designación, por el que se garantiza que cumplen las prescripciones relativas a las características físicas y mecánicas y a la composición química establecida.

Agua a emplear en morteros y hormigones: En general, podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado de morteros y hormigones, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.

Se prohíbe expresamente el empleo de agua de mar o salina análoga para el amasado o curado del hormigón armado o pretensado, salvo estudios especiales. Si podrán utilizarse para hormigones sin armaduras. En este caso deberán utilizarse cementos MR o SR. Será prescriptivo el Artículo 29º del Código Estructural. Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas.

Aditivos a emplear en morteros y hormigones: Productos que, incorporados al hormigón o el mortero en una proporción igual o menor del 5% del peso del cemento, antes del amasado, durante el mismo y/o posteriormente en el transcurso de un amasado suplementario, producen las modificaciones deseadas de sus propiedades habituales, de sus características, o de su comportamiento, en estado fresco y/o endurecido. La designación de los aditivos se hará de acuerdo con lo indicado en la UNE EN 934-2:2002. Será de aplicación todo lo prescrito en el apartado 281.4 del artículo 281 del PG-3. La unidad terminada cumplirá los requisitos contenidos en la UNE EN 934-2:2002. El control de recepción de los aditivos se llevará a cabo según se especifica en el apartado 281.7 del artículo 281 del PG-3.

Adiciones a emplear en hormigones: Materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente divididos, pueden ser añadidos al hormigón con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle características especiales. Solo se utilizarán como adiciones al hormigón, en el momento de su fabricación, el humo de sílice y las cenizas volantes, estando éstas últimas prohibidas en el hormigón pretensado. El suministrador de la adición la identificará y garantizará documentalmente el cumplimiento de las características especificadas, según que la adición empleada sea ceniza volante o humo de sílice.

Las cenizas volantes no podrán contener elementos perjudiciales en cantidades tales que puedan afectar a la durabilidad del hormigón o causar fenómenos de corrosión de las armaduras. Además, deberán cumplir las especificaciones de acuerdo con la UNE EN 450-1:2006+A1:2008. El humo de sílice no podrá contener elementos perjudiciales en cantidades tales que puedan afectar a la durabilidad del hormigón o causar fenómenos de corrosión de las armaduras. Los resultados de los análisis y de los ensayos previos estarán a disposición de la Dirección Facultativa. Se podrán utilizar cenizas volantes o humo de sílice como adición en el momento de la fabricación del hormigón, únicamente cuando se utilice cemento tipo CEM I. No se utilizará ningún tipo de adición sin la aprobación previa y expresa de la Dirección Facultativa, quien exigirá la

presentación de ensayos previos favorables. Para la utilización de las cenizas volantes y el humo de sílice además se seguirán las indicaciones de la UNE 83414:1990 EX y UNE 83460:1994 EX.

Características: Las características mecánicas de los hormigones empleados en estructuras cumplirán las condiciones impuestas en el Código Estructural.

Dosificación del hormigón: El Contratista realizará ensayos previos en laboratorio para establecer la dosificación, con objeto de conseguir que el hormigón resultante cumpla con las condiciones que se le exigen en el Código Estructural, a menos que pueda acreditar documentalmente que los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos pueda conseguir un hormigón que posea las condiciones exigidas. En el caso de existencia de sulfatos, el cemento poseerá la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la UNE 80303:96, siempre que su contenido sea igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3000 mg/kg en el caso de suelos.

Medición y Abono:

La medición de los hormigones en general tendrá lugar por m^3, m^2 o m según resulte más conveniente a la definición de la unidad. Se calculará exactamente por procedimientos geométricos, junto con las modificaciones que hubiera podido autorizar la Dirección de Obra durante la construcción.

Los volúmenes de hormigón originados por exceso de excavación no serán de abono excepto si hubieran sido previamente autorizados por la Dirección de Obra sobreexcavaciones correspondientes o si corresponden a desprendimientos, no imputables al Contratista. En este último caso el hormigón empleado en su relleno se abonaría al precio correspondiente.

Se abonará según cálculos por procedimientos geométricos, no admitiéndose ningún exceso de medición sobre dichas secciones, salvo aprobación expresa y por escrito de la Dirección de Obra.

Se encuentra incluido en el precio cualquier aditivo necesario para la elaboración del mismo.

1.4.2.1.3. Armaduras de Acero

Conjunto de barras que se colocarán en el interior de la masa de hormigón para ayudar a éste a resistir los esfuerzos a que está sometido. En todos los casos se emplearán barras B500S.

Lo materiales se ajustarán a lo prescrito en el Artículo 600 del PG-3 para un límite elástico de 5.000 Kp/cm2, así como a las modificaciones del mismo en su nueva redacción de la O.M. de 21 de enero de 1988, y en el Código Estructural.

Ejecución:

La forma y dimensiones de las armaduras se calculará por procedimientos geométricos. Si se realizase alguna modificación en los empalmes o solapes de algunas barras, su distribución se hará de forma que el número de empalmes o solapes sea mínimo, debiendo el Contratista, en cualquier caso, someter a la aprobación del Director de Obra los correspondientes esquemas de despiece.

La Dirección de obra examinará la armadura y dará su aprobación por escrito, antes de que se produzca el hormigonado.

Los tipos de acero empleados en la obra son, con arreglo a la nomenclatura del Código Estructural: B 500 S en barras corrugadas.

Cuando las mediciones realizadas superen los criterios especificados en el Proyecto, no serán de abono los excesos resultantes salvo autorización previa de la Dirección de Obra. En ningún caso se abonarán más de las unidades realmente ejecutadas.

Las armaduras deben llevar grabadas las marcas de identificación definidas en el Código Estructural.

El Contratista deberá aportar certificado del suministrador de cada partida que llegue a obra, en los que se garanticen las características del material.

Medición y Abono:

Las armaduras de acero empleadas en hormigón armado se abonarán según cálculos geométricos.

El precio incluye el suministro del acero hasta la obra, el ferrallado y la colocación.

El abono de las mermas, despuntes y empalmes no definidos se considerará incluido en el del kg de armadura.

1.4.2.1.4. Equipos y Maquinaria

Los equipos y maquinaria deberán estar ubicados en zonas donde menos alteren y molesten las condiciones medio ambientales.

Los equipos y maquinaria deberán estar en perfectas condiciones, debiendo tener perdidas o producir vertidos de aceites o grasas.

En los casos en los que los condicionantes medio ambientales impuestos por la Administración Ambiental competente lo requiera, los equipos y maquinaria deberán llevar silenciadores.

La maquinaria de desbroce estará dotada de extintores al objeto de sofocar de forma inmediata cualquier conato de incendio que pudiera provocarse al saltar una chispa durante el desbroce.

1.4.2.1.5. Compactador

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y tener inversores del sentido de la marcha de acción suave.

La composición del equipo de compactación se determinará en el tramo de prueba, y deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio tendrá una carga estática sobre la generatriz no inferior a trescientos newtons por centímetro (300 N/cm) y será capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t), con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas.

Los compactadores con rodillos metálicos no presentarán surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape entre las huellas delanteras y las traseras.

1.4.2.1.6. Camión Cisterna

La cisterna del camión tendrá una capacidad mínima de 10.000 l de agua, y llevará acoplado un sistema para el reparto homogéneo del agua en superficie para los procesos de compactación.

1.4.2.1.7. Motoniveladora

Tendrá una potencia mínima de 100 CV, y una pala con ancho mínimo de 2,5 m y un alto mínimo de 0,6 m.

1.4.2.1.8. Retroexcavadora

La retroexcavadora llevará cazos de limpieza y de cuchillas, de diferentes dimensiones según las necesidades del Proyecto. Tendrá una potencia mínima de 100 CV.

1.4.2.1.9. Pala Cargadora

La pala cargadora deberá disponer de una pala de excavación de tierras y de una pala para material ligero. La anchura mínima de las palas será de 2,5 m.

1.4.2.1.10. Camión

Se usará un camión basculante 4x4, con una capacidad mínima de carga de 14 tm.

1.4.2.1.11. Cuba de Transporte de Hormigón

La cuba de transporte del hormigón deberá ser móvil, permitiendo los movimientos de rotación para amasar el hormigón.

Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido.

Los camiones deberán disponer de los materiales para realizar la prueba de consistencia del hormigón mediante el cono de Abrams.

Deberán de disponer de los adecuados sistemas para el control de distribución del hormigón.

1.4.2.1.12. Bombas de Achique

Deberá haber un número no inferior a 3 dentro del recinto de las obras, de las cuales una se dejará como bomba de reserva. Las bombas deberán poder sumergirse en agua.

1.4.2.1.13. Inclinómetros

Los inclinómetros (uno para pendiente y otro para peralte) que permiten la medición automática de los valores de pendientes, bombeos y peraltes, deben disponer de una resolución de 0,05º.

1.4.2.1.14. Implantación en Obra

Este apartado comprende la totalidad de los trabajos preparatorios, obras auxiliares y accesos necesarios para la ejecución de los trabajos objeto del Contrato, incluyendo el mantenimiento de dichas instalaciones y accesos hasta la recepción de la obra. Incluye también las previsiones que han de tomarse para la preservación y restauración del medio ambiente local, durante y hasta la recepción de los trabajos.

Ejecución:

Obras Preparatorias:

El Contratista ejecutará los siguientes trabajos preparatorios, de acuerdo con el programa de trabajo:

Suministro y transporte al lugar del equipo principal de construcción y de todas las herramientas y utensilios requeridos.

El Contratista instalará, a su cargo, las casetas de obra necesarias para su personal, incluidos aseos necesarios, duchas, talleres, almacenes y demás instalaciones para la construcción.

Acondicionamiento de áreas de almacenamiento de materiales, áreas de estacionamiento y áreas de disposición de desperdicios.

Equipamiento de las instalaciones provisionales con sus correspondientes servicios de agua potable, instalaciones sanitarias, depuración de aguas negras, instalaciones eléctricas, comunicaciones y demás.

Retirada de equipos del lugar de trabajo una vez terminada la totalidad de la obra.

Demolición de las obras preparatorias y no permanentes que indique la Dirección de las Obras, retirada de los materiales resultantes y restauración del paisaje natural.

El Contratista deberá someter a la Dirección de Obra, para su aprobación, los posibles sitios de ubicación de las instalaciones provisionales con sus correspondientes planos detallados, programa de instalación, etc. Asimismo, deberá presentar los esquemas de funcionamiento de las plantas con indicación de sus eficiencias y capacidades.

El Contratista deberá suministra a la Dirección de Obra cualquier plano o información adicional que ésta considere necesarios con relación a las instalaciones y obras provisionales.

El Contratista deberá garantizar la calidad del agua potable, para lo cual procederá mensualmente o cuando la Dirección de Obra lo juzgue conveniente, a efectuar el análisis bacteriológico y químico del agua potable. En caso de no ser satisfactorio el resultado del análisis procederá a revisar las instalaciones y el tratamiento dado al agua y a realizar nuevos análisis, hasta la obtención de una calidad de agua adecuada.

El Contratista será responsable del suministro de energía, así como de la instalación y mantenimiento del sistema de comunicaciones.

Las instalaciones provisionales de obra serán mantenidas en perfecto estado de limpieza a lo largo de la duración de las obras. Si el contratista no cumpliera finalmente en este punto, la Propiedad puede decidir realizarlo por sus medios, propios o ajenos, deduciendo las cantidades incurridas de la siguiente certificación y facturación del contratista.

Los desechos provenientes de las instalaciones anteriormente descritas deberán ser dispuestos en las áreas de vertedero aprobadas por la Dirección de Obra.

Carreteras y Accesos:

El Contratista deberá construir y mantener aquellas vías de acceso e interiores necesarias para la realización de las obras cuyo trazado y características de sección deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra.

La construcción de estas obras no afectará al normal nivel de servicio de las carreteras y caminos de la zona. Así mismo el Contratista será responsable de la reparación de los daños que como consecuencia de las obras se produzcan en aquellas.

Equipos:

El Contratista realizará el suministro, transporte e instalación en las áreas aprobadas, de todo el equipo, herramientas y utensilios requeridos para la ejecución de los trabajos estipulados en el contrato. Al finalizar la obra retirará a su cargo el equipo utilizado.

Derecho de paso:

El Contratista proveerá de paso continuo y seguro a las personas y vehículos que utilicen los caminos y vías de comunicación afectados por las obras.

Se tomarán las medidas necesarias para evitar accidentes, empleando señales adecuadas y a satisfacción de la Dirección de Obra y de acuerdo con el plan diseñado por el Coordinador de Seguridad y Salud de las Obras.

Reparación de daños:

Durante el período de construcción el Contratista podrá utilizar las áreas de trabajo aprobadas, carreteras y áreas de estacionamiento existentes y las que él construya, con la condición de que repare, tanto durante el desarrollo de la obra, como al finalizar ésta, los daños que se ocasionen en dichas carreteras, obras anexas y en propiedades privadas, de tal manera que queden a satisfacción de la Dirección de Obra.

Demolición de obras temporales:

El Contratista al finalizar la obra, deberá demoler las obras temporales que la Dirección de Obra crea innecesarias y retirar todos los materiales resultantes a los lugares de deshecho o al lugar que indique ésta.

Medición y Abono:

Los trabajos incluidos en este apartado no serán, en general, de abono, excepto cuando así lo estipulen otros apartados del Pliego o el Presupuesto. Estos gastos necesarios se consideran incluidos en los precios de las distintas unidades de obra, dentro del porcentaje de costes indirectos y adicionales.

1.4.2.1.15. Verificación y Replanteo

Este trabajo de replanteo consiste en el conjunto de operaciones que es preciso efectuar para trasladar al terreno los datos expresados en los Planos que definen la obra, y se realizará según se especifica en el presente Pliego.

Ejecución:

El replanteo se hará en una o varias veces y siempre de acuerdo con los datos del Proyecto y según instrucciones dadas por la Propiedad. El replanteo deberá hacerse una vez limpia la zona de actuación.

El Contratista está obligado, además, a suministrar todos los útiles y elementos auxiliares necesarios para este replanteo, con inclusión de los clavos y estacas. También correrá de su cuenta el personal necesario para las mismas. El Constructor vigilará, conservará y responderá de las estacas o señales, haciéndose directamente responsable de cualquier desaparición o modificación de estos elementos, una vez aprobado el replanteo por la Propiedad.

Se determinará por cuenta del Contratista los perfiles del terreno que sean necesarios para obtener exactamente la cantidad de tierras a desmontar o a rellenar, marcándose las alineaciones y rasantes en los puntos necesarios para que, con auxilio de los Planos de detalle, pueda el Constructor realizar los trabajos con arreglo a los mismos.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Trabajos relativos a la topografía en obra: replanteo del movimiento de tierras, replanteo de edificaciones, replanteo de estructura soporte de los módulos fotovoltaicos, viales, canalizaciones, etc.

1.4.2.2. Despeje y Desbroce del Terreno

Incluye operaciones de deforestación (eliminación de plantas, tocones de árboles y arbustos con sus raíces, cepas, broza, escombros, basuras, etc.), retirada de la capa superficial de las tierras y carga, transporte y descarga en vertedero o lugar de empleo de los materiales sobrantes.

Los vertederos tendrán que ser autorizados expresamente por la Dirección Facultativa, así como por los organismos medioambientales competentes que se vean afectados por el mismo.

Ejecución:

El desbroce se ejecutará con medios mecánicos mediante motoniveladora, tractor con orugas (con bulldozer y ripper) y pala cargadora con ruedas. Para el transporte a vertedero, del material que no se incorpore como tierra vegetal, se usará camión con caja basculante.

El Contratista dispondrá las medidas de protección adecuadas para evitar que la vegetación, objetos y servicios considerados como permanentes, resulten dañados. Cuando dichos elementos resulten dañados por el Contratista, este los reemplazará con la aprobación de la Dirección Facultativa, sin costo para la Propiedad.

Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a 75 cm por debajo de la rasante de excavación.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al suelo que ha quedado al descubierto al hacer el desbroce y se compactarán hasta que la superficie se ajuste a la del terreno existente.

Los árboles susceptibles de aprovechamiento serán podados y limpiados, se manejarán de forma adecuada y se almacenarán a disposición de la Administración cuidadosamente separados de los montones que hayan de ser quemados o desechados.

La retirada de la capa de tierra vegetal en terrenos a ocupar por las obras constituye una medida fundamental en el establecimiento posterior de la vegetación, ya que dicha capa tiene incorporados nutrientes y semillas y es apta para soportar el crecimiento de las especies.

La extracción de la capa superficial de tierra vegetal de los suelos durante los movimientos de tierra se realizará en los lugares previstos, debiendo extraerse un espesor de unos 10-30 cm en función de la profundidad de esta capa.

Se manipulará la tierra cuando posea un contenido de humedad inferior al 75%, evitando siempre los días de lluvia a fin de prevenir su compactación.

Se separará la capa horizonte A o capa vegetal y horizontes subsuperficiales para que no se diluyan las cualidades de las más fértiles al mezclarse con otras con peores cualidades.

Se evitará el paso de maquinaria sobre los terrenos en que se proyecta la retirada de suelo a fin de evitar su deterioro debido a una compactación excesiva y pérdida de su estructura.

El suelo retirado será almacenado en lugar adecuado del entorno de las obras, tal como las márgenes de las superficies dedicadas a instalaciones auxiliares o en otros terrenos adecuados para su correcta conservación.

Deberán ser lo más llanos posible por razones de estabilidad y para evitar la desaparición de nutrientes, que pueden ser arrastrados por las aguas de escorrentía, y estar suficientemente drenado para no generar un ambiente reductor.

Antes de iniciar la operación de creación de los acopios, se comunicará y recabará la aprobación de la Dirección de Obra acerca de su localización y forma de realización.

Los acopios se realizarán en caballones longitudinales, de sección trapezoidal, unos 30 cm de espesor y no más de 1,5 m de altura. Se eliminarán las concavidades en la parte superior para evitar la entrada de agua de lluvia. No se compactará y se mantendrán libres de objetos extraños.

Control y Criterios de Aceptación y Rechazo:

Control de Ejecución: Dadas las características de las operaciones, el control se efectuará mediante inspección visual.

Control Geométrico: Una vez ejecutada la unidad de obra de despeje y desbroce se realizará la medición de la superficie resultante con el fin de no duplicar en ningún punto el volumen de desbroce como excavación de la explanación.

Las irregularidades deberán ser corregidas por el Contratista. Serán a su cargo, asimismo, los posibles daños al sobrepasar el área señalada.

Medición y Abono:

La unidad de despeje y desbroce, incluyendo las demoliciones necesarias, se medirá en m² medidos en proyección horizontal.

El precio incluye la limpieza y el destoconado del terreno, incluso la protección de los árboles y arbustos que deban ser protegidos, así como de los que tengan que ser trasplantados a juicio de la Dirección Facultativa, la carga, transporte a vertedero y descarga en el mismo de todos los materiales procedentes de las demoliciones y desbroce del terreno y la obtención de los permisos necesarios para el vertido del material en los vertederos autorizados. Si existen vertederos propios o acuerdos con canteras con un canon de vertido nulo, en el precio está incluido el canon de vertido si fuese necesario. Se incluyen así todos los medios, materiales, maquinaria, mano de obra y operaciones necesarias para la correcta, completa y rápida ejecución de esta unidad de obra.

Será por cuenta del Contratista la ejecución de las pistas de acceso a los tajos, el mantenimiento de los mismos, la humectación y, una vez finalizados los trabajos la remoción de los terrenos y la completa restitución de la superficie afectada a su estado inicial.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Retirada de capa de tierra vegetal realizada con medios mecánicos, con extendido de productos dentro de la propia parcela y en las zonas habilitadas para ello, incluso parte proporcional de ayuda manual y medios auxiliares (criterios constructivos según NTE-ADE-1).

1.4.2.3. Excavación

Estos trabajos incluyen todas las operaciones necesarias para la excavación de las zonas afectadas por las obras, bien sea en los desmontes, en el área de apoyo de los terraplenes donde existan materiales que sea necesario eliminar o en los préstamos que sean precisos para la elección de las tierras y con arreglo posterior de su superficie, una vez terminada su explotación.

Se denominan «préstamos previstos» aquellos que proceden de las excavaciones de préstamos indicados en el Proyecto o dispuestos por la Administración, en los que el Contratista queda exento de la obligación y responsabilidad de obtener la autorización legal, contratos y permisos, para tales excavaciones. Se denominan “préstamos autorizados” aquellos que proceden de las excavaciones de préstamos seleccionados por el Contratista y autorizados por el Director de Obra, siendo responsabilidad del Contratista la obtención de la autorización legal, contratos y permisos, para tales excavaciones.

Son de aplicación todas las recomendaciones y exigencias recogidas en el artículo 320 del PG3.

Ejecución de las Obras:

Una vez terminadas las operaciones de excavación de la tierra vegetal, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en el Proyecto, y a lo que sobre el particular ordene el Director de Obra. El Contratista deberá comunicar con suficiente antelación al Director de Obra el comienzo de cualquier excavación, y el sistema de ejecución previsto, para obtener la aprobación del mismo.

Se cumplirá, en todo caso, con lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Drenaje:

Durante las diversas etapas de construcción, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje y las cunetas, y demás elementos de desagüe, se dispondrán de modo que no se produzca erosión en los taludes.

Tierra vegetal:

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, y que no se hubiera extraído en el desbroce, se removerá de acuerdo con lo que, al respecto, se señale en el Proyecto y con lo que especifique el Director de

Obra, en concreto, en cuanto a la extensión y profundidad que debe ser retirada. Se acopiará para su utilización posterior en protección de taludes o superficies erosionables, o donde ordene el Director de Obra o indique el Proyecto.

La tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados. La retirada, acopio y disposición de la tierra vegetal se realizará cumpliendo las prescripciones del artículo 320 del PG- 3 y el lugar de acopio deberá ser aprobado por el Director de Obra.

Empleo de los productos de excavación:

Siempre que sea posible, los materiales que se obtengan de la excavación se utilizarán en la formación de rellenos y demás usos fijados en el Proyecto. No se desechará ningún material excavado sin previa autorización del Director de Obra.

Los fragmentos de roca y bolos de piedra que se obtengan de la excavación y que no vayan a ser utilizados directamente en las obras se acopiarán y emplearán, si procede, en la protección de taludes, canalizaciones de agua, defensas contra la posible erosión, o en cualquier otro uso que señale el Director de Obra.

Los materiales excavados no aprovechables se transportarán a vertedero autorizado, sin que ello dé derecho a abono independiente. Las áreas de vertedero de estos materiales serán las definidas en el Proyecto o, en su defecto, las autorizadas por el Director de Obra a propuesta del Contratista, quien deberá obtener a su costa los oportunos permisos y facilitar copia de los mismos al Director de Obra.

Préstamos y caballones:

Si se hubiese previsto o se estimase necesaria, durante la ejecución de las obras, la utilización de préstamos, el Contratista comunicará al Director de Obra, con suficiente antelación, la apertura de los citados préstamos, a fin de que se pueda medir su volumen y dimensiones sobre el terreno natural no alterado y, en el caso de préstamos autorizados, realizar los oportunos ensayos para su aprobación, si procede.

No se tomarán préstamos en la zona de apoyo de la obra, ni se sustituirán los terrenos de apoyo de la obra por materiales admisibles de peores características o que empeoren la capacidad portante de la superficie de apoyo.

Se tomarán perfiles, con cotas y mediciones, de la superficie de la zona de préstamo después del desbroce y, asimismo, después de la excavación. El Contratista no excavará más allá de las dimensiones y cotas establecidas.

Los préstamos deberán excavarse disponiendo las oportunas medidas de drenaje que impidan que se pueda acumular agua en ellos. El material inadecuado se depositará de acuerdo con lo que el Director de Obra ordene al respecto.

Los taludes de los préstamos deberán ser estables, y una vez terminada su explotación, se acondicionarán de forma que no dañen el aspecto general del paisaje. No deberán ser visibles desde cualquier punto con especial impacto paisajístico negativo, debiéndose cumplir la normativa existente respecto a su posible impacto ambiental.

El material vertido en caballones no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga sobre el terreno contiguo.

Cuando tras la excavación de la explanación aparezca suelo inadecuado en los taludes o en la explanada, el Director de Obra podrá requerir del Contratista que retire esos materiales y los substituya por material de relleno apropiado. Antes y después de la excavación y del colocado de este relleno se tomarán perfiles transversales.

Taludes:

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie e impedir cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Las zanjas que, de acuerdo con el Proyecto, deban ser ejecutadas en el pie del talud, se excavarán de forma que el terreno afectado no pierda resistencia debido a la deformación de las paredes de la zanja o a un drenaje defectuoso de ésta. La zanja se mantendrá abierta el tiempo mínimo indispensable, y el material de relleno se compactará cuidadosamente. Asimismo, se tendrá especial cuidado en limitar la longitud de la zanja abierta al mismo tiempo, a efectos de disminuir los efectos antes citados.

Se procurará dar un aspecto a las superficies finales de los taludes, tanto si se recubren con tierra vegetal como si no, que armonice en lo posible con el paisaje natural existente. En el caso de emplear gunita, se le añadirán colorantes a efectos de que su acabado armonice con el terreno circundante.

La transición de desmonte a terraplén se realizará de forma gradual, ajustando y suavizando las pendientes, y adoptándose las medidas de drenaje necesarias para evitar aporte de agua a la base del terraplén.

En el caso de que los taludes presenten desperfectos antes de la recepción definitiva de las obras, el Contratista eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las reparaciones complementarias ordenadas por el Director de Obra. Si dichos desperfectos son imputables a ejecución inadecuada o a incumplimiento de las instrucciones del Director de Obra, el Contratista será responsable de los daños y sobrecostos ocasionados.

Tolerancias de ejecución en las excavaciones:

En las explanadas excavadas para la implantación de caminos se tolerarán diferencias de cota de hasta +10 cm y -15 cm para las excavaciones realizadas en roca y en ±5 cm para las realizadas en tierra, teniendo que quedar la superficie perfectamente saneada.

Estas tolerancias son de ejecución, sin que las variaciones sobre el perfil teórico sean objeto de abono independiente.

Se deberá cumplir el PG-3 y se exigirán las tolerancias del PG-3.

Medición y Abono:

En el caso de desmonte, la excavación se medirá y abonará por m^3 medidos sobre los perfiles teóricos de la explanación señalados en el proyecto.

En el precio se incluyen los procesos de formación de los posibles caballones, el pago de cánones de ocupación, y todas las operaciones necesarias y costos asociados para la completa ejecución de la unidad. Así mismo también se incluye el perfilado de taludes, salvo que esté expresamente incluido en otra unidad y sólo para las mediciones presupuestadas.

Los préstamos no se medirán en origen, ya que su ubicación se deducirá de los correspondientes perfiles de terraplén.

Las medidas especiales para la protección superficial del talud se medirán y abonarán siguiendo el criterio establecido en el Proyecto para las unidades respectivas.

No serán de abono los excesos de excavación sobre las secciones definidas en los Planos del Proyecto, o las ordenes escritas del Director de Obra, ni los rellenos compactados que fueran precisos para reconstruir la sección ordenada o proyectada.

El Director de Obra podrá obligar al Contratista a rellenar las sobreexcavaciones, realizadas, con las especificaciones que aquel estime oportuno, no siendo esta operación de abono.

Todas las excavaciones se medirán una vez realizadas y antes de que sobre ellos se efectúe ningún tipo de relleno. En el caso de que el contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine la Dirección de obra.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Excavación para cimentación de centros de transformación, con forma cajeada, incluso perfilado del mismo, con extendido de productos dentro de la propia parcela y en las zonas habilitadas para ello.

1.4.2.4. Terraplén y Rellenos Auxiliares

Salvo prescripción será de aplicación lo estipulado en el artículo 330 del P.P.T.G. PG3.

No se permitirá la ejecución de cimentaciones en terraplenes que no estén considerados como relleno estructural.

Esta actividad consiste en la extensión y compactación, por tongadas, de los materiales cuyas características se definen en el presente Pliego.

Materiales:

La procedencia de los materiales no liberará en ningún caso al Contratista de la obligación de que estos cumplan las condiciones que se especifican en este Pliego, condiciones que habrán de comprobarse siempre, mediante los ensayos correspondientes.

La Propiedad no asume la responsabilidad de asegurar que el Contratista encuentre en el lugar de las obras los materiales adecuados en cantidad suficiente para las mismas, en el momento de su ejecución.

Los materiales procederán exclusivamente de los lugares propuestos por el Contratista, y que hayan sido previamente aprobados por la Propiedad.

La Propiedad dispondrá de 15 días de plazo para aceptar o rehusar los materiales y/o lugares de extracción. Este plazo, se contará a partir del momento en que el Contratista haya realizado y enviado muestras y ensayos donde se demuestre que los materiales cumplen como mínimo lo establecido en el Pliego PG3.

El Contratista estará obligado a eliminar, a su costa, los materiales que aparezcan durante los trabajos de explotación de las canteras, graveras o depósitos, previamente autorizados por la Propiedad, cuya calidad sea inferior a lo exigido en cada caso.

Los materiales a emplear en terraplenes y en la formación de rellenos estructurales serán suelos o materiales locales, que se obtendrán de las excavaciones realizadas en la obra o de los préstamos que autorice previamente la Propiedad.

Las condiciones que deben cumplir los suelos serán las especificadas en el Art. 330 del PG3.

El material marginal o inadecuado, no podrá utilizarse en ninguna parte de la obra.

Ejecución:

Su ejecución comprende las operaciones siguientes:

Preparación de la superficie de apoyo del relleno tipo terraplén:

Tras el desbroce, se procederá a la excavación y extracción del terreno natural en la extensión y profundidad especificada en el Proyecto.

Una vez alcanzada la cota de terreno sobre la que finalmente se apoyará el terraplén o el relleno estructural, se llevará a cabo una escarificación con la profundidad que estipule el Proyecto o la Propiedad, no debiendo ser la profundidad afectada inferior a 15 cm ni superior a 30 cm en ningún caso.

Posteriormente se compactarán los materiales escarificados, con arreglo a lo especificado en este apartado, alcanzándose una densidad igual a la exigible en la zona de obra de que se trate.

La escarificación, y su correspondiente compactación, no serán objeto de abono independiente, considerándose incluidas en la unidad de la ejecución de la capa de obra inmediatamente superior.

Extensión de las tongadas:

Se emplearán los materiales que se definen en este Pliego, que serán extendidos en tongadas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada final. El espesor de las tongadas será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Dicho espesor, en general y salvo especificación en contrario por parte de la Propiedad o del Proyecto, será de 30 cm. En todo caso, el espesor de las tongadas será de 3/2 del tamaño máximo del material a utilizar. El extendido se programará y realizará de tal forma que los materiales de cada tongada sean de características uniformes y, si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello.

Los fragmentos de roca o de bolos, tendrán un tamaño máximo de 30 cm y quedarán totalmente rodeados de material fino, tomándose todas las precauciones necesarias para impedir que existan huecos que puedan ser rellenados a lo largo de la vida de los terraplenes, por el producto de descomposición de la roca.

No se extenderá ninguna tongada mientras no se haya comprobado que la superficie subyacente cumple con las condiciones exigidas y sea autorizada su extensión por parte de la Propiedad.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las tongadas deberá tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al 4%, para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de vertidos.

En rellenos de más de 5 m de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se procederá a la construcción de caballones de tierra en los bordes de las tongadas que, ayudados por la correspondiente pendiente longitudinal, lleven las aguas hasta bajantes dispuestas para controlar las aguas de escorrentía.

Se procederá asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno, previstas en el Proyecto o indicadas por la Propiedad, frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía.

La dirección de las pendientes y las zonas de desagüe deberán ser sometidas a la aprobación de la Propiedad.

Deberá conseguirse que todo el perfil del terraplén o relleno estructural quede debidamente compactado, para lo cual se podrá dar un sobreancho a la tongada que se vierte del orden de un 1 m que permita posteriormente el acercamiento del compactador al borde, y después de la compactación, recortar el talud.

En todo caso no serán de abono estos sobreanchos.

Humectación o desecación:

En el caso de que sea preciso añadir agua para conseguir el grado de compactación previsto, se efectuará la operación humectando uniformemente los materiales, bien en las zonas de procedencia (canteras o préstamos), bien en los acopios intermedios o bien en la tongada, disponiendo los sistemas y controles adecuados para garantizar la uniformidad de la humectación.

Todas las operaciones precisas para conseguir la humedad adecuada están comprendidas en la unidad de obra correspondiente.

Compactación:

Conseguida la humedad más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Las densidades mínimas de los terraplenes y rellenos estructurales estarán en función de su ubicación.

Para terraplenes será del 95% del Proctor Modificado en el núcleo y del 100% en coronación, salvo indicación expresa en los Planos.

Los equipos de compactación deberán ser aprobados previamente por la Propiedad, la cual fijará las condiciones de utilización del equipo, con indicación específica del número mínimo de compactadores autorizados que debe utilizarse continuamente durante la ejecución de terraplenes, en función de los metros cúbicos de material extendido por hora.

En las zonas en las que, por su poca extensión, pendiente, proximidad de obras de fábrica, etc., no pueda utilizarse el equipo autorizado, se efectuará la compactación por medio de pisones manuales, neumáticos o vibratorios, hasta alcanzar el grado de compactación requerido.

El Contratista será responsable de la conservación de la estabilidad de los terraplenes hasta su recepción definitiva y deberá sustituir cualquier parte de la obra que se haya descompactado, desplazado o deteriorado

por negligencia o falta de cuidado imputables a él y también cuando los daños sean debidos a causas naturales previsibles, como precipitaciones atmosféricas o a otras causas que sean evitables y no se puedan atribuir a movimientos del subsuelo.

Los terraplenes se terminarán con terreno adecuado en las siguientes condiciones:

En las zonas en que el terreno natural sea de tipo tolerable S/G PG3, se terminará la explanada con una capa superficial de 60 cm de suelo adecuado procedente de préstamo o del sobrante de la propia obra. El extendido y compactado se realizará en dos tongadas.

En las zonas en que el terreno natural sea de tipo adecuado o seleccionado S/G PG3 y tenga el espesor mínimo que indica el PG3 para constituir una plataforma tipo E1, en principio no sería necesario el aporte de tierras de préstamo. Sin embargo, para la colocación de la red de tierras se ejecutará una excavación en zanja de 60 cm de espesor, y posteriormente se realizará el relleno de esos 60 cm con terreno adecuado, extendido y compactado en dos tongadas.

De cualquier infracción a lo dispuesto en los anteriores párrafos será único responsable el Contratista, con obligación de retirar las tierras indebidamente utilizadas o depositadas si la Propiedad lo estime necesario.

Medición y Abono:

La unidad incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, maquinaria y medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad de obra y cuantas operaciones fueran necesarias para una correcta ejecución de la unidad.

Se medirá y abonará por m³ deducidos a partir de las secciones o anchos teóricos en planta más los excesos inevitables, autorizados por el Director de Obra.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Subbase de calzada con suelo seleccionado, extendida, nivelada y compactada con rodillo autopropulsado vibrante.

1.4.2.5. Viales

La red principal de viales interiores presentará un ancho mínimo de 4 m y darán acceso a las diferentes Estaciones de Potencia que conforman la Planta, así como al área de campamento de faenas y a otros edificios como los almacenes y el Edificio de Control.

Los viales de la Planta estarán compuestos por una capa base de suelo seleccionado compactado de material para llegar a un módulo de deformación Md=800 Kg/cm² con un espesor mínimo de 0,20 m, y una capa

superficial de compactación de material para llegar a un módulo de deformación Md=1000 Kg/cm² con un espesor mínimo de 0,10 m. El trazado de los viales se diseñará considerando un radio de giro mínimo de 4 m, y respetando una distancia mínima entre las estructuras y el borde del camino de 2 m.

Respecto a los viales de acceso a la Planta Solar, se adecuarán en aquellos tramos en los que sea necesario para garantizar el paso de vehículos de carga durante la fase de obras. Se les proporcionará un ancho mínimo de 6 metros y se construirán sobreanchos en curvas para asegurar el paso de camiones y/o maquinaria.

Se define en Planos las características del trazado y todos los parámetros que le afectan.

Las calidades y características de los materiales a emplear en ejecución de los accesos vienen definidos en el apartado 1.4.2.1 (Materiales Básicos) del presente Pliego.

Ejecución:

Los terraplenes y las excavaciones se harán de acuerdo con lo especificado en los apartados correspondientes: apartados 1.4.2.3 y 1.4.2.4.

Se procederá al extendido de las tongadas con los espesores necesarios, de cara a conseguir el espesor final indicado, con las tolerancias que le sean aceptables según el PG3 vigente y no presentando desviaciones sobre las cotas definitivas mayores de 3 cm, para lo cual se nivelará, previamente a la extensión, cada 10 m, comprobándose posteriormente las cotas obtenidas, en los mismos puntos. Todos estos trabajos se realizarán durante la fase de Movimiento de Tierras.

Posteriormente, durante la fase de Obra Civil, se ejecutarán el resto de los paquetes que forman el firme, de forma que se extenderá una capa de zahorra artificial, de 5 cm de espesor, compactada.

Una vez conseguida la humectación conveniente, deducida de los pertinentes ensayos, se procederá a la compactación.

Medición:

Tanto el desmonte como el terraplén necesario para la ejecución del vial, que comprende la fase de Movimiento de Tierras, se medirán por m³ totalmente acabado.

La capa de zahorra artificial, que comprende la fase de Movimiento de Tierras, se medirá por m² totalmente acabada.

La unidad incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, maquinaria y medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad de obra, y cuantas operaciones fueran necesarias para una correcta ejecución de la unidad.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Base de zahorra artificial en viales: extendida, nivelada y compactada con rodillo autopropulsado vibrante.

Acondicionamiento de vial de acceso al finalizar la obra. Reparando de posibles daños tras el paso de transportes pesados.

1.4.2.6. Drenaje Superficial

De acuerdo con lo que disponga el Estudio Hidrológico del emplazamiento, la Planta podrá contar con un sistema de drenaje que permita evacuar, controlar, conducir y filtrar todas las aguas pluviales hacia los drenajes naturales del área ocupada por la Instalación.

El sistema de drenaje estará compuesto por una red de cunetas longitudinales en los viales de la Instalación Fotovoltaica donde se considere necesario, que captarán el agua de escorrentía y la conducirán hacía los puntos de menor cota. Se deberá asegurar que el sistema de drenaje da continuidad al drenaje natural del terreno.

1.4.2.6.1. Cuneta Triangular

Se refiere esta unidad a las cunetas sin revestir incluidas en la sección transversal de desmontes y que, por tanto, se han medido en la unidad de excavación.

Ejecución:

Las cunetas se perfilarán de acuerdo con las dimensiones indicadas. En caso de aprovechar una cuneta existente se procederá a su limpieza y un reperfilado de los materiales para conseguir las dimensiones y pendientes reflejadas.

La excavación se realizará, en lo posible, de aguas abajo hacia aguas arriba y, en cualquier caso, se mantendrá con la nivelación y pendiente tales que no produzca retenciones de agua ni encharcamientos.

Cuando el terreno natural en el que se realice la excavación no cumpla la condición de suelo tolerable, podrá ser necesario, a juicio de La Propiedad, colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el artículo 330, del PG-3, de más de 10 cm convenientemente nivelada y compactada.

Durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar erosiones. Se cuidará la terminación de las superficies.

Medición y Abono:

La cuneta sin revestir ejecutada en obra se medirá por m totalmente acabado.

La unidad incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, maquinaria y medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad de obra, y cuantas operaciones fueran necesarias para una correcta ejecución de la unidad.

Se considera incluido en la unidad, en todos los casos, la retirada de los productos sobrantes de la ejecución y su transporte a lugar de vertedero.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Formación de cuneta de tierra, taludes y transporte de productos sobrantes a vertedero.

1.4.2.6.2. Caños y Pasos Salvacunetas

Se entiende como caños, los pasos transversales bajo la calzada para el drenaje transversal. Se llevan a cabo mediante tubos de hormigón armado o vibro-prensado reforzados con hormigón en masa.

Se entiende por pasos salvacunetas, los restablecimientos de los accesos a fincas y caminos, permitiendo a la vez la circulación de las aguas por las cunetas y la facilitación para su evacuación.

Estas actividades de obra incluyen las siguientes operaciones:

Nivelación y replanteo.

La demolición de firmes, pavimentos y en el caso de pasos salvacunetas la demolición de los existentes.

La excavación de la zanja.

La cama de hormigón en asiento de la conducción.

El refuerzo con hormigón.

El suministro, nivelación y colocación de la tubería.

Las pruebas sobre la funcionalidad de la conducción.

El relleno con zahorra artificial, compactación y perfilado de la superficie resultante.

Cuantas operaciones fueran necesarias para una correcta ejecución de la unidad.

Materiales:

Los tubos para los pasos salvacunetas serán de hormigón en masa, fabricados mecánicamente por vibro-prensado, de CLASE 3 según la Norma ASTM C-14-M. La resistencia característica a la compresión del hormigón no será inferior a 27.5 N/mm2 a los veintiocho días, en probeta cilíndrica. La longitud de los tubos será de 2 m.

Los tubos para los caños serán de hormigón armado de diámetro nominal 800 mm, de CLASE III según la norma ASTM C-76-M (valor mínimo de la carga de rotura por aplastamiento: 5200 Kp/cm2). Se fabricarán mecánicamente por un procedimiento que asegure una elevada compacidad del hormigón. Deberá disponer de armaduras longitudinales continuas y espiras o cercos circulares soldados. El recubrimiento de las armaduras por el hormigón será de al menos 2 cm. No se permitirán longitudes de los tubos inferiores a 2 m.

El hormigón de asiento y refuerzo de los tubos será del tipo HM-20 y sus características se regularán por lo especificado en el artículo referente a hormigones de este Pliego. El relleno posterior se realizará con zahorra artificial con las características indicadas en el artículo correspondiente de este Pliego.

Ejecución:

La colocación de los tubos se realizará contrapendiente. Antes del encastre definitivo y del sellado de juntas se comprobará la correcta colocación y alineación.

Se realizará una zanja perpendicularmente a la carretera principal de acceso de dimensiones adecuadas para colocar la obra de drenaje transversal.

La ejecución de las excavaciones se adaptará a lo indicado en el artículo correspondiente a excavaciones del presente pliego.

Para la formación de la base de caños y pasos salvacunetas se preparará el terreno natural del lecho de la zanja. Posteriormente se ejecutará una cama de hormigón a todo lo ancho de la zanja para el correcto asiento de los tubos con sus juntas. Una vez preparado el asiento, se procederá a la colocación de los tubos, en sentido ascendente, con una pendiente aproximada del 0,5%, cuidando su perfecta alineación y pendiente.

Los tubos se revisarán minuciosamente, rechazando los que presenten desperfectos.

La colocación se efectuará con los medios adecuados, realizándose el descenso al fondo de la zanja mediante grúa o brazo de retroexcavadora, de ninguna manera mediante rodadura o lanzamiento, quedando totalmente prohibido el descenso manual. En todo caso se evitarán daños en los tubos por golpes o mala sujeción.

Se preverá y cuidará la inmovilidad de los tubos durante la operación de relleno. Una vez instalada la tubería se procederá a ejecutar el refuerzo de hormigón con el espesor indicado. Se deberá asegurar mediante

vibrado el relleno completo del espacio comprendido entre la tubería, la solera y el talud de la zanja. El hormigón utilizado tendrá un cono de Abrams comprendido entre 6 y 8 cm. El vertido en la zona de clave y hastiales se hará hasta conformar la especificación y se realizará con hormigón de consistencia comprendida entre 4 y 6 cm, pudiéndose picar con barra.

Una vez reforzada la tubería se iniciará el relleno con zahorra artificial por encima del refuerzo si fuera necesario, procediéndose seguidamente, a la compactación mediante plancha vibrante. Se seguirá con el relleno hasta la cota de definición con el mismo material, procediéndose mediante tongada que no excedan de 0,40 m, debiéndose obtener una compactación igual o superior al 100% del Proctor Normal según la norma NLT 107/76.

Dado que por encima de los caños deben transitar los vehículos pesados de los transportes especiales, se pondrá especial cuidado en asegurar que el recubrimiento de hormigón en masa es el indicado, independientemente del espesor de firme de hormigón en masa mencionado más arriba.

El Contratista deberá asegurarse que el extremo de desagüe no está por debajo del nivel del terreno. Si eso ocurriera, el Contratista deberá reducir la pendiente del tubo, con la autorización previa de la Propiedad.

Medición:

La medición de los caños y pasos salvacunetas se realizará por m totalmente acabado, incluyendo todas las operaciones señaladas en el primer apartado de este artículo, y cuantas operaciones fueran necesarias para una correcta ejecución de la unidad.

La unidad incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, maquinaria y medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad de obra.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Tubería de hormigón poroso, asentada sobre cama de hormigón, con ayuda de maquinaria auxiliar (grúa autocamión o pala retroexcavadora), incluso medios auxiliares y comprobación de niveles, sin incluir excavación ni relleno de grava filtrante (Criterios de diseño y montaje según CTE/DB-HS-5).

1.4.2.6.3. Badén de Hormigón

En caso de que los cauces sean muy poco pronunciados o el desnivel del terreno sea insuficiente para permitir la instalación de tubos como ODT, se recurrirá a la ejecución de vados hormigonados (HA-20), protegiendo el camino de la socavación y restituyendo el flujo natural del agua.

Los badenes son depresiones en el perfil del vial que permiten el paso de vehículos. Una desventaja del badén es que por lo general implica una reducción en la velocidad de los vehículos que pasan por dicha

estructura. La mayor ventaja es que permite el paso de material de arrastre que trae el curso del agua, particularmente si este es de gran tamaño. El badén debe tener una longitud aproximadamente igual al ancho del cauce, de manera que la topografía natural se altere mínimamente.

Así mismo el perfil de la vía debe mantener una transición suave y se deben instalar señales que prevengan al conductor de la existencia de un badén para evitar el transito durante lluvias muy intensas y cuando la vía se encuentre seca, los vehículos no salten debido al cambio brusco de pendiente en los extremos del badén.

Es importante proteger el cauce aguas debajo de los mismos debido a que se puede producir erosión regresiva que termina destruyendo el camino.

Medición y Abono:

La unidad incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, maquinaria y medios auxiliares necesarios para la ejecución de la unidad de obra.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Baden de hormigón armado, incluyendo: excavación, hormigón de limpieza, armado con acero, redondos, fratasado manualmente, incluso curado. totalmente terminado.

1.4.2.7. Cerramiento Perimetral

Se construirá un cerramiento a lo largo de todo el perímetro de la Planta y este consistirá en la instalación de una valla de cerramiento con malla metálica anudada galvanizada para impedir el acceso no controlado de vehículos, peatones y animales.

Los detalles, la ubicación y dimensiones del cerramiento se definen en el documento de Planos de este Proyecto.

Materiales:

Se instalará un cerramiento cinegético de malla metálica anudada galvanizada tipo 200-17-30 de forma que el cerramiento perimetral sea único para proteger la integridad de la planta frente a accesos no autorizados. El cerramiento tendrá una altura de 2 m y el ancho de los huecos será de 0,30 m.

Adicionalmente, se valorará la posibilidad de utilizar pantallas vegetales a lo largo de todo el perímetro de planta con objeto de reducir su posible impacto visual.

El vallado perimetral será permeable a la fauna y especialmente a especies que puedan favorecer el control natural de conejos, dejando un espacio libre desde el suelo de, al menos, 20 cm y con cuadrados inferiores

de tamaño mínimo de 300 cm^2. Para hacerlo visible a la avifauna, se instalarán en disposición vertical tramos de fleje visualizador (revestido con alta tenacidad) y separación de 1 metro entre ellos a lo largo de todo el recorrido del vallado, o bien, se instalarán placas metálicas o de plástico de 25 cm x 25 cm.

La malla irá fijada sobre postes tubulares de acero galvanizado colocados cada 3 m. Adicionalmente se incluirán cada 45 m, es decir cada 15 postes tubulares verticales, unos postes tubulares que servirán de refuerzo de unos 2 m de longitud y una inclinación de 60º. La instalación de los postes tubulares se realizará mediante hincado directo o dados de 300x300x400 mm de HM-20.

Carpintería Metálica:

La carpintería de aluminio estará formada por perfiles extrusionados, de eje rectilíneo, sin alabeos ni rebabas, de espesor mínimo 1,5 mm.

Las hojas de puertas están formadas por perfiles descritos y tapado del hueco formado por chapa de aluminio de espesor mínimo 1,5 mm, no presentando alabeos, grietas ni deformaciones, y sus ejes serán rectilíneos.

Los junquillos serán de aleación de aluminio de 1 mm de espesor mínimo. Se colocarán a presión en el propio perfil y en toda su longitud.

Las uniones entre perfiles se harán por medio de escuadras interiores, unidas a los perfiles por tornillos, remaches o ensamble a presión. Los ejes de los perfiles se encontrarán en un mismo plano y sus encuentros formarán ángulo recto.

Ejecución:

Comprenderán los siguientes trabajos:

Excavación para cimientos de postes. Los hoyos se centrarán a lo largo de la línea de la valla.

En todos los extremos se colocará poste principal de extremo, arriostrado. En los ángulos menores de 145°, se colocarán postes principales de ángulo, arriostrados. Además, en todos los cambios de alineaciones, tanto verticales como horizontales (mayores de 145°), se colocará poste principal de centro.

En todos los postes principales, tanto de centro como de ángulo, los extremos de los alambres horizontales quedarán rígidamente fijados al poste, de forma que impida absolutamente la extracción del alambre. En los postes intermedios los alambres no tienen extremo, sino que se fijan al poste mediante atado con grapas galvanizadas o inoxidables que se fijan rígidamente a las pletinas de acero soldadas al poste.

La malla deberá tener la misma tensión en todos los postes y no presentar zonas abombadas ni deterioradas por un montaje defectuoso.

Medición y Abono:

Se medirán por metros (m) realmente ejecutados, siempre según la definición de Planos o las indicaciones de la Dirección Facultativa.

El precio incluye la excavación necesaria para el emplazamiento de los cerramientos, su cimentación, el suministro, colocación y empleo de todos los materiales, tanto para la cimentación como para los postes, mallas y la puerta de acceso, así como accesorios de atado, tensado, anclaje y arriostramiento, incluso en aquellos postes que, por razones de cambio de alineación o de interrupción de la valla, fuera necesario arriostrar de modo especial. Igualmente incluye los tratamientos anticorrosivos, y pintado, así como cualquier trabajo, maquinaria o elemento auxiliar necesario para la correcta y rápida ejecución de estas unidades de obra.

El precio también incluye extendido "in situ" de los materiales procedentes de la excavación necesaria en cimiento de postes del cerramiento.

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Cerramiento de valla perimetral para proteger la integridad de la Planta frente a accesos no autorizados. Incluida cimentación de postes.

Puerta metálica automática, dotada de teleportero que permita su operación desde la consola de control del sistema de seguridad.

1.4.2.8. Excavación en Zanjas

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para abrir zanjas y pozos. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, entibación, posibles agotamientos, nivelación y evacuación del terreno, y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

Las zanjas terminadas tendrán la rasante y anchura exigida en los Planos, salvo modificaciones que determine la Propiedad de modo justificado.

Ejecución de las Obras:

El Contratista notificará al Director de Obra, con la antelación suficiente, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que éste pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación no se modificará ni removerá sin autorización del Director de Obra.

Una vez efectuado el replanteo de las zanjas o pozos, el Director de Obra autorizará la iniciación de las obras de excavación. La excavación continuará hasta llegar a la profundidad señalada en el Proyecto y obtenerse

una superficie firme y limpia a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, el Director de Obra podrá modificar tal profundidad si, a la vista de las condiciones del terreno, lo estima necesario a fin de asegurar una cimentación satisfactoria.

Se vigilarán con detalle las franjas que bordean la excavación, especialmente si en su interior se realizan trabajos que exijan la presencia de personas.

También estará obligado el Contratista a efectuar la excavación de material inadecuado para la cimentación, y su sustitución por material apropiado, siempre que se lo ordene el Director de Obra.

Se tomarán las precauciones necesarias para impedir la degradación del terreno de fondo de excavación en el intervalo de tiempo que medie entre la excavación y la ejecución de la cimentación u obra de que se trate.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Durante el tiempo que permanezcan abiertos, el Contratista establecerá señales de peligro, especialmente por la noche.

En aquellos casos en que se hayan previsto excavaciones con entibación, el Contratista podrá proponer al Director de Obra efectuarlas sin ella, explicando y justificando de manera exhaustiva las razones que apoyen su propuesta. El Director de Obra podrá autorizar tal modificación, sin que ello suponga responsabilidad subsidiaria alguna. Si en el Contrato no figurasen excavaciones con entibación y el Director de Obra, por razones de seguridad, estimase conveniente que las excavaciones se ejecuten con ella, podrá ordenar al Contratista la utilización de entibaciones, sin considerarse esta operación de abono independiente.

Las entibaciones no se levantarán sin orden expresa del Director de Obra, y se elevará como mínimo 5 cm por encima de la línea del terreno o de la franja protectora.

Control:

Se inicia con el control del desbroce del terreno y los trabajos de replanteo de la zanja. A continuación, se irá controlando durante la excavación, la calidad de los productos obtenidos y el acopio, o su retiro para transporte a vertedero o para préstamo según sea el caso.

Cuando se llega al fondo de la zanja, debe comprobarse la cota de fondo y los taludes; se controla la ejecución de la cama de asiento si fuese necesaria.

En último término, se controla el relleno de la zanja y la compactación de este. Se aplicará el análisis granulométrico (UNE 103102) y Proctor modificado (UNE 103501).

Medición y Abono:

El precio de la excavación de la zanja está incluido en el precio de canalizaciones eléctricas, se considerarán incluidos todos los medios necesarios para su instalación definitiva: mano de obra, medios auxiliares, suministro, instalación, etc.

1.4.2.9. Canalización Eléctrica

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, en bandeja o soporte de bandeja, según se indique en la Memoria y los Planos.

1.4.2.9.1. Bandejas

Materiales:

Para conductores aislados en bandeja sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460- 5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión.

La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de 2 m. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc., tendrán la misma calidad que la bandeja.

Ejecución:

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a la estructura, techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales. No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Suministro e instalación de bandeja portacables metálica.

1.4.2.9.2. Tubos

El tubo a emplear en las canalizaciones subterráneas será de tipo corrugado, curvable y estará fabricado con polietileno u otro material que en su composición no contenga prácticamente ninguno de los elementos siguientes: metales pesados, halógenos e hidrocarburos volátiles.

La superficie interior deberá resultar lisa al tacto, si bien se admitirán ligeras ondulaciones propias del proceso de extrusión.

La superficie exterior corrugada será uniforme y no presentará deformaciones acusadas, estando coloreada en el proceso de extrusión y no pintado por imprimación.

No se admitirán superficies con burbujas, rayas longitudinales profundas, quemaduras ni poros.

Las características mecánicas que deben cumplir los tubos son las siguientes:

Radio de curvatura: en cada caso será especificado por el fabricante.

Resistencia de compresión: superior a 450 N, para una deflexión del 5%.

Resistencia al impacto según la siguiente tabla:

Dimensión Exterior del tubo (mm)	Masa del Martillo (kg) +1/0%	Altura de Caída (mm) +0/1%
De 61 a 90	5	400
De 91 a 140		570
Mayor de 140		800

En cuanto a las temperaturas de diseño de los tubos, deberán cumplir los siguientes requisitos:

Temperatura de utilización en régimen permanente: - 5ºC a 90ºC

Temperatura de reblandecimiento VICAT: ³ 126ºC

Los tubos serán suministrados en rollos y deberán marcarse a intervalos regulares, no superiores a 3 m, con las siguientes marcas:

El nombre del fabricante o marca de fábrica.

Indicación del material (PE, etc.).

Tipo de tubo N (uso normal).

Año de fabricación.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086-2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm.

En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en las normativas de BT y AT, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Ejecución de las Obras:

En las operaciones de carga y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer, se evitará dejarlos rodar sobre piedras y, en general se tomarán las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia.

La superficie de almacenamiento será plana. El terreno no ha de ser pantanoso ni inestable y no contendrá residuos corrosivos.

Se almacenarán los tubos, según el diámetro, en su pila respectiva, siguiendo un plan racional de almacenamiento. Se realizará lo mismo para las piezas especiales y accesorios.

Se recomienda siempre reducir al máximo el tiempo de almacenamiento, aunque sólo sea por preservar los revestimientos de los perjuicios de la intemperie y la acción prolongada del sol.

Se realizará el corte de los tubos en un plano ortogonal a las generatrices del tubo.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 50 m. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujeta. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 m. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2%.

Medición y Abono:

El precio de los tubos está incluido en el precio de zanjas para canalizaciones eléctricas.

Se considerarán incluidos todos los medios necesarios para su instalación definitiva: mano de obra, medios auxiliares, suministro, instalación, etc.

Se considera la instalación de tubos en todos los pasos hormigonados, acceso a Centros de Transformación, cruces de caminos y carreteras, etc.

1.4.2.10. Cinta de Señalización de Cables Enterrados

La cinta para señalización subterránea de cable enterrado será de polietileno y se ajustará a la Recomendación Unesa RU 0205B: Señalización subterránea de cables enterrados y a la norma UNE 48103.

La cinta llevará una impresión indeleble, por una cara, con las siguientes indicaciones que serán proporcionales al ancho de la cinta:

Color Amarillo Naranja Vivo

Anchura 15 ± 0,5 cm

Espesor 0,1 ± 0,01 cm

Lado Triángulo 10,5 ± 0,3 cm

Ejecución de las Obras:

Se instalarán cintas de señalización en todas las canalizaciones subterráneas, según número y disposición que se indique, dependiendo del tipo de zanja.

Ensayos y Pruebas:

Las cintas a instalar deberán cumplir con lo establecido en la RU-0205B.

Medición y Abono:

El precio de las cintas está incluido en el precio de zanjas para canalizaciones eléctricas, se considerarán incluidos todos los medios necesarios para su instalación definitiva: mano de obra, medios auxiliares, suministro, instalación, etc.

1.4.2.11. Criterios de Aceptación y Rechazo

1.4.2.11.1. Generalidades

De manera general será motivo de rechazo todos aquellos materiales, equipos y/o procedimientos de ejecución que no cumplan lo marcado en el Código Estructural, Pliego de Condiciones Generales PG-3 y normas UNE que sean de aplicación.

De manera general, será motivo de rechazo todos aquellos materiales, equipos y/o procedimientos de ejecución que no cumplan lo marcado en la presente especificación y aquellas otras especificaciones que sean de aplicación en el Proyecto.

La Dirección Facultativa será la que tenga la potestad de adoptar un criterio de aceptación o rechazo en aquellos casos no especificados o que sean caso de duda.

1.4.2.11.2. Hormigones

Los criterios de aceptación y rechazo se regirán por lo dispuesto en este Pliego o en la documentación de Proyecto.

1.4.2.11.3. Armaduras de Acero

Los criterios de aceptación y rechazo se regirán por lo dispuesto en este Pliego o en la documentación de Proyecto.

1.4.2.11.4. Excavaciones

No se aceptarán las siguientes condiciones de acabado y ejecución:

Profundidad de excavación inferior a la especificada.

Dimensiones geométricas inferior a la especificada.

Alineación de la excavación incorrecta.

Pendientes de la excavación diferente a lo especificado.

Presencia de grandes raíces y excesiva cantidad de materia orgánica.

1.4.2.11.5. Excavación y Relleno de Zanjas

No se aceptarán las siguientes condiciones de acabado y ejecución:

Zanjas que no se hayan hecho conforme al trazado replanteado.

Zanjas de dimensiones no conforme a lo especificado.

Rellenos con presencia de agua en las zanjas.

Rellenos por debajo de la cota de relleno especificada.

Ausencia y espesor de rellenos de hormigón cuando sea prescrito.

Hormigones de relleno que no sean HM-20

Ensayo menor al 95% del ensayo Proctor de referencia.

1.4.2.11.6. Explanada

No se aceptarán las siguientes condiciones de acabado:

Suelos que no cumplen los requisitos de los suelos a emplear según lo prescrito en la presente especificación.

El espesor de cada tipo de suelo no variará más de 15 mm de lo especificado.

Espesores de tongadas mayores de las especificadas.

Anchura de explanada no variará en más de 1% de la especificada.

Existencia de zonas donde se pueda acumular agua en la explanada.

Contenido de materia orgánica mayor del 5%.

Ensayo Proctor menor al 95% del ensayo Proctor de referencia.

Humedad tras compactación fuera de rango entre -2% y +1% del ensayo Proctor de referencia.

1.4.2.11.7. Secciones de Firme

No se aceptarán las siguientes condiciones de acabado y ejecución:

Carencia de certificado acreditativo de calidad del material según PG-3.

Materiales de zahorra que no cumplan los requisitos de material especificados.

No se aceptará espesores de firme inferiores a lo especificado en Proyecto.

Espesores de tongadas mayores de las especificadas.

Anchura de explanada no variará en más de 1% de la especificada.

Pendiente transversal inferior al 2% y mayor de lo especificado.

Existencia de zonas donde se pueda acumular agua en la explanada.

Ensayo Proctor menor al 95% del ensayo Proctor de referencia.

1.4.2.11.8. Drenajes

No se aceptarán las siguientes condiciones de acabado y ejecución:

Carencia de certificado acreditativo de calidad del material según PG-3.

Partidas que no cumplan los ensayos de resistencia.

Tubos de dimensiones exteriores e interiores no especificadas.

Grietas, roturas, irregularidades y defectos en general en los tubos.

Pendientes que no cumplen con lo especificado.

Colocación de tubos sin solera de hormigón.

Dimensiones, anchura y profundidad que no cumplan con lo especificado.

Ausencia de revestimiento de hormigón cuando se prescriba.

Espesores revestimiento de hormigón inferiores a los prescritos.

Cotas incorrectas a las especificadas.

Zonas donde se acumule agua.

1.4.2.12. Puntos de Inspección

El programa de puntos de inspección se desarrollará con el control de los siguientes elementos:

Replanteo inicial del desbroce.

Control geométrico del desbroce.

Control geométrico de la Excavación.

Ensayo de granulometría para clasificación de suelos.

Explanada, control geométrico.

Control geométrico de la Explanada.

Ensayos compactación de la Explanada.

Certificado calidad material del firme.

Control geométrico y rasante del firme.

Ensayo de compactación del firme.

Ensayo humedad y densidad del firme.

Control geométrico de las cunetas.

Control de las pendientes de los taludes.

Certificados de calidad de los elementos prefabricados.

Pasos salvacunetas: dimensiones y pendientes de tubos.

Drenaje transversal: dimensiones, cotas y pendientes.

1.4.2.13. Control Medioambiental

Se realizará por el contratista un Programa de Vigilancia Medio Ambiental para la ejecución de los trabajos. Dicho Plan, será presentado a la Dirección Facultativa para su aprobación. Dicho Plan contendrá como contenidos mínimos:

Estado descriptivo del terreno previo al inicio de las obras.

Descripción de las obras a ejecutar.

Descripción de los equipos a utilizar.

Medidas preventivas y correctores descritas en la Declaración de Impacto Ambiental.

Actuaciones protectoras y preventivas durante la fase de construcción:

Limitación de paso de vehículos. Balizamientos.

Control de las emisiones de polvo y partículas.

Gestión de la tierra vegetal procedente de los desbroces y excavaciones.

Control de residuos y vertidos a cauces.

Respeto de los elementos arbolados.

Emplazamientos especiales para almacenamiento y acopio de materiales

Control y seguimiento:

Responsabilidades. Persona designada por el contratista.

Registros.

Cumplimiento de las medidas de la Declaración de Impacto Ambiental

Informes periódicos. Quincenales.

Control arqueológico.

Responsabilidades. Persona designada por el contratista.

Registros.

Cumplimiento de las medidas de la Dirección General de Patrimonio.

Informes periódicos. Quincenales

1.4.2.14. Normativa

Norma 3.1-IC. Trazado.

Norma 5.1-IC. Drenaje.

Norma 5.2-IC. Drenaje superficial.

Norma 6.1-IC. Secciones de firme.

NCSP-07. Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes.

O.C. 11/02 Sobre criterios a tener en cuenta en el proyecto y construcción de puentes con elementos prefabricados de hormigón estructural.

O.C. 306/89 Sobre caminos y vías de servicio y accesos a áreas y zonas de servicio.

Pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes, PG-3.

Código Estructural, aprobado por el RD 470/2021.

Pliego General de condiciones para la recepción de cementos RC-03.

Eurocódigo 7, Estudio Geotécnico. Marzo 1999.

Norma Básica de la Edificación NBA EA-95, Estructuras en acero (RD 1829/1995)

Norma Básica de la Edificación NBE AE-88 Acciones en la edificación (RD 1370/1088)

NCSE-94: Norma de construcción Sismorresistente. Parte General y Edificación.

Código Técnico de la Edificación, aprobado por RD (1371/2007)

Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

Ley 54/2003 Reforma del Marcado Normativo de PRL.

Ley 16/2002 de 1 de Julio de Prevención y Control Integrado de la Contaminación.

RD 1627/1997, por el que establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de la construcción.

UNE-ENV 1992-1-6:1996. EUROCÓDIGO 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-6: Reglas Generales. Estructuras de hormigón en masa

UNE-ENV 1992-3:2000. EUROCÓDIGO 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 3: Cimentaciones de hormigón.

UNE-ENV 1992-2:1997. EUROCÓDIGO 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón.

UNE-ENV 1992-1-3:1995. EUROCÓDIGO 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-3: Reglas Generales. Elementos y estructuras prefabricados de hormigón.

UNE 0303-2:2001. Cementos con características adicionales. Parte 2: Cementos resistentes al agua de mar

UNE 6832:1997. Especificaciones para la ejecución de uniones soldadas de barras para hormigón estructural

UNE 7130:1958. Determinación del contenido total de sustancias solubles en aguas para amasado de hormigones

UNE 7131:1958. Determinación del contenido total de sulfatos en aguas de amasado para morteros y hormigones

UNE 7132:1958. Determinación cualitativa de hidratos de carbono en aguas de amasado para morteros y hormigones

UNE 7133:1958. Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones

UNE 7134:1958. Determinación de partículas blandas en áridos gruesos para hormigones

UNE 7178:1960. Determinación de los cloruros contenidos en el agua utilizada para la fabricación de morteros y hormigones

UNE 7234:1971. Determinación de la acidez de aguas destinadas al amasado de morteros y hormigones, expresada por su pH

UNE 7235:1971. Determinación de los aceites y grasas contenidos en el agua de amasado de morteros y hormigones

UNE 7236:1971. Toma de muestras para análisis químico de las aguas destinadas al amasado de morteros y hormigones

UNE 13225:2005. Productos prefabricados de hormigón. Elementos estructurales lineales.

UNE 23727:1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en construcción.

UNE 36094:1997. Alambre y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado

UNE 36094:1997. Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado

UNE 41184:1990. Sistema de pretensado para armaduras postensas, definiciones, características y ensayos.

UNE 53981:1998. Plásticos. Bovedillas de poliestireno expandido (EPS) para forjados unidireccionales con viguetas prefabricadas

UNE 80217:1991. Métodos de ensayos de cemento. Determinación del contenido de cloruros, dióxido de carbono y alcalinos en los cementos

UNE 80307:2001. Cementos para usos especiales

UNE 80310:1996. Cementos de aluminato de calcio

UNE 83115:1998. Áridos para hormigones. Medida del coeficiente de friabilidad de las arenas.

UNE 83414:1990-EX. Adiciones del hormigón. Ceniza volante. Recomendaciones generales para la adición de cenizas volantes a los hormigones.

UNE 83460-2:2005. Adiciones al hormigón. Humo de sílice. Parte 2. Recomendaciones generales para la utilización del humo de sílice.

UNE 112010:1994. Corrosión en armaduras. Determinación de cloruros en hormigones endurecidos y puestos en servicio.

UNE 112011:1994. Corrosión en armaduras. Determinación de la profundidad de carbonatación en hormigones endurecidos y puestos en servicio.

UNE 146507-2:1999-EX. Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico parte 2. Determinación de la reactividad álcali-carbonato.

UNE 146508:1999-EX. Ensayo de áridos. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice y álcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero.

UNE 146509:1999-EX. Determinación de la reactividad potencial de los áridos co n los alcalinos. Método de los prismas de hormigón.

UNE 146901-1-M:2004. Áridos designación

UNE-EN 196-1:2005. Método de ensayo de cementos. Parte 1. Determinación de resistencias mecánicas.

UNE-EN 196-2:1996. Queda anulada por UNE-EN 196-2:2006

UNE-EN 196-2:2006. Métodos de ensayos de cemento. Parte 2. Análisis químico de cementos.

UNE-EN 196-3:2005. Método de ensayo de cementos. Parte 3. Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.

UNE-EN 197-1-2000/A1:2005. Cemento. Parte 1. Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes

UNE-EN 197-4:2005. Cemento. Parte 4. Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos de escorias de horno alto de baja resistencia.

UNE-EN 287-1:2004. Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1. Aceros.

UNE-EN 445:1996. Lechadas para tendones de pretensado: Métodos de ensayo

UNE-EN 447:1996. Lechadas para tendones de pretensado. Especificaciones para lechadas corrientes.

UNE-EN 450:1995. Cenizas volantes para hormigón. Definiciones, especificaciones y control de calidad.

UNE-EN 450:2006. Cenizas volantes para hormigón. Parte 1. Definiciones, especificaciones y control de calidad.

UNE-EN 451-1:2006. Método de ensayo de cenizas volantes. Parte 1. Determinación del contenido de óxido de calcio libre.

UNE-EN 451-2:1995. Método de ensayo de cenizas volantes. Parte 2. Determinación de la finura por tamizado en húmedo.

UNE-EN 523:1997. Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Terminología, requisitos, control de calidad.

UNE-EN 524:1997. Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo.

UNE-EN 933-1:1998. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1. Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.

UNE-EN 933-2:1996. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2. Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo. Tamaño normal de las aberturas.

UNE-EN 933-3:1997. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3. Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.

UNE-EN 933-4:2000. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 4. Determinación de la forma de las partículas.

UNE-EN 933-8:2000. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8. Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-8:2000. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte. Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.

UNE-EN 933-9:1999. Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9. Evaluación de los finos. Ensayo azul de metileno.

UNE-EN 934-6:2002. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 6. Toma de muestras, control y evaluación de la conformidad.

UNE-EN 934-6:2002. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 6. Toma de muestras, control y evaluación de la conformidad.

UNE-EN 934-2-2002/A1:2005. Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2. Aditivos para hormigones. Definiciones. Requisitos. Conformidad. Marcado y etiquetado.

UNE-EN 1015-11:2000. Método de ensayo de morteros para la albañilería. Parte 11. Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.

UNE-EN 1097-2:1999. Ensayo para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2. Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.

UNE-EN 1097-2:1999. Técnica del vacío. Símbolos gráficos.

UNE-EN 1097-6:2001. Ensayo para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6. Determinación de la densidad de partículas y absorción de aguas.

UNE-EN 1363-1:2000. Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 1367-2:1999. Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Ensayo de sulfato de magnesio.

UNE-EN 1520:2003. Componentes prefabricados de hormigón armado de áridos ligeros con estructura abierta.

UNE-EN 1542:2000. Productos y sistemas para la protección y preparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayos. Determinación de la adhesión por tracción directa.

UNE-EN 1744-1:1999. Ensayo para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1. Análisis químico.

UNE-EN 1770:1999. Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón Métodos de ensayos. Determinación del coeficiente de dilatación térmica.

UNE-EN 1990:2003. Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras.

UNE-EN 1991-1-2:2004. Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-2. Acciones Generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego.

UNE-EN 10002-1:2002. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 1. Método de ensayo a temperatura ambiente.

UNE-EN 10080:2006. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.

UNE-EN 12350-1:2006. Ensayos de hormigón fresco. Parte 1. Toma de muestras.

UNE-EN 12350-2:2006. Ensayos de hormigón fresco. Parte 2. Ensayo de asentamiento.

UNE-EN 12350-3:2006. Ensayos de hormigón fresco. Parte 3. Ensayo Vebe.

UNE-EN 12350-7:2001. Ensayos de hormigón fresco. Parte 7. Determinación del contenido del aire. Métodos de presión

UNE-EN 12390-1:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, medidas y otras características de las probetas y moldes.

UNE-EN 12390-2:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2. Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.

UNE-EN 12390-3:2003. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3. Determinación de la resistencia a compresión de probetas.

UNE-EN 12390-5:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5. Resistencia a flexión de probetas.

UNE-EN 12390-6:2001 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6. Resistencia a tracción indirecta de probetas.

UNE-EN 12390-8:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8. Profundidad de penetración de agua baja presión.

UNE-EN 12390-8:2001. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8. Profundidad de penetración de agua bajo presión.

UNE-EN 12504-1:2001. Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1. Testigos. Extracción. Examen y ensayo a compresión.

UNE-EN 12504-2:2002. Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2. Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote.

UNE-EN 12504-4:2006. Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4. Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos.

UNE-EN 12620:2003. Áridos para hormigón

UNE-EN 12620:2004. Áridos para hormigón

UNE-EN 12794:2006. Productos prefabricados de hormigón. Pilotes de cimentación.

UNE-EN 13224-2005/AC: 2005. Productos prefabricados de hormigón. Elementos para forjados nevados.

UNE-EN 13263-1:2006. Humo de sílice para hormigón. Parte 1. Definiciones, requisitos y criterios de conformidad.

UNE-ENV 13381-3:2004. Ensayos para determinar la contribución a la resistencia al fuego de los elementos estructurales. Parte 3. Protección aplicada a elementos de hormigón.

UNE-EN 13693:2005. Productos prefabricados de hormigón. Elementos especiales para cubiertas.

UNE-EN 14216:2005. Cemento. Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos especiales de muy bajo calor de hidratación.

UNE-EN 14647:2005. Cemento de aluminato cálcico. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 80305:2001. Cementos blancos.

UNE-EN ISO 377:1998. Acero y productos de acero. Localización y preparación de muestras y probetas para ensayos mecánicos.

UNE-EN ISO 9001:2000. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

UNE-EN ISO 14001:2004 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos para su uso.

UNE-EN ISO 15614-1:2005. Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo.

UNE-EN ISO 15630-1:2002. Acero para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 1. Barras, alambres y alambrón para hormigón.

UNE-EN ISO 15630-2:2002. Acero para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 2. Mallas soldadas.

UNE-EN ISO 15630-3:2003. Acero para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 3. Acero para pretensar.

1.4.3. Edificio de Control y Almacén

La Planta Fotovoltaica dispondrá de un Edificio de Control con oficinas, así como de un edificio destinado a Almacén de Repuestos y Documentación. Ambos edificios serán permanentes, se utilizarán durante toda la vida útil de la Planta y conforman la zona O&M.

El Edificio o Centro de Control deberá cumplir con los estándares de construcción españoles, obteniendo al menos una calificación energética B.

De acuerdo al tamaño de la Planta Solar, el Edificio de Control contará al menos con las siguientes dependencias (en una única planta baja):

- Oficina del Propietario: Oficina totalmente equipada y de al menos 13 m^2. Dispondrá al menos de una taquilla con llave de al menos 3 m^2.
- Oficina del Contratista/Operador: Oficina totalmente equipada y de al menos 13 m^2. Dispondrá al menos de una taquilla con llave de al menos 3 m^2.
- Oficina del Scada y Cuarto de Servidores: Presentará una superficie mínima de 52 m^2 y 4 puestos de trabajo totalmente equipados.
- Sala de Reuniones: Presentará una superficie mínima de 15 m^2
- Comedor /Cocina/ Sala de Descanso: Incluirán todo el mobiliario necesario para 4 personas, adicionalmente la cocina contará con horno-microondas y frigorífico.
- Sala de Comunicaciones y Cuarto de Servidores.
- Vestuarios: Los vestuarios para hombres y mujeres contarán con una capacidad para al menos 5 personas. Incluirá zona para cambios de ropa, aseos, taquillas y duchas.
- Cabina de seguridad.

- Estacionamientos para vehículos.

En cualquier caso, el edificio contará con:

- Instalaciones eléctricas y de iluminación.
- Sistemas de detección y extinción de incendios.
- Sistema anti-intrusión.
- Ventilación y aire acondicionado.
- Sistema sanitario.

El edificio destinado al Almacén de Repuestos tendrá una superficie mínima de 30 m² y contará al menos con las siguientes salas:

- Área para recepción de carga: al menos 30 m^2 de área y 6 m de altura libre de obstáculos. Puerta de acceso de vehículos de 5 m de largo y 4 m de alto además de puerta de acceso para personal.
- Superficie de Estantes: al menos 50 m^2 y estantes de 4 m de altura.
- Almacén de productos químicos y líquidos inflamables: cuya presencia no debe interferir el funcionamiento del resto del Almacén.

Además, se contará al menos con una carretilla elevadora de con una capacidad de carga de 6 toneladas.

En cualquier caso, el almacén contará con las siguientes instalaciones:

- Instalaciones eléctricas y de iluminación.
- Sistemas de detección y extinción de incendios.
- Sistema anti-intrusión.
- Ventilación.

El suelo de los edificios será de hormigón pintado de alta calidad, pulido y anti absorbente.

Se realizarán las siguientes actividades.

1.4.3.1. Desbroce

Se realizará un desbroce del terreno coincidente con la proyección en planta del edificio de control. Se aplicará lo establecido en el apartado 1.4.2.2.

1.4.3.2. Excavación de la Explanación y en Pozos

Se aplicará lo establecido en el apartado 1.4.2.3.

1.4.3.3. Terraplén y Rellenos Auxiliares

Se aplicará lo establecido en el apartado 1.4.2.4.

1.4.3.4. Cimentación

La cimentación es aquella parte de la estructura encargada de transmitir las cargas al terreno.

Las calidades y características de los materiales a emplear en ejecución de las cimentaciones vienen definidas en el apartado 1.4.2.1 del presente Pliego.

La Sala de Control debe apoyarse en una solera de hormigón en masa de 10 cm de espesor medio que, a su vez, se debe realizar sobre una subbase de zahorra compactada de, al menos 15 cm de espesor.

La solera se ejecutaría con hormigón armado con un mallazo electrosoldado de 20×20 cm de cuadro y de varilla de 4 mm de diámetro.

En la solera se deben colocar los elementos de anclaje del Centro de Control, formados por varillas curvadas de acero corrugado de 10 mm de diámetro embutidas directamente en el grueso de la solera y atadas al mallazo.

1.4.3.5. Aislamiento

En caso de que hubiera que aislar la oficina de servicio, se recomienda el uso de aislantes con poliuretano:

Espuma de poliuretano para proyección "in situ".

Planchas de espuma de poliuretano.

Ejecución:

La superficie del soporte deberá encontrarse limpia, seca y libre de polvo, grasas u óxidos. Deberá estar correctamente saneada y preparada si así procediera con la adecuada imprimación que asegure una adherencia óptima.

En caso de aislamiento por proyección, la humedad del soporte no superará a la indicada por el fabricante como máxima para la correcta adherencia del producto proyectado. Se seguirán las instrucciones del fabricante en lo que se refiere a la colocación o proyección del material. Las placas deberán colocarse solapadas, a tope o a rompejuntas, según el material.

Cuando se aísle por proyección, el material se proyectará en pasadas sucesivas de 10 a 15 mm, permitiendo la total espumación de cada capa antes de aplicar la siguiente. Cuando haya interrupciones en el trabajo deberán prepararse las superficies adecuadamente para su reanudación. Durante la proyección se procurará un acabado con textura uniforme, que no requiera el retoque a mano. En aplicaciones exteriores se evitará que la superficie de la espuma pueda acumular agua, mediante la necesaria pendiente.

El aislamiento quedará bien adherido al soporte, manteniendo un aspecto uniforme y sin defectos. Se deberá garantizar la continuidad del aislamiento, cubriendo toda la superficie a tratar, poniendo especial cuidado en evitar los puentes térmicos.

El material colocado se protegerá contra los impactos, presiones u otras acciones que lo puedan alterar o dañar. También se ha de proteger de la lluvia durante y después de la colocación, evitando una exposición prolongada a la luz solar.

El aislamiento irá protegido con los materiales adecuados para que no se deteriore con el paso del tiempo. El recubrimiento o protección del aislamiento se realizará de forma que éste quede firme y lo haga duradero.

Control:

Durante la ejecución de los trabajos deberán comprobarse, mediante inspección general, los siguientes apartados:

Estado previo del soporte, el cual deberá estar limpio, ser uniforme y carecer de fisuras o cuerpos salientes.

Fijación del producto mediante un sistema garantizado por el fabricante que asegure una sujeción uniforme y sin defectos.

Correcta colocación de las placas solapadas, a tope o a rompejunta, según los casos.

Ventilación de la cámara de aire si la hubiera.

Medición y Abono:

En general, se medirá y valorará el m^2 de superficie ejecutada en verdadera dimensión. En casos especiales, podrá realizarse la medición por unidad de actuación. Siempre estarán incluidos los elementos auxiliares y remates necesarios para el correcto acabado, como adhesivos de fijación, cortes, uniones y colocación.

1.4.3.6. Instalación Eléctrica Edificio de Control

Se aplicará lo establecido en el apartado 1.4.2.9.

1.4.3.7. Iluminación

Las luminarias y sus accesorios de instalación y montaje deberán cumplir las siguientes normas:

UNE-EN 60598-1 Luminarias parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 60598-2 Luminarias, requisitos particulares aplicables, completa.

UNE-EN 10130:2008. Productos planos laminados en frío de acero bajo en carbono para embutición o conformación en frío.

DIN 50017 Pintura de luminaria.

EN 60928 Balasto Electrónico con Precaldeo.

EN 60929 Balasto Electrónico con Precaldeo.

UNE 210311-11 Cables aislados con PVC de tensiones nominales iguales o inferiores a 450/750 V., P-11. Cables para luminarias.

UNE-EN 60061 Casquillos y portalámparas aplicables, completa.

UNE-EN 6400 Portalámparas para lámparas fluorescentes tubulares.

UNE-EN 55015 Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación, aplicables, completo.

UNE-ENE 60081 Lámparas fluorescentes de doble casquillo. Requisitos de funcionamiento.

UNE-ENE 61195 Lámparas fluorescentes de doble casquillo. Requisitos de seguridad.

Marcado CE conforme a R.D. 154/95.

Reglamento Electrotécnico de B.T.

Ejecución:

La conexión a todas las luminarias y focos se realizará con manguera de cobre flexible de 0,6 /1 kV, con aislamiento en Polietileno Reticulado.

La ejecución del sistema de iluminación incluirá el montaje, fijación y conexión de la luminaria y su caja de derivación al circuito correspondiente.

Se colocará iluminación de emergencia, para lo que se emplearán lámparas fluorescentes o incandescentes, estancos o no. Pueden ir centralizados o no. En el montaje de luminaria emergencia se deberá seguir las instrucciones del fabricante.

Medición y Abono:

Se medirán y abonarán por unidad realmente colocada, instalada y probada.

1.4.3.8. Puesta a Tierra

Se aplicará lo establecido en el apartado 1.4.5.

1.4.3.9. Instalación de Protección Contra Incendios

Actualmente, las características de estos sistemas están regulados por el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SI. Seguridad en caso de incendio.

La protección contra incendios se basa en dos tipos de medidas:

Medidas de protección pasiva.

Medidas de protección activa.

Dentro de la protección activa se han de considerar dos tipos de medidas:

Medidas de detección de incendios.

Medidas de extinción de incendios, que pueden ser:

Manuales: Extintores, Bocas de incendio equipadas (BIE), Hidrantes, Columna seca.

Automáticos: Dotados de sistemas de diversos productos para extinción: Agua, Gases y Polvo.

Ejecución:

La ejecución del sistema de protección contra incendios se realizará con conformidad con lo establecido en:

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

DB- SI Seguridad en caso de incendio del Código Técnico de la Edificación.

1.4.4. Instalación Eléctrica

1.4.4.1. Instalación de Baja Tensión

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa.

Todos los trabajos incluidos en el presente Proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

1.4.4.1.1. Conductores

Todo el cableado que se instale deberá cumplir reglamentación y se dimensionará bajo el criterio de minimización de pérdidas.

El cableado de Baja Tensión utilizado para el conexionado de los strings será de tipo “cable solar”, trabajar de forma continua a 120ºC y contar con un aval de durabilidad por un periodo de al menos 25 años.

Podrán ser instalados en bandejas, conductos, paredes y equipos y estarán especialmente indicados para aplicaciones con aislamiento de protección (clase II).

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del Proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Ejecución:

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos.

Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte CA para que la caída de tensión sea inferior del 2%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición son las siguientes:

Suministro y tendido de puente de CC con cable de cobre de "calidad solar" para interconexión de paneles solares, desde los paneles extremos de cada serie hasta los terminales positivo/negativo del bus cc, incluyendo: movimiento de bobinas, medición y extracción del cable de la bobina, corte del cable, tendido y engrapado a estructura de paneles con bridas de poliamida, incluyendo suministro de bridas. desde paneles hasta bus de corriente continua.

Suministro, tendido e instalación de puente de interconexión entre inversores string y transformadores. totalmente instalado y conexionado.

1.4.4.1.2. Elementos de Conexión

Los elementos de conexión en la Instalación Fotovoltaica son el conjunto de piezas y accesorios que se necesitan para poder instalar de forma adecuada los equipos: módulos fotovoltaicos, cajas de agrupación, inversor, transformador, etc. y que funcionen correctamente.

Conexión a realizar en la parte de baja tensión:

Conexión de módulos para la formación de series o strings.

Conexión de cables unipolares de tensión asignada 0,6/1 kV a inversores tipo string. Los conectores terminales de compresión pala son elementos mecánicos que trabajan a tracción y cuya única función es mejorar el contacto eléctrico y mecánico del cable, estos elementos serán empleados a la intemperie o bajo techo. Este tipo de conector es adecuado para utilizarlo en conexiones que se encuentran sometidas a

esfuerzos mecánicos ya sea por efecto del viento o bien propios de la instalación, tales como conexión a equipos.

Ejecución:

Los trabajos de interconexión entre los distintos elementos que componen el sistema se deben realizar en seco y con herramientas secas.

Para el correcto montaje de los conectores entre las placas fotovoltaicas con cables unipolares de tensión asignada 0,6/1 kV (CC:1,5kV) se recomienda seguir, en lo posible, los siguientes pasos:

Situar el conector sobre el cable a conexionar.

Cortar el conductor derivado a la distancia necesaria.

Introducir el conductor hasta el fondo, en el capuchón de la derivación.

Fijar la conexión, con la mano, mediante el tornillo de apriete hasta posicionar los conductores en el conector.

Sujetar el conector con la mano y atornillar hasta romper la cabeza fusible de la tuerca dinamométrica.

La segunda cabeza de la tuerca dinamométrica solamente es utilizable para permitir un eventual desmontaje de la conexión.

No debe reutilizarse el conector una vez instalado.

La conexión puede ser realizada bajo tensión eléctrica, pero SIN carga.

Control:

Comprobar que todas las conexiones eléctricas de la planta se han realizado correctamente y se encuentran en buenas condiciones.

Detectar puntos calientes en conexiones eléctricas, así como en todos elementos (inversores incluidos) pertenecientes a la instalación que contenga conexiones eléctricas.

Para la realización de las termografías a las conexiones eléctricas y empalmes, la central fotovoltaica estará en funcionamiento y los paneles conectados a los cuadros CC. Se medirá en un día soleado sin nubes y la planta estará funcionando, al menos, al 70% de su potencia nominal, salvo que las condiciones climáticas impidan la realización de las pruebas con dichas condiciones.

La instalación se considerará válida siempre que se cumpla:

Todas las conexiones están realizadas correctamente, con el apriete, orden y separación adecuados.

Todos los empalmes se encuentran en buenas condiciones.

No deberá aparecer ningún punto caliente en las conexiones. Entendiendo como punto caliente aquel en el que se detecte una temperatura superior a la temperatura de funcionamiento en condiciones normales.

El rango de temperaturas se encuentra dentro de los limites esperados.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición son las siguientes:

Conexionado de terminales de las series: Conexión de los terminales de los módulos fotovoltaicos para la formación de las series. Se incluye la formación de una coca y su atado a estructura/panel con brida poliamida conforme a las especificaciones de montaje. Unidad medida por cada panel solar.

Conexionado de terminales en los inversores: Suministro y montaje de conectores y terminales de compresión para conexión a las entradas de los inversores.

1.4.5. Red de Tierras

Como es preceptivo, y para evitar tensiones de paso y de contacto peligrosas, y al objeto de mantener los valores de éstas dentro de los límites admitidos por el Reglamento de Alta Tensión (ITC-RAT 13), todos los elementos metálicos deberán estar conectados a la Red de Tierras de la Planta Fotovoltaica, la cual debe disponer de una malla de puesta a tierra a la que se conecten.

Todas las masas de la Instalación Fotovoltaica, tanto de la instalación en corriente continua como de las de alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro del transformador, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

Materiales:

Se dispondrán las siguientes puestas a tierras interconectadas:

Red de tierras general que discurrirá por las canalizaciones subterráneas de BT, MT y sistema de seguridad.

Puesta a tierra del módulo fotovoltaico, por contacto directo de los marcos de los módulos a la estructura soporte.

Puesta a tierra de la estructura de soporte mediante la conexión de la hinca (cimentación) extrema de cada fila con la red de tierras general mediante latiguillos de cobre aislado de 35 mm^2 de sección mínima. Todas las mesas de una misma fila se interconectarán mediante latiguillos de cobre asilado de 16 mm^2.

Conexión a tierra de las cajas de concentración (o string boxes), mediante latiguillos de cobre aislado de 16 mm^2 de sección.

Red de tierras exterior a cada uno de los centros de transformación, formada por un anillo de conductor de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección mínima y picas en sus extremos, unido a una caja de seccionamiento. A ésta se interconectará la red general de tierras antes descrita así con la red de tierras de todas las partes metálicas de los equipos (inversor, transformador, celdas, cuadro de BT) que se ubicarán en el interior de los centros de transformación.

Las picas verticales serán barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre o de acuerdo con la Norma UTE 3.90.01. Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m.

Los electrodos enterrados horizontalmente, según el artículo 8.2.3 del capítulo XXII del reglamento de baja tensión, deben estar enterrados a una profundidad que impida sean afectados por las labores del terreno y por las heladas y nunca a menos de 50 cm.

Ejecución:

Todas las soldaduras serán de tipo aluminotérmico y se realizarán de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes especializados. Las soldaduras entre pletinas serán de tipo aluminotérmico u oxiacetilénico. En ningún caso se admitirán soldaduras con coqueras, fisuras, derrames o cualquier otro fallo.

Para la realización de las soldaduras aluminotérmicas se emplearán moldes, los cuales se secarán antes de obtener la primera soldadura con ellos, y después se conservarán en un lugar seco. El secado se realizará por llama, o encendido en ellos de un cartucho sin efectuar soldadura.

Los moldes se usarán un número de veces que no sobrepase el 80% del máximo recomendado por el fabricante, y siempre que no hayan sufrido daños en su geometría.

Antes de efectuar las soldaduras se limpiarán cuidadosamente los conductores a unir, con lima o cepillo de acero.

Aquellos conductores que hubieran sido tratados con aceite o grasas deberán desengrasarse previamente con un desengrasante adecuado.

Los conductores mojados deben secarse preferentemente con alcohol o soplete, teniendo en cuenta que la humedad puede producir soldaduras porosas, que serían rechazadas.

La conexión con pletina de cable de Cu en derivación en T, en ángulo de 90º, en cruz o empalme recto, mediante soldadura, incluye el suministro de equipos o moldes adecuados, cartuchos, corte, limpieza de superficies de contacto, preparación de la pletina o del cable, precalentado del molde previo a la iniciación de las soldaduras y, en general, la realización de todas las operaciones necesarias para la ejecución de la conexión.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Suministro y tendido de la red de tierras de la instalación y tendido en zanja.

Puesta a tierra de la estructura de soporte de los módulos unida a la red de tierras general de la instalación.

Suministro, montaje y ejecución de la red de puesta a tierra del centro de transformación, conectándose a dicha red las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo como consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y bastidores de equipos y cuadros, etc. Se conectará a la red exterior mediante caja de puente de comprobación totalmente instalada.

Suministro y montaje de arqueta de polipropileno para comprobación de la red de PAT de la instalación, incluyendo la excavación y transporte de tierras a vertedero, así como el suministro y montaje del puente de pruebas.

Suministro, tendido y conexionado de la puesta a tierra de los equipos de seguridad.

Puesta a tierra de las cajas de agrupación unidas a la red de tierras general a través de latiguillo conectado a la estructura de soporte.

1.4.6. Sistema de Monitorización y Control

El sistema de monitorización de la Planta será el encargado de adquirir los datos de campo, visualizarlos y almacenarlos, además estará comunicado con el Sistema de Control de Planta, de manera que se pueda llevar a cabo una monitorización y gestión integral de la misma.

El Sistema de Control principal estará instalado en la Sala de Control y será accesible de remoto.

Ejecución:

En cada centro de transformación se instalará un cuadro de control, así como en el centro de control. Todos los inversores estarán integrados en una red de comunicaciones común.

En el cuadro de control se aloja el hardware de adquisición de datos al cual se cablearán las señales analógicas de los transformadores de corriente continua.

Respecto a la instalación de MT, al mismo cuadro de control se cablearán los contactos libres de potencial que indican estado (abierto-cerrado) en las celdas de línea, estado (abierto-cerrado) en la celda de protección, fusión de fusible de la celda de protección y alarma por temperatura en el transformador de potencia.

La red de comunicación mediante la cual se conectan los inversores y el cuadro de control permitirá transmitir al puesto central de control la información adquirida por el sistema de adquisición y también la información propia de los inversores, como las tensiones Vcc, tensiones compuestas e intensidades de fase en la parte de corriente alterna, potencias (en continua y en alterna), factor de potencia, frecuencia, temperatura de los puentes, temperatura ambiente y las siguientes alarmas:

Fallo tensión de red.

Fallo frecuencia de red.

Fusión fusible de alterna o de continua.

Error en secuencia de fases.

Derivación en paneles.

Actuación de protecciones internas.

Alarma de isla.

Sobretemperatura.

Paro de emergencia.

Disyuntor de extractor abierto.

Temperatura ambiente excesiva, fallo de comunicación interna.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Suministro, tendido y conexionado de cable de comunicaciones. incluye elementos de hardware necesarios para evitar atenuaciones de señal o disminución de rendimiento en la red, además de cajas terminales, incluyendo tendido bajo tubo.

Conexionado de fibra óptica.

Suministro e instalación de datalogger.

Suministro, instalación y conexionado de armarios de control en cada centro de transformación (totalmente equipado).

Suministro e instalación de transformador de corriente continua toroidal.

Suministro e instalación transformador de intensidad.

Suministro, instalación y conexión switch gestionable.

Suministro, instalación y conexión de conversor IP-serie, dispositivo capaz de cambiar de medio de transmisión de datos bus serie RS-485 a ethernet y de cambiar de protocolo modus RTU a TCP/IP.

Suministro, instalación y conexionado de convertidor analógico/ethernet.

Suministro y montaje de un servidor para la planta fotovoltaica, incluida licencia del sistema operativo (totalmente instalado).

Suministro e instalación de sistema de gestión de planta fotovoltaica, unidad central de control.

1.4.7. Estación Meteorológica

Se instalarán estaciones meteorológicas, en cantidades requeridas según Proyecto, para realizar los análisis de los datos de radiación, temperatura, viento, etc. oportunos en el emplazamiento de la Planta.

Cada estación se compondrá del mástil, y estructura de soporte necesaria, los equipos de medición, el sistema de control y SCADA y el suministro de energía necesario del que se deberá disponer uno principal (desde el centro de control) y otro secundario (paneles solares).

El mástil será diseñado para soportar los esfuerzos del viento que puedan darse en su emplazamiento. Se instalará sobre zapata de hormigón armado.

Ejecución:

Además, dispondrá de un sistema de protección contra descargas atmosféricas. El pararrayos se conectará a una pica de puesta a tierra, separada de la instalación de puesta a tierra de la torre.

Se suministrará un armario eléctrico de intemperie que se instalará sobre la zapata de la torre, en el que se realizarán todas las conexiones eléctricas.

En el armario eléctrico se deberán realizar las siguientes conexiones:

Alimentación trifásica en 400 V desde el centro de control.

Red de fibra óptica de la planta fotovoltaica.

Red de tierras de la planta fotovoltaica.

Conexión de todos los sensores de la torre.

La alimentación principal será realizada desde el cuadro de servicios auxiliares del centro de control. Esta alimentación principal contará además con un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), instalado en el armario eléctrico intemperie de la torre meteorológica, para el caso de fallo de la alimentación desde el centro de control.

Se dispondrá además un panel solar de potencia adecuada como alimentación secundaria de la torre meteorológica.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Piranómetros: piranómetro termoeléctrico estándar secundario, según ISO 9060 (el de más alta calidad).

Soporte para piranómetros: soporte para piranómetro, para montaje sobre mástil vertical mediante abrazaderas.

Célula calibrada de silicio monocristalino para medida de radiación solar, compensadas con la temperatura.

Sonda para medir temperatura del módulo.

Cable de interconexión de la sonda de temperatura de superficies planas con el datalogger.

Anemómetro y veleta: conjunto anemómetro de cazoletas y veleta, con brazo soporte.

Termohigrómetro: sensor combinado de temperatura ambiente y humedad relativa del aire.

Protector de radiación solar con ventilación natural para sensores de temperatura y humedad relativa.

Datalogger y equipo de comunicación: datalogger con display y equipo de comunicaciones ethernet.

Torreta y mástil soporte para sensores: torreta de celosía y mástil tubular horizontal para la instalación de sensores de radiación solar, pedestal para fijar o embutir en basamento de hormigón y otros accesorios de montaje.

Visualizador y teclado frontal, con teclado integrado montado sobre una puerta frontal interior.

Receptor GPS: GPS con antena y cable de conexión, para sincronización exacta del reloj interno de la estación.

Paquete de software para instalación en el ordenador central (con sistema operativo Windows) para el procesamiento y almacenamiento de los datos recibidos de la estación meteorológica.

Panel solar y su estructura soporte para la recarga de las baterías internas de la estación.

Adaptador de sensores.

Juego de cables de interconexión para el enlace de los sensores a la estación, recarga externa y comunicaciones.

Obra civil: cimentación de torreta, rompimientos, reposiciones, etc.

Trabajos de instalación y puesta en marcha: instalación y puesta en marcha del sistema completo en la ubicación definida por la Propiedad.

1.4.8. Sistema de Seguridad

El sistema de seguridad está compuesto básicamente por equipos de detección perimetral (cámaras de detección de movimiento), por un circuito cerrado de televisión (CCTV), un equipo de grabación y transmisión de video y un sistema de control de acceso.

Ejecución:

En la ejecución de las instalaciones se prestará especial atención a la hora de realizar el cableado y la ubicación de los equipos que componen el sistema de seguridad.

Se procurará, en la medida de lo posible que el cableado discurra por zonas no visibles y protegidas por los propios elementos de la instalación, para así evitar posibles intentos de sabotaje del mismo.

Control:

Se comprobará que la instalación se corresponde con la definida en el Proyecto.

Se realizará una inspección visual para comprobar que todo el perímetro que rodea a las instalaciones FV está vallado.

La puerta será de apertura automática y dotada de teleportero que permita su operación desde la consola de control del sistema de seguridad.

Se comprobará desde el centro de control o de vigilancia de la Planta que cualquier intrusión en los recintos donde se ubican las instalaciones de la misma Planta, será detectado y grabado convenientemente tanto de día como de noche además de producir una alarma que permita al personal de vigilancia actuar convenientemente. Para ello:

Se provocará el disparo de todas las alarmas.

Se comprobará el correcto funcionamiento diurno y nocturno de las cámaras, así como de su localización en todo el perímetro de la instalación.

En el caso de existir domos, se comprobará su correcta configuración y direccionamiento en caso de alarma.

Se comprobará el correcto funcionamiento del sistema de detección de intrusiones (detección de movimiento por análisis de imagen o similar).

Se comprobará el funcionamiento de equipo de grabación y demás equipamiento auxiliar.

Se comprobará que no existe ningún elemento externo que afecte o pueda llegar a afectar al funcionamiento o funcionalidad del sistema de seguridad.

Se comprobará la posibilidad de operar el sistema remotamente, desde CRA o similar.

El sistema de seguridad será aceptado si:

Cumple especificaciones contractuales.

Las cámaras aportan una adecuada visión de todo el perímetro, tanto de día como de noche.

Se activan todas las alarmas.

Funcionan todos los equipos auxiliares.

No existen elementos externos que afecten o puedan llegar a afectar al funcionamiento o funcionalidad del sistema de seguridad salvo causas ajenas al Contratista no previstas durante el transcurso normal de la construcción de la planta.

Medición y Abono:

Las unidades previstas de medición en este capítulo son las siguientes:

Cámara de detección de movimiento: suministro e instalación de cámara de detección de movimiento, fija día/noche.

Cámara IP exterior domo motorizada, incluida carcasa: suministro e instalación cámara domo de detección de movimiento y activación de alarma.

Videograbador: suministro e instalación de videograbador de imágenes.

Equipo servidor procesador de imágenes: suministro e instalación de pc para gestión de alarmas, incluida licencia.

Software de control de alarmas: suministro e instalación de software de control de alarmas para pc, incluida licencia de usuario.

Armario rack.

Suministro e instalación de sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) para equipos del sistema de seguridad.

Foco iluminación infrarroja tipo led.

Suministro e instalación de báculo troncocónico colocación de cámaras y focos infrarrojos.

Suministro y montaje de soporte para fijar a pared una cámara domo.

Suministro e instalación de armario de exteriores autoventilado permite alojar en su interior el equipamiento de fibra óptica, así como la electrónica de red de fibra óptica correspondiente.

Suministro e instalación de manguera de fibra óptica para distribución.

Suministro e instalación de partida para conexiones de fibra óptica. Incluye conectores, latiguillos, etc. Incluye realización de pruebas.

Suministro, tendido y conexión de manguera para alimentación de equipos. Incluye realización de pruebas.

Suministro e instalación de cable trenzado y apantallado para telemetría de domo. Incluye realización de pruebas.

Suministro e instalación de cable para transmisión de señal de video y alimentación. Incluye realización de pruebas.

Suministro, tendido y conexión de cable ethernet, incluidos conectores. Incluye realización de pruebas.

Sistema de control de acceso instalado en la puerta de entrada a la instalación fotovoltaica, consistente en lectores de proximidad que indicarán al sistema la llegada y el abandono de la planta fotovoltaica.

Pruebas y puesta en marcha del sistema de seguridad en obra, incluyendo formación a usuario

2. Línea Aéreo-Subterránea 15 kV

2.1. Reglamentación y Normativa

2.1.1. Reglamentos e Instrucciones

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09 (en adelante Reglamento), conforme con el Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero (publicado en el B.O.E. nº 68 de 19 de marzo de 2008).
- 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. (BOE nº 139, 09/06/2014).
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

2.1.2. Normas UNE

- UNE-EN 10056: Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Partes 1 y 2.
- UNE-EN 12165: Cobre y aleaciones de cobre. Productos y semiproductos para forja.
- UNE 17108: Tornillos y tuercas de acero. Momentos de apriete.
- UNE 17721: Tornillos y espárragos de acero. Características y ensayos.
- UNE-EN 20898-1: Características mecánicas de los elementos de fijación. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones.
- UNE 21015: Cables de aluminio.
- UNE 21019: Cables de acero galvanizado para líneas de tierra.
- UNE 21043: Cables de aleación de aluminio para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 21044: Planes de muestreo y criterios de aceptación y rechazo en la recepción de cables desnudos para conductores de líneas eléctricas aéreas.
- UNE 21052: Cables de aluminio con alma de acero tipo comprimido para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 21056: Electrodos de puesta a tierra. Picas cilíndricas acoplables de acero- cobre.
- UNE 21061: Cables de aleación de aluminio, con alma de acero, para líneas eléctricas aéreas.
- UNE 21114: Ensayo de aisladores de material cerámico o de vidrio para líneas eléctricas aéreas de tensión nominal superior a 1000 V.
- UNE 21158: Herrajes para líneas eléctricas aéreas de alta tensión, características y ensayos.
- UNE 21159: Elementos de fijación y empalme para conductores y cables de tierra en líneas eléctricas aéreas de AT. Características y ensayos.

- UNE 21909: Aisladores compuestos destinados a las líneas aéreas, de corriente alterna de tensión nominal superior a 1000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE 36559: Chapas de acero laminadas en caliente de espesor igual o superior a 3 mm. Tolerancias dimensionales sobre la forma o sobre la masa.
- UNE 37507: Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación.
- INS 54.63.05: Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE-EN 61284: Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para herrajes.
- UNE-EN 60383-1: Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 21.16.32: Cables subterráneos alta tensión (AS).
- UNE 80301: Cementos. Cementos comunes. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE 83313: Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams.

2.1.3. Otras Normas

- CEI 60815: Guía para la selección de aisladores según condiciones de polución.

2.2. Condiciones De Ejecución En Líneas Aéreas

Se prohíbe toda variación sobre el contenido del proyecto y sobre las prescripciones de este documento, salvo que el Director de obra lo autorice expresamente.

2.2.1. Reconocimiento del Terreno

El constructor está obligado, una vez en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, a realizar un recorrido previo de la línea para comprobar los vértices, alineaciones, cruces y cuantas dificultades puedan surgir, notificando, al Director de obra, todas las deficiencias observadas durante el reconocimiento y expresándole, bajo su consideración, las variaciones que deben efectuarse respecto al proyecto de la línea.

2.2.2. Obra Civil en Líneas Aéreas

La Obra Civil incluirá la excavación de los hoyos y zanjas para las cimentaciones, incluyendo el transporte, medios auxiliares y la retirada de tierra sobrante.

Las pistas o cambios de acceso a los apoyos se realizarán de modo que no se produzcan alteraciones destacables o permanentes sobre el terreno; a tal fin, se utilizarán preferentemente los viales ya existentes. Se mantendrán en buen estado las pistas realizadas y accesos empleados.

La forma y dimensiones de cada excavación se ajustarán a lo indicado en el Documento Planos. Los anclajes se colocarán mediante plantillas o tirantes, no debiendo sufrir desplazamientos durante el vertido de hormigón.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes, para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno.

Antes de verter el hormigón deberán limpiarse los hoyos de materiales desprendidos, además de vaciarse de agua, si la hubiera.

Una vez vertido el hormigón, se deberá proceder a su correcta compactación, mediante el empleo de vibradores mecánicos adecuados. Durante el hormigonado se procederá a la colocación de tubos de plástico, que permitan el paso de los cables de la toma de tierra.

Control de consistencia

Se medirá por el asiento en el cono de Abrams, según norma UNE 83313.

2.2.3. Armado e Izado de Apoyos

El armado e izado incluirá el transporte a obra de todos los elementos de la estructura y la tornillería, debiendo utilizarse los vehículos y grúas adecuados, incluso para las tareas de carga y descarga.

El armado se realizará de forma que el tramo o apoyo completo quede perfectamente nivelado sobre calces de madera a fin de evitar cualquier tipo de deformación.

Todas las barras y cartelas irán colocadas de acuerdo con los planos de montaje, realizándose el apriete final y graneteado una vez izado el apoyo. Asimismo, se colocará las placas de aviso de peligro por riesgo eléctrico.

El izado se realizará mediante pluma o grúa. En el izado con pluma se dispondrán los vientos adecuados a los esfuerzos a que vaya a ser sometida. En el izado con grúa, se utilizará una grúa auxiliar para suspender el apoyo por su base.

Una vez izado el apoyo, se comprobará su verticalidad y la linealidad de las barras, fundamentalmente de los montantes.

Todos los apoyos llevarán la placa de riesgo eléctrico, CE-14. Asimismo, se identificará la posición del apoyo que ocupa en la línea, bien sea por pintura o por los dígitos.

Cuando se precisen otras identificaciones relativas a la línea (determinar un aparato concreto, reflejar la tensión de la línea o diferenciar circuitos), éstas deberán reflejarse en su correspondiente proyecto. Estas señalizaciones, con su montaje, corresponden a las placas para identificación de la tensión de red, a la placa para identificación de aparato de maniobra y a las placas para identificación de circuitos.

2.2.4. Montaje y Tendido de Cables

El montaje y tendido también incluirá el transporte de todos los materiales necesarios desde el almacén a obra, la carga y descarga, y medio auxiliares.

Tanto para el transporte como para la carga y descarga se utilizarán vehículos y grúas adecuados.

Previo al tendido de cables se colocarán sobre los apoyos las poleas que servirán de base para el arrastre de los cables mediante el correspondiente piloto, realizándose previamente el montaje de las cadenas de aisladores en los apoyos de suspensión.

Todos los herrajes y aisladores de las cadenas deberán ser montados de acuerdo con los planos del Proyecto.

Los cruzamientos con otras instalaciones o infraestructuras se protegerán por medio de protecciones o porterías debidamente atirantadas con elementos que aseguren su función y situación. Los cruzamientos con líneas eléctricas, salvo imposibilidad, se efectuarán sin tensión de la línea cruzada.

El despliegue de cables se efectuará con tensión mecánica controlada, utilizando un equipo de tendido adecuado. En los apoyos de principio y fin del tramo a tender, se atirantarán dichos apoyos a fin de contrarrestar la tensión unilateral de los cables.

Una vez desplegado el cable, se procederá al tensado, al regulado definitivo, al engrapado tras la compensación de cadenas y a la colocación de todos los herrajes complementarios.

Una vez finalizado el tendido, se comprobará la verticalidad de las cadenas de suspensión. La tolerancia máxima admisible en las flechas de los cables será de +/- 10cm o un 2% de la flecha.

2.2.5. Tensado y Regulado de Conductores Aéreos

Comprende la colocación de los cables en su flecha, sin sobrepasar la tensión de regulado. Previamente a esta operación se habrá realizado el amarre en uno de los extremos y los empalmes si los hubiese.

Con anterioridad al inicio del tensado y regulado, se procederá al marcado de flechas sobre poleas. Esta operación se realizará en los vanos de regulación y comprobación, indicando la temperatura a que corresponde.

2.2.6. Colocación de Separadores, Antivibradores y Contrapesos

Se entregará al contratista una relación con las distancias para colocación de dichas piezas en todos los vanos de la línea.

El método de efectuar la colocación de amortiguadores y separadores se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos herrajes.

2.2.7. Protección y Cruzamientos

El Contratista solicitará con antelación suficiente, las autorizaciones necesarias para realizar todos los cruzamientos con vías públicas, líneas eléctricas, telecomunicación, etc. con objeto de que el tendido no sufra interrupciones.

Todos los cruzamientos a realizar, excepto líneas eléctricas de alta tensión, deberán protegerse por medio de protecciones o porterías debidamente atirantadas con elementos que aseguren su función y estabilidad. Dependiendo del cruzamiento a realizar, las protecciones podrán ser de madera o metálicas.

Los cruzamientos con líneas eléctricas de alta y muy alta tensión se efectuarán sin tensión en la línea cruzada, y sólo cuando se trate de líneas de tensión de igual o inferior a 66 kV y no resulte posible mantenerlas sin tensión durante la operación de cruce, el Contratista aplicará sistemas de protección eléctrica basados en técnicas de trabajos en tensión (TET) siempre que sea posible, en caso contrario, podrán colocarse mangueras de cable seco.

En el caso de que los cruzamientos se efectúen sin tensión en la línea cruzada, es necesario que el contratista solicite los descargos correspondientes con el suficiente tiempo de antelación para que no retrase la normal ejecución de la obra.

Los descargos se realizarán normalmente en días festivos, por lo que el contratista deberá organizar su trabajo de forma que los cruces con líneas coincidan con dichos días.

En los caminos con vías públicas, se utilizarán debidamente situadas, las señales de tráfico reglamentarias. En los cruzamientos con ferrocarriles electrificados, además de los pies metálicos, se colocará una red de cuerdas en su parte superior para proteger la catenaria.

2.2.8. Ejecución de Toma de Tierra

La ejecución de la Toma de Tierra incluirá el suministro de los materiales necesarios, apertura de hoyos o zanja, hincado de picas, tendido de anillos y conexionado.

La Toma de Tierra incluirá la Puesta a Tierra (que se realizará al mismo tiempo que la cimentación) y la Mejora de Puesta a Tierra, ejecutándose según lo reflejado en el Documento Planos. Así, en los apoyos de zancas independientes, dos montantes opuestos quedarán unidos a las picas mediante cable de cobre, y los otros dos montantes quedarán conectados al anillo perimetral.

Una vez finalizada, se comprobará que la resistencia de difusión es inferior a 200, o en su caso, lo establecido en el Art.º 7 de la ITC-LAT 07 del RLEAT.

2.2.9. Reposición del Terreno

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser retiradas a vertedero, salvo autorización expresa del propietario y siempre que lo permita la vigilancia ambiental.

Todos los daños serán por cuenta del contratista, salvo aquellos tales como apertura de calle o accesos, aceptados previamente por el director de obra.

2.2.10. Numeración de Apoyos. Aviso de Peligro Eléctrico

Cada apoyo se identificará individualmente mediante un número, código o marca alternativa, de tal manera que sea legible desde el suelo de acuerdo con el Reglamento.

En todos los apoyos, cualquiera que sea su naturaleza, deberán estar claramente identificados el fabricante y tipo.

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 (aprox. 4m).

2.2.11. Obra Civil

Los trabajos de Obra Civil se ejecutarán de acuerdo con los condicionantes impuestos por los distintos organismos afectados.

2.2.12. Seguridad y Salud Laboral

Para la ejecución de los trabajos se redactará un Plan de Seguridad y Salud, de acuerdo al ESS recogido en el Proyecto Oficial de Ejecución, el cual indicará las medidas prácticas de seguridad y salud que se prevén adoptar durante el desarrollo de la obra de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1627/1997 y concretamente en su "Disposición transitoria única". El citado Plan de Seguridad y Salud será aprobado por el Coordinador designado con anterioridad al inicio de los trabajos.

2.2.13. Condiciones Medioambientales

Se dispondrá en obra de un Técnico de Medioambiente cuyas responsabilidades serán:

- Cumplir con lo establecido en la Especificación Medioambiental para contratistas en líneas aéreas de A.T. y M.A.T. y líneas subterráneas de referencia ZDL002-ET- 03.199711.00001 de fecha 27/03/2003.
- Conocer y hacer cumplir la legislación medioambiental vigente aplicable.
- Adoptar las medidas que le sean señaladas por las autoridades competentes para causar los mínimos daños, así como el menor impacto en:
    - Caminos, acequias, canales de riego y en general, a todas las obras civiles que cruce la línea o a que sea necesario cruzar y/o utilizar para acceder a las obras.
    - Plantaciones agrícolas, pastizales y cualquier masa arbórea.
    - Formaciones geológicas, monumentos, yacimientos, reservas naturales, etc.
    - Cerramiento de propiedades ya sea natural o de obra, manteniéndose en cada momento según las indicaciones del propietario, evitando la entrada o salida de ganado.
    - Parques, jardines o zonas de recreo.

2.3. Ejecución de las Instalaciones en Líneas Aéreas

La construcción de la línea aérea se realizará siguiendo el orden de ejecución que se prescribe a continuación y procurando ceñirse a las fases de construcción que eviten pérdidas de tiempo y anomalías en la correcta funcionalidad de la ejecución de la obra.

Las pérdidas de materiales por extravío, robo, etc, serán por cuenta del constructor.

Los apoyos se empotrarán en macizos monobloques / tetrabloque de hormigón, previa ejecución de la excavación correspondiente.

2.3.1. Medios

El constructor estará provisto de los útiles y herramientas apropiados al fin a que se destinan.

El constructor dispondrá de los medios apropiados para conservar los materiales que van a ser instalados. Asimismo, las herramientas estarán en buen estado de conservación y uso para ejecutar la obra.

2.3.2. Cimentaciones

Las dimensiones de los hoyos, volúmenes de excavación y hormigonado, así como la justificación de los pernos (tipo, cantidad, longitud, disposición, etc) serán las indicadas en los puntos anteriores y las contempladas en los planos de detalle del presente proyecto.

2.3.3. Rechazo de Materiales

El constructor está obligado a comprobar el buen estado de los materiales, antes de efectuar la operación del transporte, a partir del cual será responsabilidad del mismo toda deficiencia que aparezca en las diferentes fases de ejecución de la obra.

Se rechazarán todos los materiales que, en su transporte, acopio, montaje, o uso indebido, hayan sufrido daños. La valoración de esos daños será realizada por el Director de obra, el cual dictaminará la reposición o reparación de los materiales y que siempre serán por cuenta del constructor.

2.3.4. Trabajos Topográficos

2.3.4.1. Levantamiento de Perfiles

El perfil longitudinal se realizará con escalas normalizadas, pero que principalmente serán horizontal = 1:2000 y vertical = 1:500.

En la planta se situarán todos los servicios existentes en una franja de 50 metros de anchura, a cada lado del eje de la línea, entendiendo por servicios, carreteras, caminos, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas y de telecomunicación, arbolado, etc. Asimismo, se indicarán los límites provinciales, municipales y lindes de parcelas con el nombre del propietario.

Se reflejarán las elevaciones, los taludes o terraplenes y su inclinación cuando éstos corten el trazado de la línea o se encuentren a una distancia inferior a 8 metros del eje de la línea.

En los cruzamientos y paralelismos se harán constar los siguientes aspectos:

- Carreteras y vías de ferrocarril: Denominación y punto kilométrico del servicio afectado.
- Líneas eléctricas, de telecomunicación y ferrocarriles electrificados: Distancia del apoyo más próximo al punto de cruce y longitud del vano afectado; en alzado se situarán los conductores de estas líneas con su distancia al terreno, indicando la temperatura existente en el momento de la toma de datos.
- Ríos y canales navegables o flotantes: Cota que puede alcanzar la superficie del agua.

2.3.4.2. Replanteo

Mediante copia del plano de distribución de los apoyos, el topógrafo realizará el replanteo de los apoyos proyectados, por medio de estaquillas y con los siguientes criterios:

Sobre el terreno se clavará una estaquilla coincidiendo con el centro geométrico de cada apoyo proyectado, pintando de forma legible, sobre la estaquilla, el número que le corresponde con la numeración del plano.

Para los apoyos de alineación y fin de línea se clavará una segunda estaquilla, la cual se situará a unos 3 metros de la primera y determinará la dirección de la línea; para los apoyos de ángulo se clavarán, sobre la bisectriz del ángulo de la traza, dos estaquillas a ambos lados de la estaca central y distanciadas 3 metros de ella.

Si al realizar el replanteo se observaran errores o variaciones del terreno sobre los datos señalados en el plano, se comunicará, a la dirección de obra, todas las deficiencias encontradas.

2.3.5. Excavación

Antes de proceder a la excavación se comprobará que la estructura y base del apoyo es apropiada para la cimentación prevista, en función del tipo de terreno.

Cuando la ejecución de una excavación requiera la realización de una explanación previa (movimiento de tierras), ésta deberá ser autorizada por la dirección de obra.

Para evitar un posible derrumbamiento de la excavación se procederá a su hormigonado en un tiempo inferior a 10 días naturales.

2.3.5.1. Ubicación y Dimensiones

No se permitirá que la ubicación de la excavación sea distinta a la prevista en el proyecto y no se admitirán dimensiones de hoyos menores a las normalizadas.

2.3.5.2. Explosivos

Si la excavación requiere el uso de explosivos será responsabilidad total del constructor los permisos legales correspondientes, la custodia y manejo de los explosivos.

Los daños ocasionados a personas, animales o enseres, derivados del empleo de los explosivos, serán por cuenta del constructor.

2.3.5.3. Señalización

En las zonas que circulen personas o animales, o bien se presuma su asistencia, se dispondrán vallas, cercados, etc, con especial atención en aquellas excavaciones que permanezcan abiertas en días festivos.

2.3.5.4. Acabado del Hoyo y Retirada de Tierras

Las paredes del hoyo mantendrán una verticalidad constante en toda su profundidad y se efectuará una limpieza del mismo.

Las tierras procedentes de la excavación o explanación se esparcirán por su entorno. Cuando ello no sea posible (el propietario del terreno no lo autoriza, se precisan permisos municipales o estatales), el Director de obra optará por el logro de dichas autorizaciones o bien dictaminará que las tierras sean retiradas a escombrera.

2.3.5.5. Anclaje en Roca

El apoyo será metálico de celosía o de chapa metálica y ambos tipos dispondrán de una placa base apropiada para los pernos.

El constructor dispondrá de una plantilla apropiada al tipo de apoyo. Además, estará provisto del mortero de fraguado normal MAT 800 que se utilizará para la fijación de los pernos.

2.3.5.6. Saneamiento y Perforación

Excavación del terreno hasta la aparición de la roca y saneamiento de la misma.

Se marcará, mediante plantilla, la posición de los taladros necesarios para la instalación de los pernos; a continuación, y con herramienta perforadora, se practicarán los agujeros de diámetros apropiados a los pernos, horadando una profundidad que supere, en 15 cm, la longitud enterrada del perno.

Por inyección de aire comprimido se realizará la limpieza interior de los taladros efectuados.

2.3.5.7. Instalación de Pernos y Apoyos

Con un embudo y tubo, que alcance prácticamente la profundidad del taladro, se deposita el mortero en los agujeros realizados, controlando el volumen del mismo.

Se introducen los pernos en los agujeros llenos de mortero fresco, de forma que la rosca mecanizada emerja sobre una bancada de hormigón, que se construirá, posteriormente, para el asiento de la placa base del apoyo, instalando la pica de tierra y el correspondiente tubo rígido de PVC.

El tiempo de fraguado del mortero MAT vendrá en función de la temperatura ambiente y como mínimo será de 24 horas (temperatura comprendida entre 15ºC y 40ºC) o de 36 horas (temperatura comprendida entre 0ºC y 15ºC).

Se instalarán las arandelas y tuercas de asiento (nivelación), adecuadas a los pernos. A continuación, el apoyo o tramo inferior del mismo, con su placa base incorporada, se montará encima de la bancada de hormigón con las tuercas y contratuercas de fijación, después de haber transcurrido 48 horas desde la finalización de dicha bancada.

2.3.6. Transporte

2.3.6.1. Conductor (Bobinas)

Se comprobará el tipo y sección de conductor.

Las bobinas estarán sujetas para evitar que sufran daños durante el transporte, desde almacén hasta el lugar de depósito denominado "campa" o almacén próximo a la obra y viceversa.

2.3.6.2. Apoyos y Crucetas

El constructor comprobará que el suministro de apoyos corresponde a lo especificado en el proyecto de la línea, verificando la estructura del apoyo, esfuerzo útil y altura.

Para el transporte de los postes de hormigón, postes de composite reforzados y apoyos de chapa metálica suministrados en solo cuerpo se dispondrán de camas, cuyas longitudes serán tales que evitarán las deformaciones de los mismos. Asimismo, todos los apoyos estarán alojados y protegidos de forma que no se produzcan daños entre ellos.

El constructor dispondrá de los respectivos planos de montaje y de cualquier otra especificación que requiera el correcto armado de los apoyos compuestos por piezas o tramos.

Los apoyos metálicos de celosía estarán debidamente empaquetados e identificados por acoplamiento de alturas y esfuerzos útiles, recomendándose, además, que los tramos componentes sean del mismo fabricante.

Se comprobará que las crucetas son las apropiadas a los apoyos del proyecto.

La tornillería correspondiente a los apoyos metálicos de celosía y a las crucetas estará debidamente identificada, vendrá en cajas embaladas y bien diferenciadas por su métrica de rosca. Los tornillos estarán provistos de la tuerca y arandela plana correspondientes.

2.3.6.3. Aisladores, Herrajes y Resto de Material

Todos los materiales estarán protegidos contra daños y roces entre sí.

Los aisladores estarán embalados en cajas, las cuales llevarán una etiqueta identificativa del tipo de aislador y del número de unidades.

Los herrajes para formación de cadenas vendrán en cajas embaladas y con una etiqueta identificativa del tipo de herraje y del número de unidades.

El resto de material (tornillos pasantes para postes, soportes posapiés, conexiones y empalmes, señalizaciones, etc,), vendrán en cajas o en cestos protegidos y estarán debidamente clasificados.

2.3.7. Acopio

2.3.7.1. Conductor (Bobinas)

Las bobinas se trasladarán desde la "campa" o almacén hasta los puntos elegidos para el tendido, que serán de fácil acceso.

Los puntos de tendido se elegirán para que el número de empalmes sea el menor posible.

Cuando se vaya a realizar el tendido de los conductores, las bobinas se situarán a una distancia superior a tres veces la altura del apoyo inmediato, se colocarán en terreno horizontal y con calces que eviten su deslizamiento.

La situación de las bobinas será en dirección del tendido previsto y de forma que el conductor salga siempre por la parte superior de las mismas; en ningún caso el conductor tendrá contacto con el suelo y para ello, si es necesario, se suplementarán las bobinas.

Debido a la longitud de la línea y cuando sea necesario, las bobinas se colocarán en serie y de forma que sus posiciones coincidan, en dirección, situación y sentido, con el trefilado de los conductores.

2.3.7.2. Apoyos y Crucetas

Los postes de hormigón y de composite reforzado se manejarán con pluma y cabrestante o bien con grúa, sujetándolos por su centro de gravedad.

Los estrobos que sustenten a los apoyos llevarán las protecciones adecuadas que eviten fisuras, desconchados o hendiduras en la superficie de los apoyos. Asimismo, los apoyos metálicos y crucetas no sufrirán pérdidas de galvanizado.

Todo tipo de apoyo se colocará en posición horizontal (los apoyos metálicos de celosía previamente armados en uno o más cuerpos), convenientemente calzados y de forma que no se produzcan deformaciones.

Los apoyos y crucetas suministrados por paquetes se clasificarán y ordenarán, debidamente, para su posterior montaje.

2.3.7.3. Aisladores, Herrajes y Resto de Material

Los aisladores y herrajes, así como los aparatos de protección y maniobra no se desembalarán hasta que se efectúe el montaje.

El resto de material permanecerá en las cajas o cestos donde han sido transportados y no se extraerá ninguna pieza hasta que se realice su oportuno montaje.

2.3.8. Montaje

2.3.8.1. Apoyos Metálicos y Crucetas

El montaje se realizará en terreno liso y sin irregularidades; durante esta operación se instalarán los calzos de madera necesarios que eviten las deformaciones de las piezas.

La métrica de los tornillos será la que especifique el plano de montaje y su longitud será tal que, una vez montadas las tuercas y arandelas, tendrán tres pasos de rosca libres, como mínimo.

Los tornillos que se instalen en posición vertical se montarán de forma que la cabeza del tornillo se sitúe en el plano superior respecto a su tuerca. Asimismo, y como norma general, las tuercas de los tornillos se dispondrán en el exterior de apoyos y crucetas.

Cuando todas las diagonales, dinteles y montantes estén unidos entre sí, se aplicará mediante llave dinamométrica el par de apriete nominal y que con carácter orientativo será:

M12 = 3 ; M16 = 7 ; M20 = 14 ; M22 = 18 ; M24 = 24 y M30 = 47,5(daN.m)

Queda prohibido el uso de escariador o puntero de calderero para agrandar los taladros.

Los nuevos taladros que deban efectuarse a pie de obra (placas de señalización, bornes de puesta a tierra, etc) se confeccionarán de forma que, su número y diámetro, no reduzca el esfuerzo útil del apoyo. Estos agujeros se protegerán con pintura rica en cinc.

2.3.8.2. Cadenas de Aisladores y Aparatos

El plano de la línea indicará que la cadena es de suspensión, cruce o amarre, utilizando aisladores de vidrio o de composite; estos últimos recibirán, a todos los efectos, el mismo tratamiento que los de vidrio.

Los pasadores "autoblocajes" estarán perfectamente instalados en sus alojamientos y se asegurará el apriete de los bulones de herrajes.

La instalación de las grapas de amarre se realizará de forma que los estribos señalarán la dirección del puente flojo.

2.3.9. Toma de Tierra

La puesta a tierra de los apoyos se realizará siguiendo los criterios establecidos en el Reglamento de líneas aéreas y con el siguiente resumen:

- En zonas frecuentadas la resistencia de difusión no excederá de 20 ohmios.
- En zonas de pública concurrencia, además de cumplirse lo anterior, será obligatorio el empleo de tomas de tierra en anillo cerrado.

2.3.9.1. Disposición de las Tomas de Tierra

Las disposiciones y tipos de puestas a tierra estarán reflejados en los Proyectos Tipo.

La situación de las picas en los apoyos, con respecto a la traza de la línea, se efectuará, preferentemente, con arreglo a las siguientes disposiciones:

- Apoyos de alineación: En sentido de la línea.
- Apoyos de ángulo: En sentido perpendicular a la bisectriz del ángulo.
- Apoyos fin de línea: Perpendicular a la traza de la línea.

La mejora de la puesta a tierra podrá conseguirse conectando al anillo una o varias antenas tendidas radialmente, o bien construyendo un segundo anillo.

- Las zanjas que deban abrirse, para enterrar la toma de tierra en anillo cerrado, cumplirán las siguientes condiciones:
- La profundidad de las zanjas será, como mínimo, para el primer anillo 0,50 metros y para el segundo anillo 0,80 metros.
- El primer anillo se situará alrededor del apoyo y a una distancia de un metro de las aristas del macizo de la cimentación. El segundo anillo será concéntrico con el anterior y separado un metro.

El hincado de las picas se efectuará con sufrideras apropiadas, siendo la distancia mínima entre picas de 1,5 veces su longitud.

2.3.10. Medición

El equipo de medición será el telurómetro, mediante el cual se obtienen resistencias óhmicas y resistividades del terreno. Las medidas de las resistencias obtenidas serán puestas en conocimiento del Director de obra.

2.3.10.1. Izado

2.3.10.2. Medios

El izado de los apoyos se realizará con pluma y cabrestante o con grúa; el empleo de otros procedimientos será sometido al Director de obra, para su posible autorización.

El procedimiento de izado que se utilice (grúa, etc) se asentará sobre terreno firme, instalando todos los elementos auxiliares precisos que aseguren la operaciones que vayan a realizarse.

Los apoyos dispuestos con placa base, para su anclaje al terreno con pernos, se izarán después de haber transcurrido 48 horas, como mínimo, desde que se finalizó el fraguado de la bancada de hormigón.

Los apoyos se izarán con las crucetas, sujetándolos por encima del centro de gravedad del conjunto apoyo-cruceta. Si durante esta operación se producen dobleces o deformaciones en los perfiles, se rechazará el conjunto completo, ya que en dicha operación se ha sobrepasado el límite elástico del material.

Los aparatos de protección y maniobra, así como las cadenas de aisladores se izarán con especial cuidado y de forma que no sufran daño alguno.

2.3.10.3. Alineación de los Apoyos

Los apoyos, una vez situados en los hoyos o bancada de hormigón, quedarán alineados con los ejes de replanteo, no admitiéndose variaciones de alineación superiores a 1 mm/m de la longitud del vano.

Los apoyos se arriostrarán mediante tres vientos o tirantes, como mínimo, (en función del tipo y esfuerzo útil del apoyo) y convenientemente anclados al terreno.

Los apoyos se aplomarán adecuadamente, no admitiéndose desviaciones superiores a 3 mm/m del eje vertical de los mismos.

La situación de las crucetas respecto a la línea será:

- En alineaciones y fin de línea, perpendiculares a la traza de la línea.
- En ángulos, coincidiendo con las bisectrices de los ángulos formados por la traza de la línea.

2.3.10.4. Apriete de la Tornillería

Terminada la operación de izado se aplicará, a los tornillos de apoyos y crucetas, el reapriete de los mismos, para corregir los eventuales aflojamientos producidos durante el izado.

Se finalizará con un graneteado de los tornillos, que se efectuará aplicando el granete en dos puntos, como mínimo, y diametralmente opuestos.

2.3.11. Hormigonado

Antes de proceder al hormigonado se retirarán los cascotes desprendidos por el izado de los apoyos y se vaciarán los depósitos de agua que puedan existir en los hoyos. Las paredes que estén excesivamente secas se regarán hasta obtener un grado de humedad óptimo para recibir el hormigón.

2.3.11.1. Vertido del Hormigón

El hormigón se verterá en el hoyo por medio de canaletas, palas o cualquier otro sistema que evite su disgregación, pero siempre que no hayan transcurrido 30 minutos desde que se finalizó el amasado. Asimismo ocupará todo el hueco de la excavación, no permitiéndose encofrado de paramentos, rellenos de piedras sueltas, etc.

Durante la operación de hormigonado se dejará, embebido en la masa, un tubo rígido de PVC con diámetro interior de 30 mm, para la instalación del conductor de puesta a tierra; este tubo atravesará el macizo y saldrá

al exterior en las proximidades de la conexión al apoyo. Asimismo, en aquellos apoyos previstos para paso a subterráneo se dejará el tubo adecuado.

La compactación del hormigón se realizará mediante vibradores mecánicos, de forma que se consiga una masa homogénea ausente de oquedades.

Cuando las condiciones ambientales sean adversas (heladas), el hormigón se protegerá por medios apropiados que preserven y mantengan las características del mismo; sin embargo, se suspenderá el vertido en las siguientes condiciones:

- La temperatura ambiente es inferior a 1º C o superior a 40º C.
- La temperatura de la masa de hormigón es inferior a 5ºC.

2.3.11.2. Acabado

En caso de temperaturas extremas se protegerá la superficie de los macizos, durante 48 horas como mínimo y mediante los medios apropiados, de forma que el hormigón (durante la fase de curado) no sufra un exceso de evaporación ni una congelación de su capa superficial.

Se limpiará el terreno de los restos de hormigón y de los materiales utilizados para la construcción de las cimentaciones.

2.3.12. Tendido de Conductores

El Director de obra especificará si el tendido requiere de un equipo completo (cabrestante, freno, cable piloto, etc) para controlar, en todo momento, la tensión mecánica del conductor.

2.3.12.1. Medios

Las herramientas o útiles que se empleen para el conductor de cobre serán diferentes de los utilizados para el conductor de aluminio. Asimismo, las ranas o mordazas de los mecanismos para tensado de los conductores serán del material, diámetro y formas adecuadas a los conductores.

Las poleas de tendido estarán construidas con el material apropiado al conductor, según sea cobre o aluminio, y que tienen como fin evitar erosiones al propio conductor. Asimismo, las poleas tendrán un diámetro, como mínimo, igual a 20 veces el diámetro del conductor; la profundidad, pendiente y radios de la garganta cumplirán la norma UNE 21100.

2.3.12.2. Inicios de Obra

El constructor realizará un estudio previo de la instalación de los conductores que contemplará las secuencias de los trabajos y los criterios de ejecución. De todo ello se informará al Director de obra, el cual, convenientemente, aprobará o modificará dicho estudio y que se habrá realizado con las siguientes bases:

Los apoyos estarán arriostrados firmemente y en especial los de ángulo, anclaje y fin de línea.

El inicio del tendido se realizará después de transcurrido 8 días desde la finalización del hormigonado. Este tiempo podrá reducirse a 4 días para los apoyos anclados al terreno por pernos.

Las bobinas tendrán un grado de aprovechamiento óptimo y los empalmes se ejecutarán conforme a lo especificado en la identificación 21.2.

La tensión mecánica de los conductores se controlará en cada tramo de tendido, es decir, en cada serie especificada o puntos de amarre singulares.

Existirá una coordinación, visual o por radio, entre los operarios que manejen la bobina y los que tienden el conductor, de forma que exista un control constante y permanente de la operación del tendido.

2.3.12.3. Protecciones

Los obstáculos, que por su altura o constitución dificulten el tendido, se protegerán, convenientemente, para que los conductores no rocen con ellos.

En todos los cruzamientos, especialmente en carreteras, líneas telefónicas, telecomunicación y líneas eléctricas superiores a 1 kV, se dispondrán protecciones de madera, pórticos, redes, etc, de forma que el conductor y los operarios que efectúan el tendido se encuentren a las distancias reglamentarias. En vías públicas se instalarán, además, las señales de tráfico reglamentarias.

2.3.12.4. Tendido y Tensado

La situación de las bobinas será la prescrita en la identificación 15 "Acopio", estarán elevadas y sujetas por barras y gatos hidráulicos, de forma que puedan girar sobre su eje. Además, dispondrán de dispositivo de frenado que evite el embalamiento del conductor.

Las poleas se instalarán firmemente sujetas a las crucetas y en la posición más próxima posible a la definitiva del conductor. Cuando se trate de grandes ángulos se utilizarán dos poleas en serie y se sujetarán a la estructura de los apoyos de forma que puedan oscilar libremente.

El conductor, durante la salida del tambor, será observado constantemente, vigilando que el estado del mismo sea perfecto, que no sufra rozamientos y que el ángulo de salida sea el adecuado.

Los conductores discurrirán por las gargantas de las poleas, manteniendo la tensión mecánica mínima y adecuada que evite roces con el suelo, cocas, roturas de hilos, etc.

2.3.12.5. Regulado

El regulado se realizará por tramos comprendidos entre dos apoyos de anclaje y se suspenderá cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0ºC, superior a 40ºC o siempre que la velocidad del viento sea igual o superior a 10 km/h.

El proyecto de la línea especificará la tabla de tendido adoptada y el vano regulador de cada alineación, serie o tramo (vano equivalente). La tensión de regulado será la que le corresponda a dicho vano regulador en las condiciones de temperatura ambiente en el momento del regulado, según las tablas de tendido del correspondiente Proyecto Tipo.

Se procurará mantener a los conductores, sobre las poleas, un tiempo superior a 24 horas.

Posteriormente se procederá al engrapado o retencionado de los amarres situados en los puntos de anclaje, instalando los conductores sobre las grapas de suspensión, con su par de apriete, quedando las cadenas de suspensión en posición vertical.

La comprobación de la flecha de tendido se realizará, o bien por medio de dinamómetro o fijando la flecha que le corresponde, en un vano determinado, a la tensión del vano regulador, no admitiéndose variaciones de flecha superiores al ± 1 %.

2.3.12.6. Engrapado o Remencionado

Los amarres de los conductores de aluminio se efectuarán con llave dinamométrica y se aplicarán los pares de apriete nominales especificados por los fabricantes. Los conductores de cobre se amarrarán, de forma manual, con retenciones helicoidales.

2.3.13. Conexiones y Empalmes

2.3.13.1. Confección de Conexiones

La ejecución de los terminales se realizará por compresión.

2.3.13.2. Confección de Empalmes

En un mismo vano y conductor sólo podrá efectuarse un empalme, salvo reparación temporal de la línea, en cuyo caso se admitirán dos empalmes. No se realizará empalme alguno en los vanos comprendidos entre dos apoyos consecutivos con seguridad reforzada (cruzamientos).

2.3.14. Señalizaciones

La placa de riesgo eléctrico será del tipo CE-14. El constructor pintará el número del apoyo (con pintura indeleble y con protección contra la radiación solar), o bien instalará una placa con los dígitos, los cuales se instalarán mediante tornillos apropiados a los apoyos y con remaches para la unión entre los propios elementos. Toda otra señalización, prescrita en el proyecto, se situará a una altura tal que pueda ser legible desde el suelo.

2.3.15. Antiescalo

Los apoyos situados en zonas frecuentadas o de pública concurrencia dispondrán de un sistema Antiescalo que tendrá dos metros de altura, como mínimo. El Antiescalo correspondiente a los apoyos de celosía estará unido a los montantes y de forma que no pueda acumularse agua en su interior ni que sirva de depósito de basura.

2.3.16. Desmontajes

El Director de obra especificará los materiales que pueden ser recuperados o bien que deben ser destinados para chatarra, en función de su estado de conservación y aptitud para su posterior utilización. Asimismo, el Director de obra inspeccionará el estado del material, aceptando o rechazando el mismo, antes de su entrada en almacén. Los apoyos, antes de ser apeados los materiales, se arriostrarán convenientemente.

2.3.16.1. Materiales Para Recuperación

Se realizarán las operaciones inversas a las de ejecución y finalizando con el depósito de los materiales en el almacén.

Los conductores se rebobinarán en bobinas normalizadas y se situarán en el tambor por capas uniformes, sin producir tensiones mecánicas excesivas en los conductores.

Los apoyos empotrados en macizos monobloque de hormigón se serrarán al nivel del macizo, efectuándose, además, la demolición de la peana y la extracción de 50 cm de profundidad del macizo.

Los apoyos anclados al terreno por pernos se desmontarán mediante la demolición previa de la peana, evitando dañar la placa base que también será recuperada (ver identificación 13).

Para los postes de madera retacados se abrirá un hueco en el terreno que permita la extracción del poste o bien se serrará por la base, según el criterio del Director de obra.

Los apoyos metálicos (chapa, presilla o celosía) se desarmarán por piezas completas o por tramos; en este último caso se clasificarán por fabricante, esfuerzo útil y composición de altura.

Las crucetas metálicas se clasificarán por fabricante y esfuerzo útil, de forma que el desarme se efectúe en la forma más conveniente para su traslado y depósito, pero nunca serán despiezadas elemento a elemento.

Los aisladores, así como los aparatos de protección y de maniobra, expuestos en zonas de fuerte contaminación, zonas propensas a actos vandálicos o de alto nivel ceráunico, serán inspeccionados con detalle.

En ningún caso se recuperarán los siguientes materiales:

- Grapas de suspensión y amarre
- Elementos de conexión y empalme
- Varillas preformadas

2.3.16.2. Materiales para Chatarra

Durante este desmontaje se tomarán toda clase de precauciones para no dañar al resto de materiales que han sido considerados de recuperación.

Los conductores se rebobinarán en bobinas desusadas o en rollos.

Los apoyos y crucetas metálicas se despiezarán formando paquetes; el resto de materiales se dispondrá en cajas. Todo ello se realizará con las instrucciones del Director de obra, el cual indicará el lugar en que se depositará la chatarra.

2.3.16.3. Limpieza del Terreno

El terreno quedará limpio de los escombros producidos por la demolición de los cimientos.

Se recogerán todos los pequeños materiales (retales de cables, tornillos, etc) desprendidos durante la operación de desmontaje.

2.3.17. Cartografía

Una vez finalizada la obra el constructor reflejará, en los planos del proyecto de la línea, todas las variaciones realizadas durante el proceso de ejecución, así como las deficiencias o errores observados sobre el proyecto inicial. Estos planos se entregarán a la dirección de obra, aportando, además, toda la documentación complementaria que interese o afecte al proyecto de la línea.

2.4. Obra Civil en Líneas Subterráneas

Los trabajos de Obra Civil se ejecutarán de acuerdo con los condicionantes impuestos por los distintos organismos afectados.

Las etapas que componen la ejecución de los citados trabajos son las siguientes:

2.4.1. Apertura de Zanja

Se realizarán las siguientes fases de ejecución:

1-. Detección de los servicios mediante el estudio de georradar (o medio similar) de hasta una profundidad de 3 m. realizando una planta y un perfil de los servicios detectados de la franja a realizar la canalización.

2-. Realización de catas manuales para localización de servicios.

3-. Ejecución en caso de necesidad de calas de reconocimiento y su posterior reposición.

4-. Excavación en cualquier tipo de terreno y a cualquier profundidad.

5-. El lecho de zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, etc.

6-. En los trazados curvos, la zanja se realizará de forma que los radios de los conductores sean como mínimo de 12 m.

7-. Seleccionado de tierra vegetal para su posterior reposición en zona de terreno natural).

8-. Supresión y posterior restitución de posibles obstáculos (árboles, postes, etc.) a lo largo de la traza conforme a los permisos firmados y propietarios.

9-. La zanja abierta debe estar señalizada en toda su longitud y de forma permanente de acuerdo con las normas del municipio e instaladas las protecciones precisas.

11-. Entibación de resultar necesaria.

11-. Encofrado en aquellos puntos que pudiera ser necesario

12-. Retirada de tierras a vertedero, incluida carga y descarga y pago tasas vertedero.

13-. Capa de hormigón de para el enclavamiento de los separadores para la disposición correcta de los tubos.

14-. Se dispondrán los pasos peatonales o de otro tipo que sean necesarios, así como las planchas de acero u otros elementos que deban colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Si fuese necesario interrumpir la circulación, se solicitará la autorización correspondiente.

2.4.1.1. Entibación

En caso de ser necesario proceder a realizar entibación, ésta debe ser dimensionada para las cargas máximas previsibles en las condiciones más desfavorables.

Las entibaciones han de ser revisadas al comenzar la jornada de trabajo, tensando los codales que se hayan aflojado. Se extremarán estas prevenciones después de interrupciones de trabajo de más de un día y/o de alteraciones atmosféricas como lluvias o heladas.

Los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acopiarse, se apilarán a la distancia suficiente del borde de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras en los taludes, debiéndose adoptar como mínimo el criterio de distancias de seguridad indicado en la siguiente imagen:

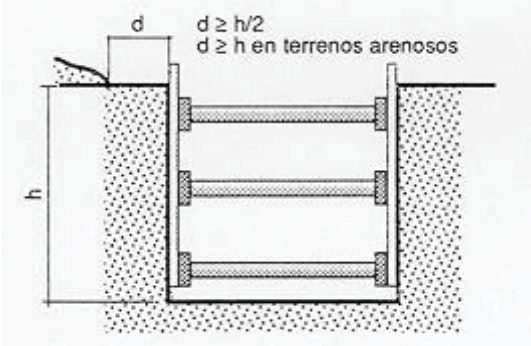


Figura 1: Criterio de Distancias de Seguridad

Cuando en los trabajos de excavación se empleen máquinas, camiones, etc. que supongan una sobrecarga, así como la existencia de tráfico rodado que transmita vibraciones que puedan dar lugar a desprendimientos de tierras en los taludes, se adoptarán las medidas oportunas de refuerzo de entibaciones y balizamiento y señalización de las diferentes zonas.

Cuando las excavaciones afecten a construcciones existentes, se hará previamente un estudio en cuanto a la necesidad de apeos en todas las partes interesadas en los trabajos, los cuales podrán ser aislados o de conjunto, según la clase de terreno y forma de desarrollarse la excavación, y en todo caso se calculará y ejecutará la manera que consoliden y sostengan las zonas afectadas directamente, sin alterar las condiciones de estabilidad del resto de la construcción.

En general las entibaciones o parte de éstas se quitarán sólo cuando dejen de ser necesarias y por franjas horizontales, comenzando por la parte inferior del corte.

En zanjas de profundidad mayor de 1,50 m., siempre que haya operarios trabajando en su interior, se mantendrá uno de retén en el exterior, que podrá actuar como ayudante de trabajo y dará la alarma caso de producirse alguna emergencia.

En la obra se dispondrá de palancas, cuñas, barras, puntales, tablones, etc. que no se utilizarán para la entibación y se reservarán para equipo, de salvamento, así como de otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer a los operarios que puedan accidentarse.

2.4.1.1.1. Sistemas de Entibación

Por entibación se entiende toda fortificación para contención de tierras, realizada generalmente con madera.

Entibación con tablas horizontales

Se emplea cuando el corte se lleva a cabo en un terreno con suficiente cohesión que le permite ser autoestable mientras se efectúa la excavación. Mediante la alternancia excavación (0,80 m a 1,50 m) y entibación, se alcanza la profundidad total de la zanja.

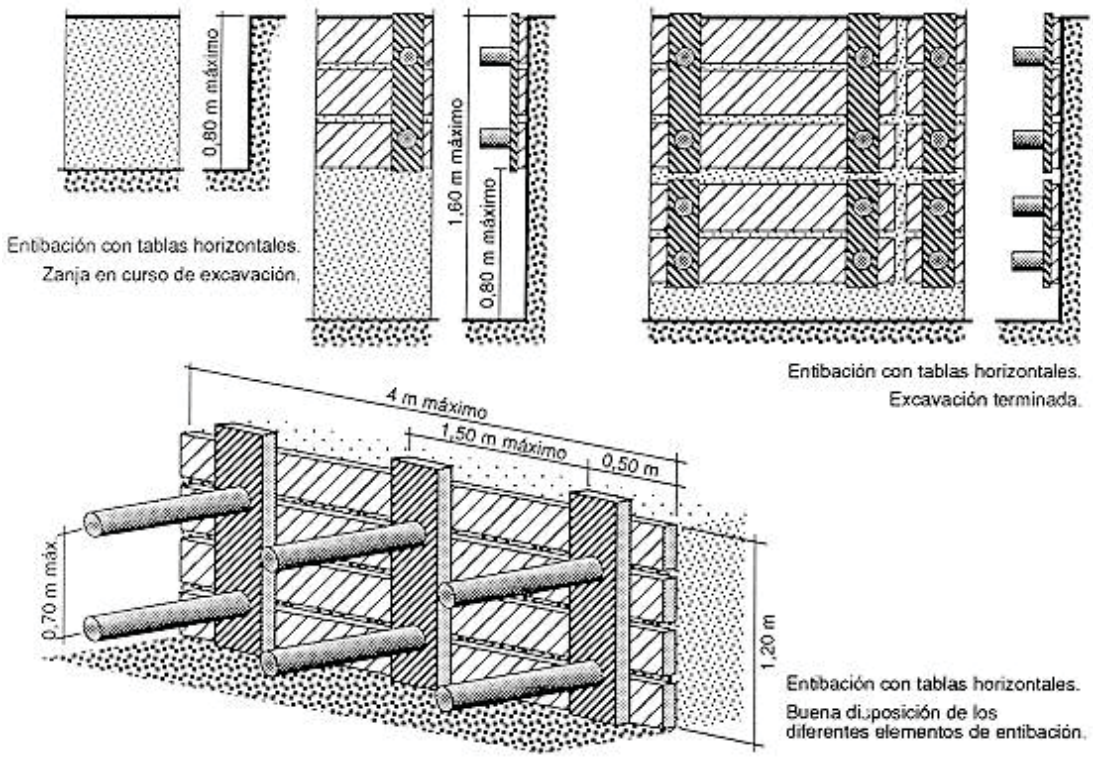


Figura 2: Entibación con Tablas Horizontales

Entibación con tablas verticales

Cuando el terreno no presenta la suficiente cohesión o no se tiene garantía de ello, es más aconsejable llevar a cabo la entibación con tablas verticales, que en caso de que el terreno presente una aceptable cohesión y resistencia se excava por secciones sucesivas de hasta 1,50 - 1,80 m de profundidades máximas, en tramos longitudinales variables que en ningún caso deberán pasar de 4 m; y en caso de que el terreno presente poco o ninguna cohesión deberán hincarse las tablas verticales en los citados tramos antes de proceder a la excavación de las tierras alcanzándose la profundidad prevista en sucesivas etapas.

Independientemente de que la entibación se realice con tablas horizontales o verticales, éstas podrán cubrir totalmente las paredes de la excavación (entibación cuajada), el 50% (entibación semicuajada) e incluso menos de esta proporción (entibación ligera).

Otros sistemas de entibación

Además de los vistos existen otros sistemas que se alejan de los tradicionales, que son seguros frente al riesgo de atrapamiento de personas por desprendimiento de tierras, pero que en general requieren de medios que sólo disponen empresas especializadas, conociéndose con el nombre de entibaciones especiales, tales como el sistema Quillery, el Heidbrader, el Lamers, los que emplean dispositivos deslizantes, etc. Por ser el más accesible al común denominador de las empresas destacaremos aquí el primero de los mencionados.

Sistema Quillery

Es aplicable hasta una profundidad recomendable de 3,50 m en terrenos de buena cohesión.

Consiste en unos paneles de revestimiento de longitud 2-2,50 m que se preparan en las proximidades de la zanja y que una vez abierta ésta se introduce en la misma. Si la profundidad sobrepasa los 2-2,50 m se realiza en una primera fase hasta esta profundidad y en una segunda fase se alcanzan los 3,50 m de profundidad máxima recomendable.

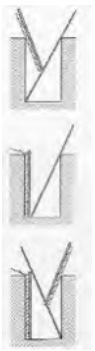


Figura 3: Sistema Quillery

2.4.2. Colocación de Tubos

La colocación de los tubos se llevará a cabo bajo las siguientes consideraciones:

1-. Habrá que tener especial cuidado en el montaje de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por defecto del transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo desechando los defectuosos.

2-. Los extremos de los trazados de tubos se cerrarán con tapones normalizados una vez que estén colocados en la zanja y/o hayan sido mandrilados, para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, etc.). Deberá tenerse especial cuidado durante el hormigonado para que no se introduzca hormigón en el interior de los tubos.

3-. La separación necesaria entre los tubos de forma que se certifique que el hormigón rodea en todo su diámetro a los tubos, se llevará a cabo colocando separadores a lo largo de todo el recorrido de los tubos. Dichos separadores no podrán ser en ningún caso metálicos, e irán instalados cada 1,5 metros.

4-. Se dejará una cuerda piloto de nylon, de 10 mm de diámetro mínimo, en el interior de cada uno de los tubos de 250 mm, y 100 mm y una cuerda piloto de nylon, de 5 mm de diámetro mínimo en el interior de cada uno de los conductos de 40 mm.

5-. Suministro y colocación de separadores cada 1,5 m para sujeción de los tubos de PE para evitar movimientos o deformaciones durante el hormigonado.

6-. Suministro y montaje de tapones para evitar la entrada de suciedad en el interior de la canalización.

2.4.3. Hormigonado y Tapado de Zanja

El hormigonado de los tubos (HM-20/P/20/I) no tendrá lugar hasta que la canalización haya sido supervisada, hormigonando por tongadas, una vez colocados los tubos perfectamente alineados y empalmados se procederá al hormigonado de los mismos sin pisar la canalización vertiendo el hormigón al menos en dos tongadas, una para fijarlos (una pequeña solera en la que se fijaran los separadores y servirá para soportar los tubos del prisma eléctrico) y otra para alcanzar la cota, con un espesor de 0,824 m envolviendo completamente los tubos (esta capa de hormigón hace la función de inmovilización de los tubos y para soportar los esfuerzos de dilatación- contracción térmica o incluso esfuerzos de cortocircuito en los cables).

La unión de los tubos se realizará con manguitos de unión, de forma que la unión de los tubos se realice de forma rápida y sencilla, sin necesidad de utilizar herramientas especiales.

Una vez transcurrido un periodo no inferior a 24 horas se podrá rellenar la zanja, dejando libre el espesor del firme de hormigón y del pavimento, con tierra procedente de la excavación, o todo-uno normal, de árido de 20, arena de miga, según el terreno por donde discurra la instalación en capas compactadas de 0,20 m. Dentro de esta capa de relleno y a una separación del prisma de 0,2 m, se tenderán las cintas de plástico de 200 mm de ancho, indicativas de presencia de cables eléctricos de alta tensión, de color amarillo, y una situada por encima de la canalización para las comunicaciones, de color verde.

Los tubos instalados serán sellados para evitar la entrada de suciedad y deberán salir de la canalización a una arqueta de 70 x 70 cada 150 m, o de acuerdo con el replanteo de arquetas. Estas arquetas deberán situarse a ser posible en la acera.

Cuando se precise mayor resistencia a la compresión, se incorporará a la capa de hormigón un mallazo de acero dimensionado según las necesidades.

Suministro y compactación de tierras de relleno o arena de miga al 95% para las capas intermedias y al 100% del Próctor Modificado para la capa final, dispuestas en tongadas no superiores a 20 cm.

Mandrilado de la canalización mediante calibre con dos cepillos de limpieza delante y detrás del mandril aportado por el ejecutor de la obra civil, con las medidas indicadas. El mandrilado será traccionado por una máquina de tiro, para controlar el esfuerzo en cada tramo.

Reposición del firme, sea este aglomerado asfáltico, acera o zona verde. En el caso de pequeños tramos de campo abierto con rasantes definidas, el acabado superficial se realizará mediante una capa de tierra.

Retirada de material sobrante a vertedero.

En el caso de realización discontinua de los tramos de canalización, se dejarán convenientemente tapado y señalizados los extremos del tramo de zanja a realizar, dejando 1 m de tubo a cada lado sin hormigonar debidamente tapados sus extremos con tapones normalizados para cada sección de tubo con el fin de evitar la penetración de materiales en el interior de los tubos.

Se verificará la calidad del hormigón.

El vertido de hormigón se realizará de modo que su caída no provoque el desplazamiento de los tubos, desviando el chorro con una pala para distribuirlo a los lados de la zanja.

Tras el hormigonado se deberá esperar el tiempo suficiente de fraguado antes de echar la tierra y compactar, de modo que los tubos no queden aplastados por la operación de compactación.

Durante la ejecución de la obra civil se podría aumentar el número de calas de tiro para mejorar el tendido de los cables siempre y cuando así lo estime el fabricante del cable. Una vez finalizado el tendido se procederá a tapar las calas de tiro que no sean cámaras de empalme.

Se realizará la reposición completa de caminos u otras superficies que atraviesen el trazado.

El radio de curvatura mínimo de la canalización en caso de cambios de dirección será de 12m, y en caso de desnivel por motivos de cruzamientos no se excederá del 15%.

Se colocarán Mojones o chapas de señalización superficial cada 50m y en zonas de curvatura.

2.4.4. Cruzamientos y Paralelismos

Todas las aproximaciones, paralelismos, cruzamientos de la línea eléctrica proyectada con los servicios del resto de organismos cumplirán con los requisitos señalados en el Reglamento (RLAT).

En los cruzamientos que requieran mayor profundidad de zanja que la profundidad media definida en los planos, la pendiente no será mayor del 15%. A lo largo del cruzamiento, se mantendrá una rasante horizontal hasta sobrepasar la anchura del obstáculo.

Cuando el servicio a cruzar sea demasiado profundo o cuando otros condicionantes de la obra así lo requieran se considerará la posibilidad de pasar por encima.

Como regla general los cruzamientos con otros servicios se realizarán por debajo de los mismos, dejando una distancia mínima entre los conductores y el servicio cruzado no inferior a 0,50 metros.

En todos los casos se respetarán los condicionados de cruzamiento emitidos por los correspondientes organismos o propietarios de los servicios afectados por el paso de la canalización eléctrica subterránea.

Si con motivo de las obras de apertura de la zanja apareciesen instalaciones de otros servicios, se tomarán las precauciones necesarias para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban inicialmente.

Todos los cruzamientos de servicios se documentarán mediante fotografía antes de hormigonar el prisma, identificando el punto de cruce en el perfil, adjuntando un plano “as built” del prisma de la canalización a escala 1:500 con coordenadas UTM cada 5 metros y para la definición de las curvas se identificarán tres puntos, tomando la distancia desde el borde de la canalización hasta algún elemento fijo, como edificios, etc.

2.4.5. Otros

Durante la ejecución de la obra se mantendrá una limpieza estricta en las zonas de trabajo no permitiendo existir escombros producidos por la excavación ni de cualquier otra causa ya que prácticamente todos estos trabajos se realizarán en la zona urbana.

Todos los accesos deberán mantenerse permanentemente en buen estado. Las carreteras, caminos, sendas, etc. que se utilicen quedarán al término del trabajo al menos en las mismas condiciones que se encontraban con anterioridad a su inicio.

2.4.6. Tendido de Cables Subterráneos

2.4.6.1. Transporte

Durante el transporte se distinguen tres fases:

- Transporte desde fábrica hasta almacén
- Almacenamiento
- Traslado al lugar de tendido

En la mayoría de las ocasiones se reducirá a traslado de fábrica a lugar de tendido.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Para la carga ha de embragarse la bobina mediante un eje o barra adecuados, alojados en el orificio central. El estrobo no deberá ceñirse contra la bobina al quedar ésta suspendida, para lo que bastará disponer un separador o distanciador de los cables de acero.

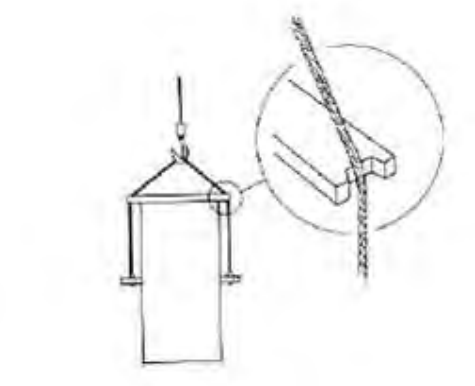


Figura 4: Separador de Cables

2.4.6.2. Descarga y Almacenamiento

Para la descarga la bobina deberá protegerse de idéntica forma. Se retirará la bobina del camión de transporte mediante una grúa y se ubicará en la zona desde la que se vaya a tender. Deber ponerse especial cuidado en no romper las duelas de protección con el fin de no dañar el cable. Cuando la bobina se deje a la intemperie, se taponarán las puntas de cable con el fin de proteger el cable de humedades, etc.

2.4.6.3. Traslados y Emplazamiento de Bobinas

Cuando las bobinas deban ser trasladadas girándolas por el terreno, únicamente en pequeños recorridos, el sentido de giro será el mismo en el que fue enrollado el cable en la fabricación y que será el contrario al que viene marcado por una flecha en el plato de la bobina, el cual indica el sentido en el que deberá ser desenrollado el cable cuando se proceda al tendido.

Si es necesario revirar las bobinas en algún momento, se empleará un borneador que, apoyado en uno de los tornillos de fijación de los platos laterales, al tropezar en el suelo cuando gira la bobina, la impulsa hacia el lado contrario. El emplazamiento de la bobina para el tendido se realizará de forma que el cable salga por la parte superior de la misma y se encuentre en alineación con la zanja.

A continuación, se muestra un detalle de cómo tender la bobina de cable:

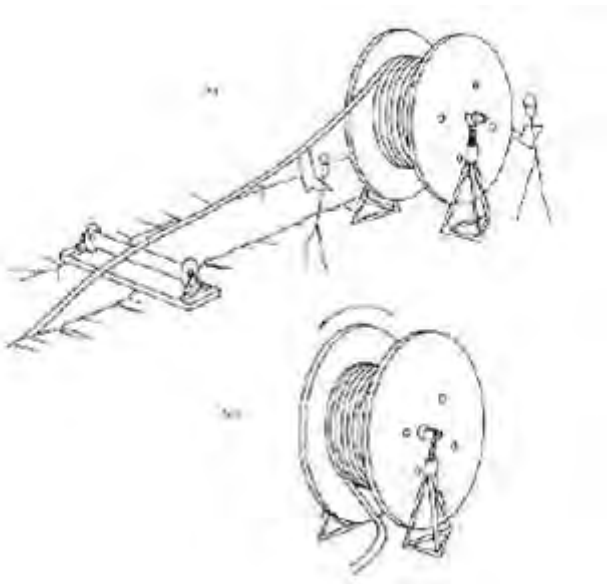


Figura 5: Criterio de Tendido e Bobina

La bobina se sujetará mediante gatos mecánicos de forma que no se desequilibre al realizar el tendido.

2.4.6.4. Tendido

2.4.6.4.1. Esfuerzo de tiro

El esfuerzo de tiro no será nunca superior a 5 kg/mm2 en el caso de cables unipolares de Cu. Para el Al, el esfuerzo deberá reducirse a la mitad.

Para la aplicación del esfuerzo de tiro sobre el cable se colocará en el extremo del mismo una mordaza o cabezal, que puede venir preparado de fábrica (reduciendo el tiempo de preparación para el tendido en obra, siendo necesario únicamente unir el cable al piloto de tiro mediante una junta cardan) o bien colocarse en la obra.

El cabezal se compone de una camisa de aluminio que abraza y comprime el conductor desnudo (eliminadas resto de capas) y recubierta con material aislante, y una argolla de enganche para la junta cardan.

El tendido del cable de potencia se realiza mediante cabrestante con tiro controlado y piloto de acero.

Para facilitar el tendido del cable, es aconsejable, para disminuir el rozamiento y esfuerzo de tiro, proceder a un engrasado exterior del cable antes de introducirlo en el tubular, utilizando grasa neutra.

Para efectuar el movimiento de puntas, así como la subida a los soportes, se utilizan grúas y medios manuales.

2.4.6.4.2. Taponamiento de los tubulares

En los extremos de los tubulares es preciso recurrir al taponamiento con objeto de evitar que se introduzcan cuerpos extraños e incluso pequeños animales. Este sellado se realiza generalmente mediante espuma expansible.

2.4.6.4.3. Precauciones durante el tendido

Durante el tendido se tomarán las siguientes precauciones:

Controlar constantemente el esfuerzo de tracción para no exceder los esfuerzos máximos

Colocar un pasador calibrado de protección por ruptura, que interrumpa la tracción al superarse los esfuerzos máximos.

2.4.6.4.4. Empalmes en Cables Subterráneos

El método de efectuar el empalme se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dicho empalme. Las características y ensayos deben estar de acuerdo con el Reglamento y como se describe en la norma UNE 21159.

2.4.6.4.5. Seguridad y Salud Laboral

Para la ejecución de los trabajos se redactará un Plan de Seguridad y Salud, de acuerdo al ESS recogido en el Proyecto Oficial de Ejecución el cual indicará las medidas prácticas de seguridad y salud que se prevén adoptar durante el desarrollo de la obra de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1627/1997 y concretamente en su “Disposición transitoria única”. El citado Plan de Seguridad y Salud será aprobado por el Coordinador designado con anterioridad al inicio de los trabajos.

2.4.7. Recepción de la obra

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificará que los otros trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones además de las condiciones particulares establecidas en el estudio de impacto ambiental, estudio de seguridad y resoluciones administrativas.

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.

2.4.7.1. 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.

2.4.7.2. Tolerancias y Control de Calidad

Los requisitos de control de calidad que deberá de cumplir y aplicar el Contratista quedarán reflejados en el pliego de Condiciones Particulares de Contratación inicial.

2.4.8. Pruebas

Las pruebas de la instalación se realizarán mediante la puesta en tensión, para proceder posteriormente a su puesta en carga y poder comprobar su correcto funcionamiento a los valores nominales de la instalación.

2.5. Plan de Control de Calidad

El plan de control, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se preparará en base a los criterios de buena práctica y conforme a las instrucciones, normas, pliegos, etc., de aplicación en cada caso, debiéndose cumplir como mínimo los requisitos expuestos en los siguientes apartados.

El contratista de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas, o en su defecto en las Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales, encargará la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados.

Mensualmente el contratista entregará los certificados de calidad de todos los materiales utilizados, indicando las unidades de obra a que afecta, al término de la obra civil se cumplimentará el Anexo 1 de la Especificación Técnica “IBDE-IO-2015-0005 ET Obra Civil Subestación Iberia”.

Replanteos

Los errores máximos permitidos serán:

Tolerancias permitidas		
Entre ejes de replanteo y ejes de cimentaciones	mm	2
Entre ejes de cimentaciones y testas de los pernos	mm	1
En nivelación de bases de cimentaciones	mm	1
En nivelación de carreteras y viales	mm	5
En nivelación de explanada	mm	20

Tabla 1: Tolerancias Permitidas

Movimientos de tierras

Cuando se efectúen movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. Se deberán cumplir los valores de Límite de Atteberg, análisis granulométrico, equivalente de arena, Proctor normal/modificado, CBR de laboratorio, materia orgánica y densidad “in situ”, según especifica en cada caso las correspondientes normas NLT ó UNE.

El control de ejecución de los terraplenes se hará conforme al Manual de Métodos “M-HS-02 Explanaciones, Excavaciones y Rellenos Localizados”.

Hormigón

Para garantizar las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo 11 del CE-21, se realizará un control de ejecución a nivel normal conforme al Manual de Métodos "M-HS-04 Fabricación y Puesta en Obra de Hormigón".

De acuerdo con la mencionada guía:

La comprobación de la resistencia del hormigón se realizará en el laboratorio, mediante la rotura a compresión de probetas sacadas a pie de obra, a la edad de 7 y 28 días, según normas UNE-EN 12350-1, UNE-EN 12390-1, UNE-EN 12390-3.

La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE-EN 12350-2.

Por otra parte, el Contratista especificará al responsable de la planta de hormigonado, las características del hormigón a utilizar, principalmente en lo que respecta a resistencia y consistencia.

Piezas prefabricadas de hormigón armado o pretensado

El fabricante presentará un expediente en el que se recojan las características tales como:

- Calidad del Hormigón.
- Calidad del acero.
- Dimensiones y tolerancias.
- Solicitaciones.
- Precauciones durante su montaje.

Armaduras

- Verificación de la sección equivalente.
- Ensayos y características según Norma UNE 36068:94.
- Comprobación de los valores característicos del material, límite elástico, rotura y alargamiento.
- Verificar que las características de las mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado cumplen con la norma UNE 36092:96.

Montaje de Estructuras Metálicas y Soportes

Las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados serán indicadas en los planos. Las tolerancias admitidas son:

	Soportes	Estructuras	Dinteles
Aplomado	± Altura/1000 ≤ 25 mm	± 3 %0 de la altura	

	Soportes	Estructuras	Dinteles
Nivelación	±2,5 mm (*) Con un máximo de 2,5 mm entre cada soporte de seccionadores	± 2,5 mm	Horizontal: ± 3%0 de la longitud
Alineación	± 2,5 mm (anclaje mediante hormigón)		
	Holgura que permita el taladro , < 2,5 mm (anclaje mediante pernos)		
Flecha		± altura/1000 ≤ 15 mm (F. de los pilares de la estructura respecto a su eje vertical)	± Longitud/1000 ≤ 10 mm (F. entre ejes de apoyo)

Tabla 2: Montaje de Estructuras Metálicas y Soportes

Notas:

Encarado de pilares para estructuras: ±3 % 0 del eje de alineación.

Longitud del dintel: ± 5 mm (En los casos que tenga junta de dilatación ± 15 mm).

Para garantizar las condiciones, el control de la ejecución del resto de la obra se ajustará a las Normas, Pliegos e Instrucciones que les sean de aplicación en cada caso y en particular a las señaladas en el Apartado 3.2 del presente documento.

2.6. Recepción de las Obras

Al término de las obras comprendidas en el Proyecto, se hará una recepción de las mismas, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si éste es el caso, dándose la obra por terminada si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta, y se darán las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Para la recepción y puesta en servicio de la instalación se realizarán las pruebas que se precisen para asegurar su correcto funcionamiento. Se pueden distinguir tres fases, en las cuales se exponen los ejemplos más significativos, teniendo que cumplimentar en cada fase los Planes de Puntos de Inspección correspondientes según la Guía de Construcción G-DS-3.0.01.

2.6.1. Medición y comprobaciones

- Medida de resistencia de la malla de tierra y de las tensiones de paso y contacto.
- Medida de aislamiento de cables y del aparellaje de AT.
- Medida de rigidez dieléctrica del aceite de los trafos y aislamiento de los bobinados.
- Polaridad de los TI.
- Timbrado de cables de control.

2.6.2. Pruebas locales y P.E.S. de equipos de baja tensión

- Pruebas funcionales de seccionadores.
- Pruebas funcionales de interruptores.
- Pruebas funcionales de transformadores de potencia.
- Pruebas y puesta en servicio de rectificadores y baterías de acumuladores.
- Puesta en servicio de armarios de servicios Auxiliares.

2.6.3. Pruebas de control, telecontrol y P.E.S. del aparellaje de AT

- Comprobación de los circuitos de mando, control, señalización y alarma de interruptores y seccionadores, de intensidades y tensiones de los transformadores de medida, de bloqueos y condicionantes de control.
- Pruebas de regulación de tensión de transformadores de potencia.

- Pruebas de protecciones, equipos de medida, de telecontrol, registradores cronológicos.
- Energización de todos los elementos de la Subestación y prueba de su funcionamiento a tensión normal.
- Puesta en servicio.

A la finalización de la obra, el contratista entregará un expediente de Fin de Obra con los protocolos de pruebas realizadas.

DOCUMENTO 3: PRESUPUESTO

Índice

1. PRESUPUESTO PSFV 3

1 PRESUPUESTO TRAMO SUBTERRÁNEO 9

2 PRESUPUESTO TRAMO AÉREO 11

1.PRESUPUESTO PSFV

Código	*Capítulo*	*Ud*	*Descripción*	*CanPres*	*PrPres (€/Ud)*	*ImpPres*
1	**Estudios e Ingenierías**					**30.000,00 €**
		ud	Ingeniería de detalle	1,00	30.000,00	30.000,00 €
2	**Suministro de Maquinaria y Equipos Principales**					**1.397.400,00 €**
		Wp	**Módulos**. Suministro de módulos tipo monocristalinos, potencia 720 Wp, fabricante JinkoSolar o similar.	6.630.000,00	0,11	729.300,00 €
		VA	**Inversores String**. Suministro de inversores string tipo "SUN2000-330KTL-H1", del fabricante Huawei o similar, cada uno con una potencia nominal de 300 kW @40ºC. Incluye centro de transformación y celdas MT.	5.100.000,00	0,04	204.000,00 €
		Wp	**Seguidores**. Seguidores tipo 1 eje N-S, configuración 1V56/1V28/1V14 monofila, fabricante Zimmermann o similar.	6.630.000,00	0,07	464.100,00 €
3	**Obra Civil**					**360.983,45 €**
3.1	**Viales de acceso**					**5.374,96 €**
		ml	Caminos de acceso	67,63	79,48	5.374,96 €
3.2	**Viales internos**					**52.505,12 €**
		ml	Caminos internos	906,20	57,94	52.505,12 €
3.3	**Acondicionamiento del terreno**					**25.587,52 €**
		ha	Acondicionamiento del terreno. Desbroce y destoconado de la superficie de actuación con medios mecánicos, con carga y transporte a vertedero dentro de la parcela de los productos sobrantes para acopio temporal y posterior uso de la tierra vegetal dentro de la parcela	12,99	1.970,27	25.587,52 €
3.4	**Centro de transformación (CTs)**					**7.503,36 €**

Código	Capítulo	Ud	Descripción	CanPres	PrPres (€/Ud)	ImpPres
		ud	Cimentación CTs. Realización in situ de cimentación para los centros de transformación. Se incluye excavación, señalización, retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado.	1,00	7.503,36	7.503,36 €
3.5	**Hincas de estructuras**					**69.361,04 €**
		ud	Hincado directo. Suministro e instalación de hincas con instalación directa en el terreno mediante hincapostes.	1.624,00	42,71	69.361,04 €
3.6	**Canalizaciones enterradas**					**82.223,21 €**
		ml	**Canalización enterrada para Baja Tensión**, para cableado solar y CC. Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, suministro y colocación de tubo tipo PEAD de diámetro 63mm, cinta señalizadora, capa de arena final y compactación. Incluso retirada de tierra sobrante a vertedero, embocado en arquetas y edificios, pp de albañilería, pequeño material y todo incluido de acuerdo a pliego de condiciones y planos.	1.894,58	17,08	32.352,75 €
		ml	**Canalización enterrada** para cables CCTV dimensiones 500x1000mm (ancho x profundo). Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena de limpieza de espesor 500mm, suministro y colocación de tubo tipo PVC de diámetro 50mm, cinta señalizadora, capa de arena final y compactación. Incluso retirada de tierra sobrante a vertedero, embocado en arquetas y edificios, pp de albañilería, pequeño material y todo incluido de acuerdo a pliego de condiciones y planos.	3.166,38	15,75	49.870,46 €
3.7	**Vallado Perimetral**					**63.920,15 €**
		ud	Cimentación Vallado Perimetral. Incluye la cimentación de todos los postes que componen el vallado de la planta.	905,00	70,63	63.920,15 €
3.8	**Edificio de Control y Almacén O&M**					**48.500,00 €**
		ud	Edificio de Control, Operación y Mantenimiento, y Almacén Repuestos. Instalación completa del edificio de control y almacén de repuestos. Incluye cimentaciones, servicios sanitarios, etc. de acuerdo al pliego de condiciones del proyecto.	1,00	48.500,00	48.500,00 €

Código	*Capítulo*	*Ud*	*Descripción*	*CanPres*	*PrPres (€/Ud)*	*ImpPres*
3.9	**Sistema de Drenaje**					**6.008,09 €**
		ml	Cuneta. Ejecución de cuneta triangular formada por la excavación y reperfilado de cuneta de 0.50 metros de ancho y 25 cm de profundidad, con transporte del material sobrante de la excavación a vertedero.	906,20	6,63	6.008,09 €
4	**Suministro y Montaje Mecánico**					**392.326,93 €**
		ud	**Instalación de oficinas y acceso a obra**. Incluye accesos, vallado, servicios higiénicos, locales de descanso o alojamiento y comedores, primeros auxilios y señalización.	1,00	60.208,90	60.208,90 €
		ml	**Vallado Perimetral**. Suministro, instalación y montaje del vallado. Incluye instalación de la malla metálica en los postes previamente cimentados.	3.166,38	14,73	46.640,76 €
		ud	**Puerta de acceso**. Suministro y montaje de la puerta de acceso de la planta.	1,00	5.229,96	5.229,96 €
		Wp	**Seguidores y módulos FV**. Montaje de seguidores de 1 eje según manual de instalación del fabricante e instalación de los módulos en estructura.	6.630.000,00	0,03	198.900,00 €
		Wp	**Módulos FV**. Instalación de los módulos fotovoltaicos en las estructuras.	6.630.000,00	0,01	52.377,00 €
		ud	**Inversor String**. Instalación de los inversores en la estructura portante de los seguidores o en proximidad de ellos.	17,00	84,21	1.431,57 €
		ud	**Centros de Transformación**. Montaje y ensamblaje de CTs. Incluye instalación de trafo, celdas de media tensión, protecciones y servicios auxiliares.	1,00	27.538,74	27.538,74 €
5	**Suministro y Montaje Eléctrico**					**185.134,98 €**
5.1	**Instalación de Baja Tensión (CC)**					**178.361,35 €**
		ml	**Cable Solar 6 mm2** tipo PV ZZ-F o similar, de cobre y 1,5 kV, para conexión de los strings y las cajas de agrupación. Suministro, instalación y conexión incluido terminales, conectores MC4, y pequeño material.	15.642,50	1,76	27.562,09 €

Código	Capítulo	Ud	Descripción	CanPres	PrPres (€/Ud)	ImpPres
		ml	**Cable Solar 10 mm2** tipo PV ZZ-F o similar, de cobre y 1,5 kV, para conexión de los strings y las cajas de agrupación. Suministro, instalación y conexión incluido terminales, conectores MC4, y pequeño material.	21.609,50	2,01	43.478,31 €
		ml	**Cable baja tensión 400 mm2** tipo XZ1-AL o similar, de aluminio y 1,5 kV, para conexión de las cajas de agrupación a los inversores. Suministro, instalación y conexión, incluido terminales de conexión y pequeño material.	14.701,50	7,30	107.320,95 €
5.2	**Instalación Puesta a Tierra**					**6.773,63 €**
		ml	**Suministro e instalación de circuito de red de tierra** compuesto de conductor desnudo de cobre 1x35 mm2 en fondo de zanja normalizada, con empalmes y derivaciones mediante soldadura luminotécnica.	1.894,58	2,81	5.323,77 €
		ud	**Suministro e instalación de anillo de tierra de los Centros de Transformación** compuesto de un anillo de un conductor cobre desnudo 1x50 mm2 enterrado a una profundidad mínima de 0,6 m dispuesta a lo largo del perímetro de la base del centro de transformación. Incluye 4 picas y accesorios necesarios para su unión a la Red General de puesta a tierra de la planta solar fotovoltaica	1,00	1.449,86	1.449,86 €
6	**Control y Comunicaciones**					**94.523,58 €**
		ud	**Racks de comunicaciones.** Rack de comunicaciones, incluye router multifunciones tipo RB2011 o similar, Ethernet switches y módulos de alta velocidad, server y otros pequeños equipos, para la conexión de los centros de transformación con el sistema de control y comunicación central de la planta fotovoltaica. Suministro, instalación y conexiones incluido terminales, latiguillos y pequeño material.	1,00	88,58	88,58 €

Código	Capítulo	Ud	Descripción	CanPres	PrPres (€/Ud)	ImpPres
		ud	**Sistema SCADA.** Suministro e instalación de SCADA para monitorización y control de la planta i/RS485, incluyendo conexión de los equipos mediante cable RS485.	1,00	40.000,00	40.000,00 €
		ud	**Estación meteorológica.** Suministro e instalación de sistema de sensores meteorológicos para mediciones de rendimiento. Compuesto por: Báculo de 4 m para sensores, sensor velocidad y dirección de viento, piranómetro secondary standard para medición de GHI, piranómetro secondary standard para medición de radiación en el plano de los módulos FV, sensor de humedad y temperatura ambiente PT100, incluyendo protector de radiación solar, sensor de temperatura de módulos FV.	1,00	36.985,00	36.985,00 €
		ud	**SAI** - Suministro e Instalación de Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), marca Endata, Salicru o similar.	1,00	17.450,00	17.450,00 €
7	**Sistema de Seguridad**					**123.527,98 €**
		ud	Cimentación de báculos. Cimentación de postes de seguridad realizada en situ según proyecto.	35,00	70,63	2.472,05 €
		ud	**Poste de seguridad** tipo "Comumnas CME", Fabricadas en acero al carbono según Directiva de la Construcción 89/106/CEE y en base a la norma armonizada EN 40-5:2002 y galvanizadas por inmersión en caliente.	35,00	304,55	10.659,25 €
		ud	**Sistema CCTV**. Incluye conjunto de regulador, batería, cámaras de videovigilancia infrarrojas, lampara de IR, electrónica de control y envolvente IP 65.	35,00	472,34	16.531,90 €
		ud	**Cuadro de conexión** tipo "7/TRP40/PAR", fabricante PARADOX, o similar.	35,00	22,50	787,50 €
		ml	**Cable de fibra óptica** tipo Comelnet, monomodo y multimodo hasta OM4, o similar.	3.166,38	1,50	4.749,57 €
		ml	**Cable de alimentación eléctrica** 0,6/1kV para alimentar el sistema CCTV.	6.332,76	6,50	41.162,92 €

Código	Capítulo	Ud	Descripción	CanPres	PrPres (€/Ud)	ImpPres
		ud	**Sistema de control de acceso** tipo Digiplex EVO, 192 zonas, hasta 999 usuarios, 32 puertas, comunicación por internet, GPRS, GSM, SMS, Voz, Línea terrestre, o similar.	1,00	26.611,79	26.611,79 €
		ud	Centro de seguridad local, incluido red de datos de seguridad	1,00	9.804,44	9.804,44 €
		ud	Repuestos para montaje y puesta en marcha	1,00	4.500,00	4.500,00 €
		ud	Pruebas en fabrica	1,00	3.000,00	3.000,00 €
		ud	Almacenamiento, embalaje y transporte	1,00	3.248,56	3.248,56 €
8	**Varios**					**61.870,09 €**
		ud	Aspectos Medioambientales	1,00	7.072,77	7.072,77 €
		ud	Seguridad y Salud y Gestión de Residuos	1,00	15.514,10	15.514,10 €
		ud	Dirección de obra	1,00	26.040,06	26.040,06 €
		ud	Pruebas y puesta en marcha	1,00	13.243,16	13.243,16 €
			Total Presupuesto Ejecución Material			**2.645.767,01 €**
			Gastos generales (8%)			**211.661,36 €**
			Beneficio Industrial (6%)			**158.746,02 €**
			IVA (21%)			**633.396,62 €**
			TOTAL Presupuesto Ejecución Planta FV (SIN IVA)			**3.016.174,39 €**
			TOTAL Presupuesto Ejecución Planta FV (CON IVA)			**3.649.571,01 €**

1 PRESUPUESTO TRAMO SUBTERRÁNEO

Presupuesto Línea Subterránea				
Ítem	***Capítulo***			***Importe***
1	**Estudios e ingenierías**			**47.586,27 €**
2	**Obra Civil**			**274.446,74 €**
	Denominación	**Volumen (m3)**	**Precio Unitario (€/m3)**	**Importe**
2.1	**Desbroce y limpieza del terreno**	624,60	1,18 €	**737,03 €**
2.2	**Excavación de Zanjas, con medios mecánicos**	1977,90	23,17 €	**45.827,94 €**
2.3	**Relleno arena para zanja**	890,06	24,20 €	**21.539,33 €**
2.4	**Relleno hormigón para zanja**	46,85	83,32 €	**3.903,13 €**
2.5	**Relleno tierra (de la propia excavación) compactada para zanja**	1041,00	12,02 €	**12.512,82 €**
	Denominación	**Cantidad (m)**	**Precio Unitario (€/m)**	**Importe**
2.6	**Cinta señalización para conductores enterrados**	4164,00	1,49 €	**6.204,36 €**
2.7	**Canalizaciones**	4164,00	25,52 €	**106.265,28 €**
2.8	**Canalización por Perforación Horizontal Dirigida**	76,00	824,00 €	**62.624,00 €**
	Denominación	**Unidades**	**Precio Unitario (€/Ud)**	**Importe**
2.9	**Catas para Perforación Horizontal Dirigida**	3	33,83 €	**101,49 €**
2.10	**Pozos de ataque y salida para Perforación Horizontal Dirigida**	2	5.176,50 €	**10.353,00 €**
2.11	**Hitos de señalización**	28	37,49 €	**1.049,72 €**
2.12	**Arquetas**	28	118,88 €	**3.328,64 €**
3	**Sistema Eléctrico**			**247.672,16 €**
	Denominación	**Longitud (m)**	**Precio Unitario (€/m)**	**Importe**
3.1	**Sistema Eléctrico**			**203.744,52 €**
3.1.1	Suministro y montaje del cable del conductor utilizado	4.164,00	24,45 €	101.809,80 €
3.1.2	Suministro y montaje del cable de comunicaciones	4.164,00	24,48 €	101.934,72 €

Presupuesto Línea Subterránea				
	Denominación	**Unidades**	**Precio Unitario (€/Ud)**	**Importe**
3.2	**Conexiones con paso Aéreo-Subterráneo**			**43.927,64 €**
3.2.1	Conexiones con paso Aéreo-Subterráneo	2	21.963,82 €	43.927,64 €
4	**Ensayos a realizar**			**5.270,02 €**
	Denominación	**Unidades**	**Precio Unitario (€/Ud)**	**Importe**
4.1	**Ensayos**			**5.270,02 €**
4.1.1	Ensayos de descargas parciales	1	1.616,14 €	1.616,14 €
4.1.2	Ensayos de tensión	1	1.826,94 €	1.826,94 €
4.1.3	Ensayos de continuidad y resistencia óhmica de pantallas	1	1.826,94 €	1.826,94 €
5	**Seguridad y Salud**			**6.783,31 €**
7	**Gestión de residuos**			**16.277,18 €**
Presupuesto de Ejecución Material				**598.035,67 €**
Gastos Generales (8%)				**47.842,85 €**
Beneficio Industrial (6%)				**35.882,14 €**
Presupuesto de Ejecución por Contrata				**681.760,66 €**
IVA (21%)				**143.169,74 €**
Presupuesto Total				**824.930,40 €**

Tabla 1: Total Presupuesto Tramos Subterráneos de la LASMT 15 kV

2 PRESUPUESTO TRAMO AÉREO

Presupuesto Línea Aérea						
Ítem	***Capítulo***					***Importe***
1	**Estudios e Ingenierías**					**688,43 €**
2	**Obra Civil**					**11.654,65 €**
	Denominación			**Area (m²)**	**Precio Unitario (€/m2)**	**Importe**
2.1	**Limpieza del terreno mediante medios mecánicos**					**757,28 €**
2.1.1	Limpieza del terreno mediante medios mecánicos			188,18	4,02 €	757,28 €
	Denominación			**Volumen (m³)**	**Precio Unitario (€/m3)**	**Importe**
2.2	**Carga y transporte de tierras procedente de excavación de apoyos**					**91,79 €**
2.2.1	Carga y transporte de tierras procedente de excavación de apoyos			62,46	1,47 €	91,79 €
2.3	**Excavación de apoyos y Hormigonado**					**6.870,60 €**
2.3.1	Excavación y Hormigonado incluyendo encofrado, desencofrado y retacado			62,46	110,00 €	6.870,60 €
	nº Apoyo	**Tipo de Cimentación**		**Volumen (m³)**	**Precio Unitario (€/m3)**	**Importe**
2.4	**Cimentaciones**					**3.934,98 €**
2.4.1	1	Tetrabloque (Cicrcular con cueva)		31,23	63,00	1.967,49 €
2.4.2	2	Tetrabloque (Cicrcular con cueva)		31,23	63,00	1.967,49 €
3	**Apoyos y Conductores**					**33.405,12 €**
	nº Apoyo	**Denominación**	**Función**	**Peso (Kg)**	**Precio Unitario (€/kg)**	**Importe**
3.1	**Apoyos**					**28.316,00 €**
3.1.1	1	CO-PAS-18000-27	FL	7079	2,00	14.158,00 €
3.1.2	2	CO-PAS-18000-27	FL	7079	2,00	14.158,00 €
3.2	**Conductores**					**5.089,12 €**

Presupuesto Línea Aérea				
	Elemento	**Longitud proyectada en planta (km)**	**Precio Unitario (€/km)**	**Importe**
3.2.1	LA-180	0,82	4.870,00 €	3.973,92 €
3.2.2	OPGW-48	0,272	4.100,00 €	1.115,20 €
4	**Montaje y Tendido**			**15.081,40 €**
	Elemento	**Cantidad (kg)**	**Precio Unitario (€/kg)**	**Importe**
4.1	**Montaje, armado e izado de apoyos**			**12.742,20 €**
4.1.1	Montaje, armado e izado de apoyos	14158	0,90 €	12.742,20 €
	Elemento	**Cantidad (km)**	**Precio Unitario (€/fase·km)**	**Importe**
4.2	**Tendido, regulado y fijación de conductores**			**2.339,20 €**
4.2.1	Tendido, regulado y fijación de conductor de fase	0,82	1.500,00 €	1.224,00 €
4.2.2	Tendido, regulado y fijación de conductor de protección	0,272	4.100,00 €	1.115,20 €
5	**Puesta a Tierra**			**491,08 €**
5.1	**Suministro y colocación de picas de acero cobreado**			**9,18 €**
5.2	**Fijación de conductor de acero desnudo para puesta a tierra en apoyos**			**367,16 €**
5.3	**Suministro e instalación de grapas de puesta a tierra en apoyos**			**114,74 €**
6	**Elementos Auxiliares**			**2.350,01 €**
	Elemento	**Cantidad (Uds.)**	**Precio Unitario (€/Ud)**	**Importe**
6.1	**Elementos Cadena Amarre (Doble)**			**1.116,84 €**
6.1.1	Grillete Recto	12	6,30 €	75,60 €
6.1.2	Eslabón	6	2,60 €	15,60 €
6.1.3	Yugo Triangular	6	12,40 €	74,40 €
6.1.4	Horquilla Bola	12	5,82 €	69,84 €
6.1.5	Descargador	6	9,00 €	54,00 €
6.1.6	U70BS	18	13,80 €	248,40 €

Presupuesto Línea Aérea				
6.1.7	Yugos Separadores	6	12,40 €	74,40 €
6.1.8	Rótulas Horquilla	12	7,00 €	84,00 €
6.1.9	Raquetas	6	11,00 €	66,00 €
6.1.10	Horquilla Bola de Protección	12	6,30 €	75,60 €
6.1.11	Tensor de rosca	12	15,00 €	180,00 €
6.1.12	Grapas de Amarre	6	16,50 €	99,00 €
6.2	**Elementos Cadena OPGW**			**104,04 €**
6.2.1	Grillete Recto	4	6,30 €	25,20 €
6.2.2	Ojos bola	4	3,21 €	12,84 €
6.2.3	Grapas de Amarre	4	16,50 €	66,00 €
6.3	**Accesorios varios**			**682,74 €**
6.3.1	Cajas de empalme de fibra óptica	2	274,00 €	548,00 €
6.3.2	Conjuntos de amarre y suspensión para el cable OPGW	2	34,37 €	68,74 €
6.3.3	Antivibradores	6	11,00 €	66,00 €
6.4	**Protección Avifauna**			**446,39 €**
6.4.2	Aislamiento de las grapas con forros aislantes	6	36,36	218,16 €
6.4.3	Dispositivos anticolisión en fase	41	2,05	84,05 €
6.4.4	Dispositivos anticolisión en protección	27	5,34	144,18 €
7	**Pruebas y Ensayos**			**1.027,54 €**
8	**Varios**			**15.373,66 €**
8.1	**Gestión de Residuos**			**10.851,45 €**
8.2	**Seguridad y Salud**			**4.522,20 €**
Presupuesto de Ejecución Material				**80.071,89 €**
Gastos Generales (8%)				**6.405,75 €**
Beneficio Industrial (6%)				**4.804,31 €**
Presupuesto de Ejecución por Contrata				**91.281,95 €**
IVA (21%)				**19.169,21 €**

Presupuesto Línea Aérea	
Presupuesto Total	**110.451,16 €**

Tabla 1: Total Presupuesto Tramo Aéreo de la LASMT 15 kV

DOCUMENTO 4: PLANOS

PLANOS PSFV

1. PLANOS GENERALES

1.1. SITUACIÓN

1.2. EMPLAZAMIENTO

1.3. ENTORNO

1.4. IMPLANTACIÓN

1.5. AFECCIONES

1.6. ZONAS ACOPIO Y O&M

1.7. VALLADO

1.8. RBDA

2. PLANOS OBRA CIVIL

2.1. ACCESOS

2.2. CAMINOS INTERNOS

2.3. SECCIÓN CAMINOS

2.4. TRAZADO ZANJAS BT

2.5. DETALLE SECCIÓN ZANJAS BT

2.6. TOPOGRAFÍA

2.7. OROGRAFÍA CONCEPTUAL DE TERRENO

3. PLANOS MECÁNICOS

3.1. DETALLE SEGUIDOR

3.2. DETALLE VALLADO Y PUERTA DE ACCESO

3.3. DETALLE INVERSOR

3.4. DETALLE EDIFICIO O&M

4. PLANOS ELÉCTRICOS

4.1. BLOQUES DE POTENCIA

4.2. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA STRING

4.3. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA STRING-INVERSOR

4.4. CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA INVERSOR

4.5. TRAZADO CABLES BT

4.6. PUESTA A TIERRA

4.7. CÁMARAS DE SEGURIDAD

4.8. ESQUEMA DE COMUNICACIONES

Proyecto Fotovoltaico
AAC Moraleja Solar

Planos Generales

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente:
ENRILE PV S.L.

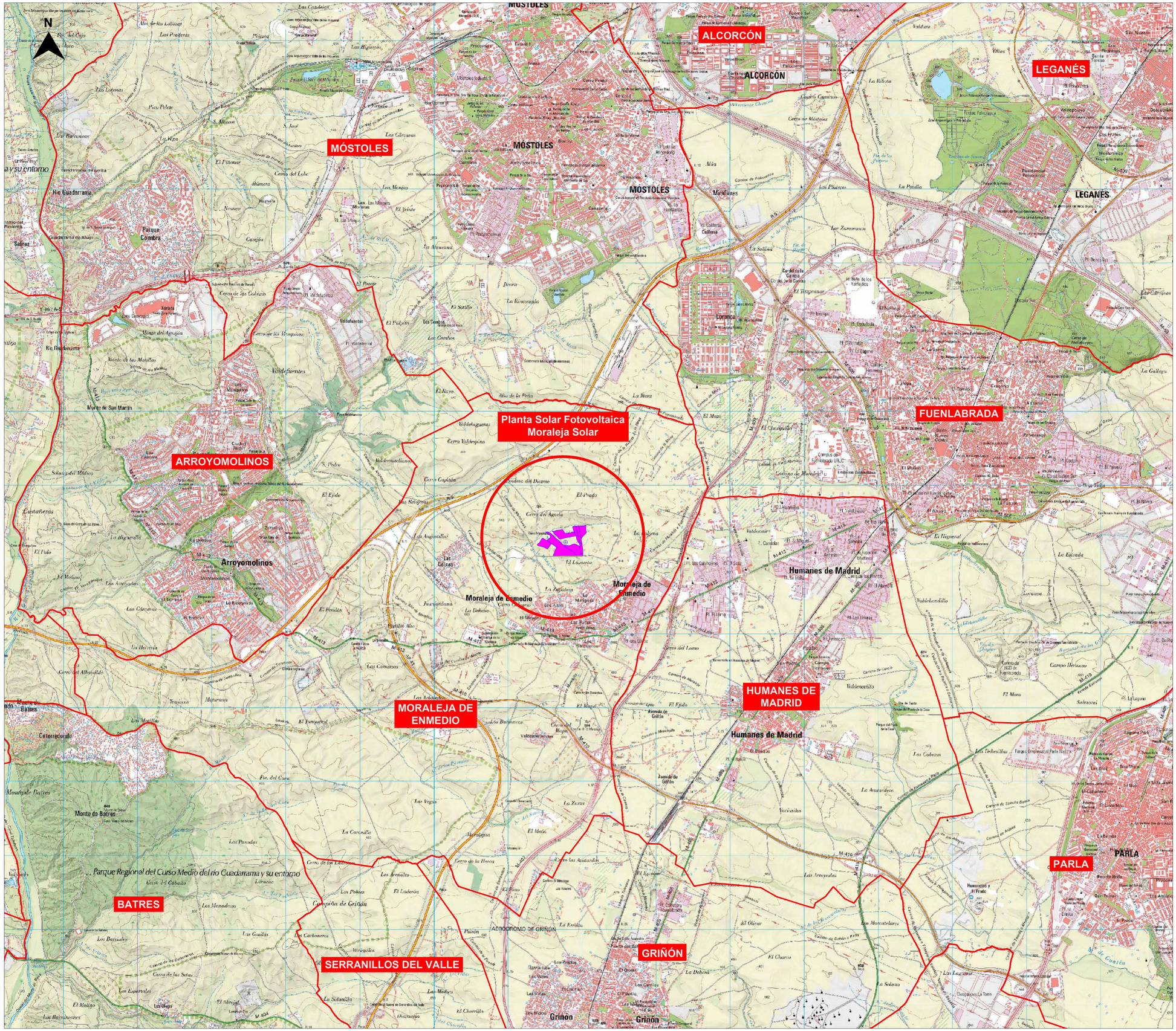
Ingeniería:
ata

Proyecto:
PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo:
Portada
Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: -
Plano nº: 1.0
Hojas: 1
Hoja nº: 1
Tamaño: A1
Número de proyecto: 15928



COORDENADAS PLANTA SOLAR (HUSO UTM 30T):

Centroide: X: 426.781,30 m E ; Y: 4.458.225,25 m N

LEYENDA:

- Límites administrativos
- Planta Solar Fotovoltaica "Moraleja Solar"
- Límite de parcelas
- Centroide

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera Edición	ATA	AVF	CJG	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Situación / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/25.000

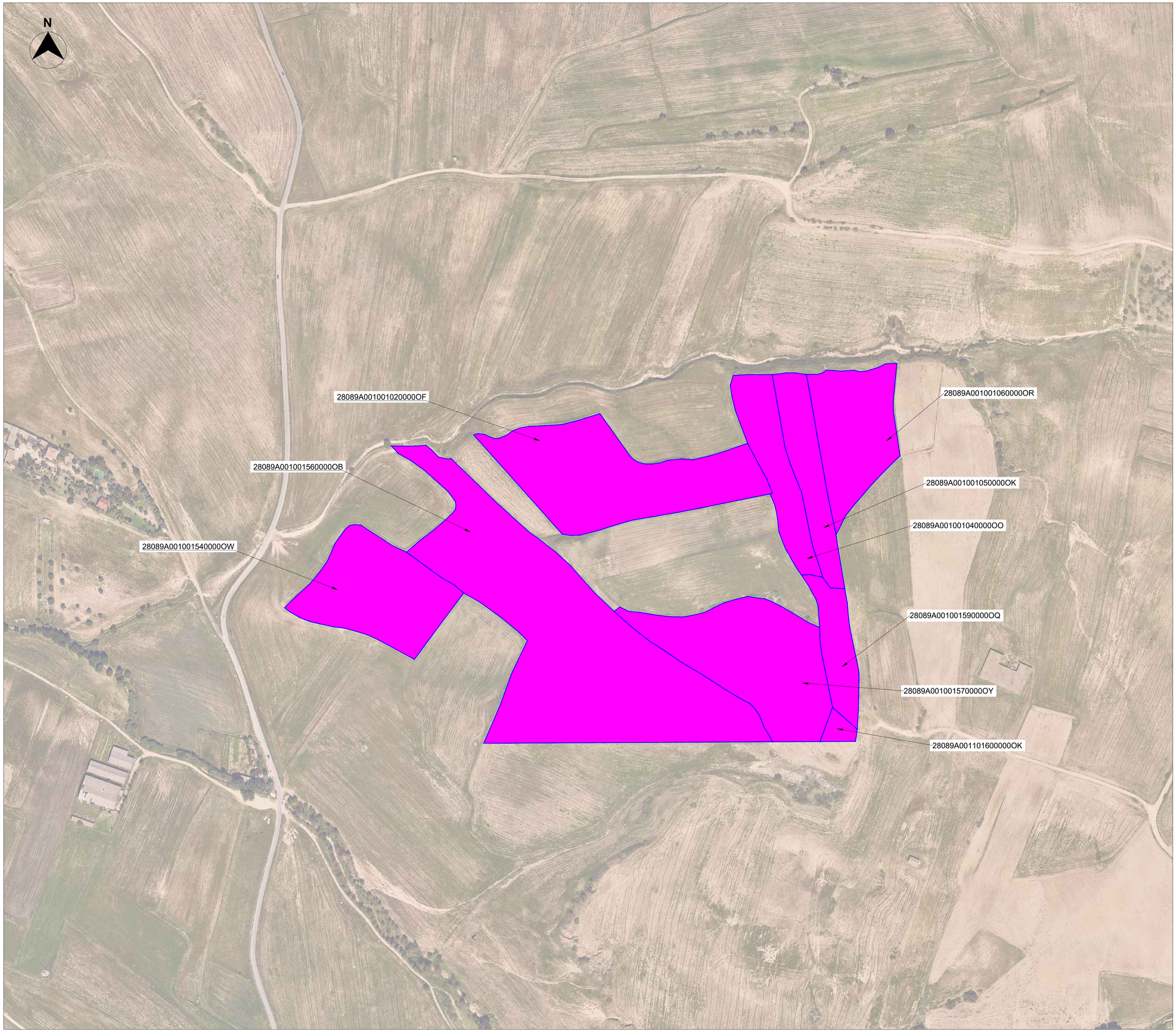
Plano nº: 1.1

Hojas: 1

Hoja nº: 1

Tamaño: A1

Número de proyecto: 15928



Poligono	Parcela	Referencia Catastral	Termino Municipal	Superficie (m²)
1	102	28089A001001020000OF	Moraleja de Enmedio	21.863
1	104	28089A001001040000OO	Moraleja de Enmedio	7.855
1	105	28089A001001050000OK	Moraleja de Enmedio	7.185
1	106	28089A001001060000OR	Moraleja de Enmedio	11.553
1	154	28089A001001540000OW	Moraleja de Enmedio	14.643
1	156	28089A001001560000OB	Moraleja de Enmedio	47.011
1	157	28089A001001570000OY	Moraleja de Enmedio	18.981
1	159	28089A001001590000OQ	Moraleja de Enmedio	4.960
1	10160	28089A001101600000OK	Moraleja de Enmedio	905

LEYENDA:

Planta Solar Fotovoltaica "Moraleja Solar"

Límite de parcelas

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Emplazamiento / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/2.000

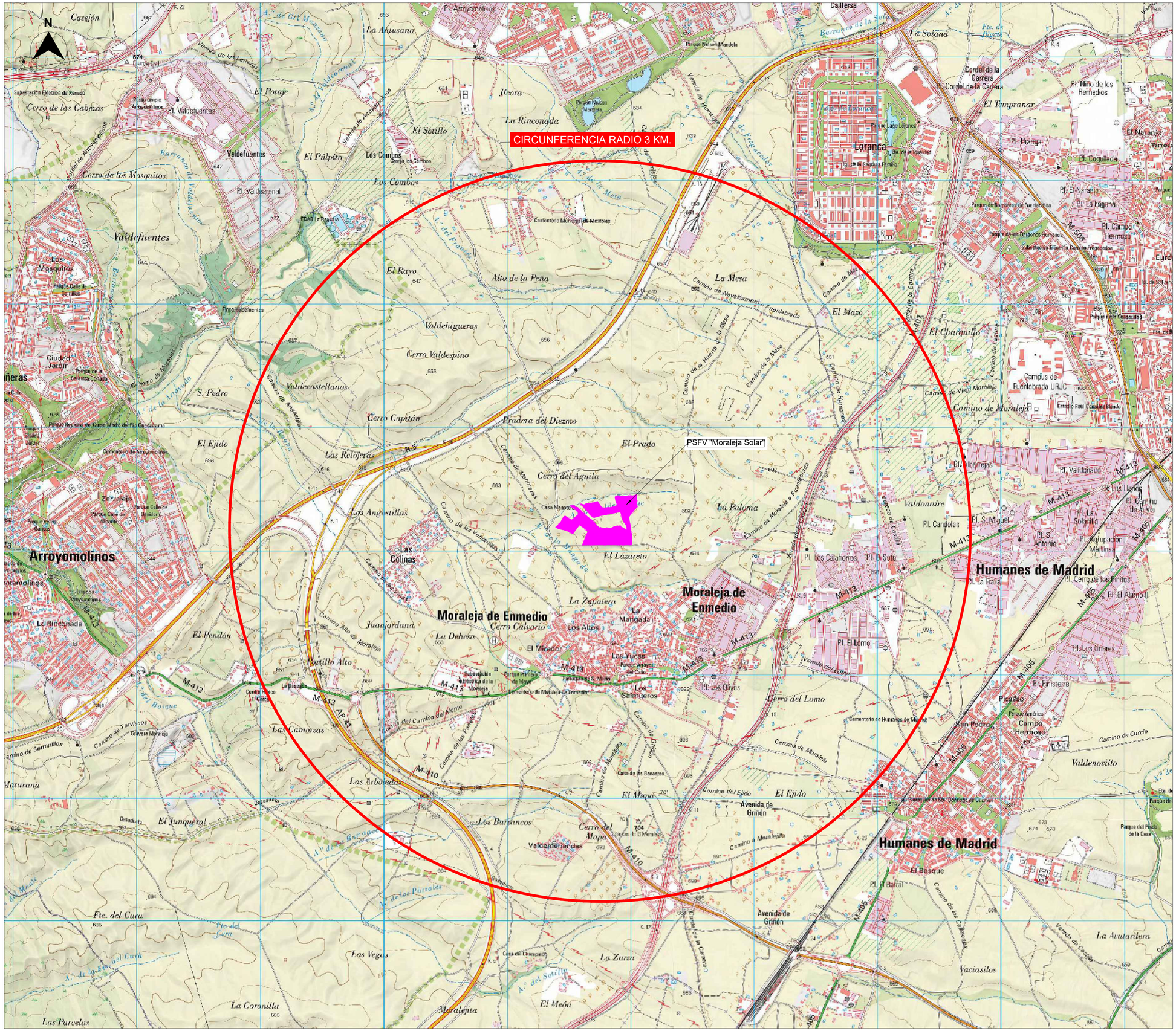
Plano nº: 1.2

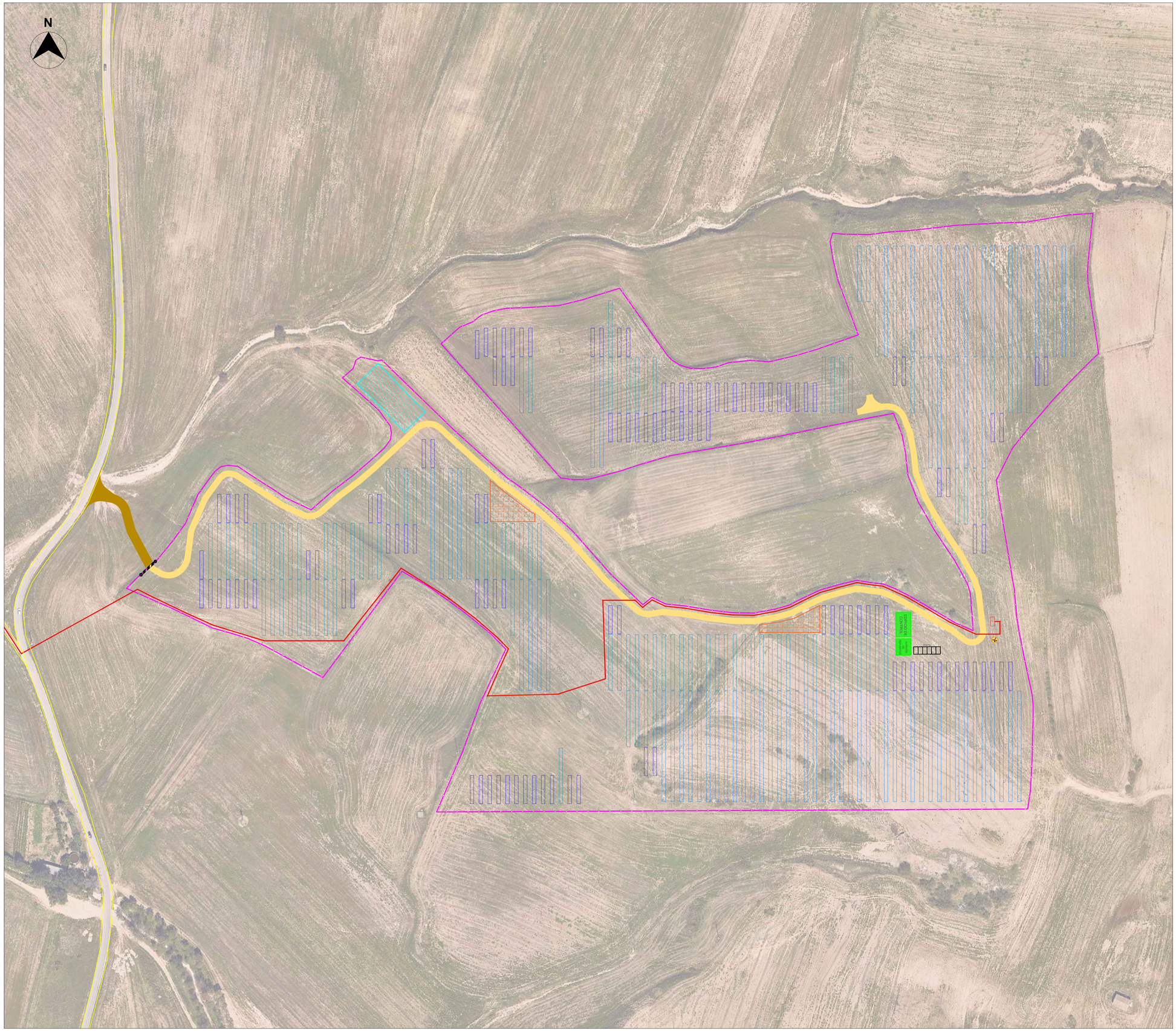
Tamaño: A1

Hojas: 1

Hoja nº: 1

Número de proyecto: 15928


CIRCUNFERENCIA RADIO 3 KM.
PSFV "Moraleja Solar"
Arroyomolinos
Moraleja de Enmedio
Humanes de Madrid
Loranca
Valdefuentes
Casejón
Cerro de las Cabezas
Cerro de los Mosquitos
Los Combos
La Rinconada
El Sotillo
El Pálpito
El Rayo
Alto de la Peña
La Mesa
El Mazo
Valdehigueras
Cerro Valdespino
Valdeenstellanos
S. Pedro
Cerro Capitán
Pradera del Diezmo
El Prado
El Ejido
Las Relojeras
Cerro del Aguila
Los Angostillas
La Paloma
Valdonaire
El Lazareto
Las Célinas
La Zapatera
La Mariquela
Los Altos
El Mirador
Los Yuncos
Los Salaneros
Cerro del Lomo
Juanjordana
La Dehesa
Cerro Calvario
Portillo Alto
Las Camorzas
Las Arboledas
El Mapa
Los Barrancos
Cerro del Mapa
Valconenderas
El Bosque
Las Vegas
La Zarza
Vaciasilos
La Coronilla
Las Parcelas
El Meón
Moralejita
La Solana
El Tempranar
Cerro del Telégrafo
Valdenovillo
Campus de Fuenlabrada URJC
Camino de Moraleja
Camino de Humanes
Camino de Arroyomolinos
Camino de Moraleja a Fuenlabrada
Camino de la Mesa
Camino de la Huerta de la Mesa
Camino de Navalcarnero a Fuenlabrada
Camino de Viejo Moraleja
Camino de Torrejón
Camino de Serranillos
Camino de Moraleja
Camino del Ejido
Camino de Curcio
Camino de los Parrales
Camino del Cerro del Monte
Camino de los Molinillos
Camino de los Calahorros
Camino de los Vallejuelos
Camino de la Cantera
Camino de las Canteras
Camino de las Huertas
Camino de Moraleja a Fuenlabrada
Camino Alto de Moraleja
Avenida de Griñón
Avenida de Griñón
Avenida de Griñón



CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA:

POTENCIA PICO (MWp)	6,63
POTENCIA ACTIVA INSTALADA A 40ºC (MWn)	5,10
CAPACIDAD DE ACCESO (kW)	5,00
RATIO DC/AC	1,32
Nº DE MÓDULOS	9.212
Nº DE INVERSORES	17
Nº DE SEGUIDORES 1V56	82
Nº DE SEGUIDORES 1V28	104
Nº DE SEGUIDORES 1V14	122
Nº DE STRING	329
Nº DE MÓDULOS/STRING	28
PITCH (m)	6,00

EQUIPOS PRINCIPALES:

MÓDULO Y POTENCIA	JINKO SOLAR 66HL5-BDV (720 W)
INVERSOR Y POTENCIA ACTIVA A 40ºC	HUAWEI SUN2000-330KTL-H1 300 kW a 40ºC
SEGUIDOR SOLAR	1 EJE N-S (1V56-28-14)

LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica
- Caminos Públicos Catastro

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Implantación / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/1250

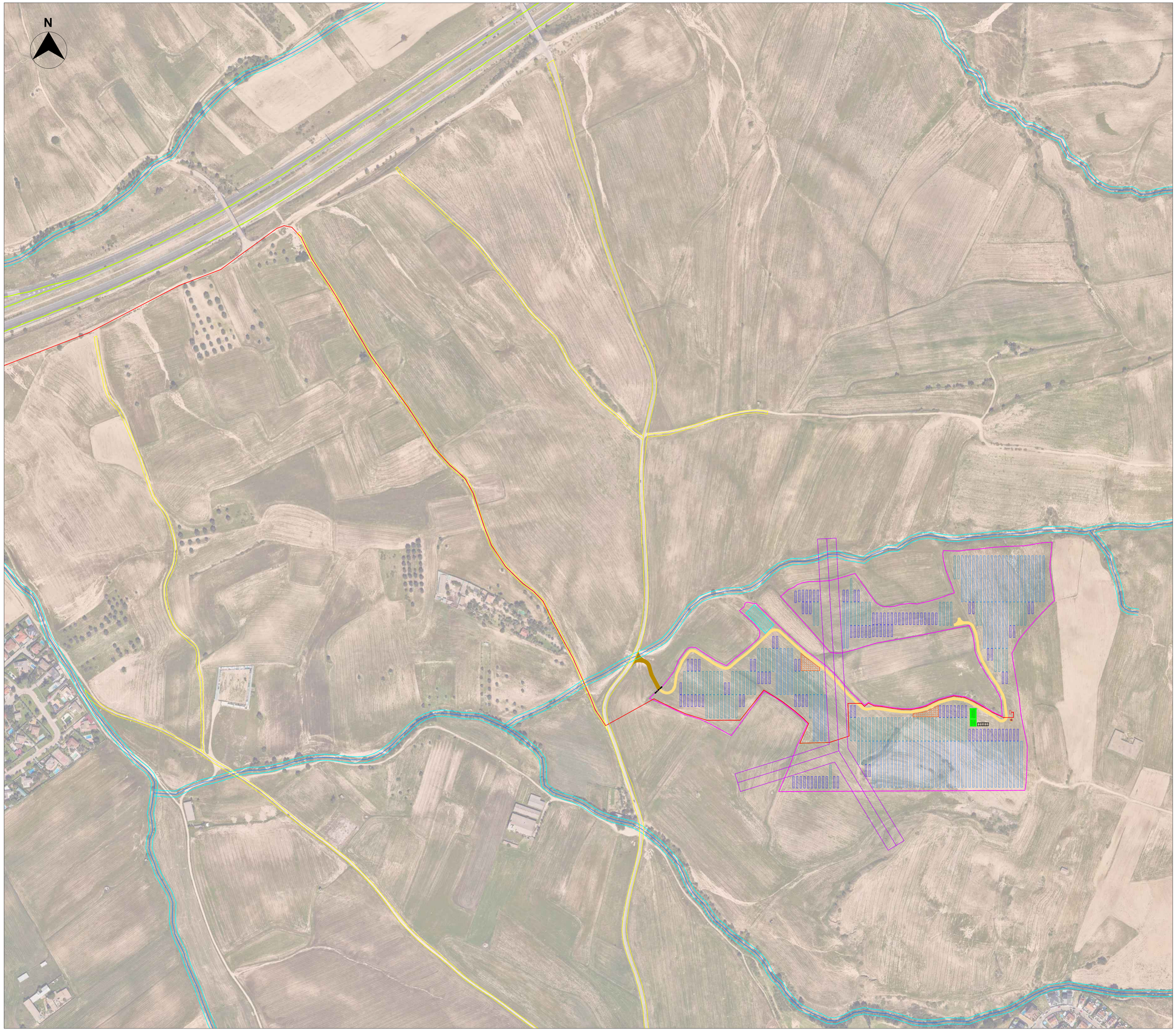
Plano nº: 1.4

Hojas: 1

Hoja nº: 1

Tamaño: A1

Número de proyecto: 15928



NOTAS:

- Cotas en metros.

LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén (EDIFICIO DE CONTROL / ALMACÉN DE REPUESTOS)
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica
- Caminos Públicos Catastro
- Carreteras
- Arroyos
- Arroyos-Zona de Servidumbre
- Líneas Eléctricas AT
- Líneas Eléctricas- Zona de Servidumbre AT

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Afecciones - Generales / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/3.000

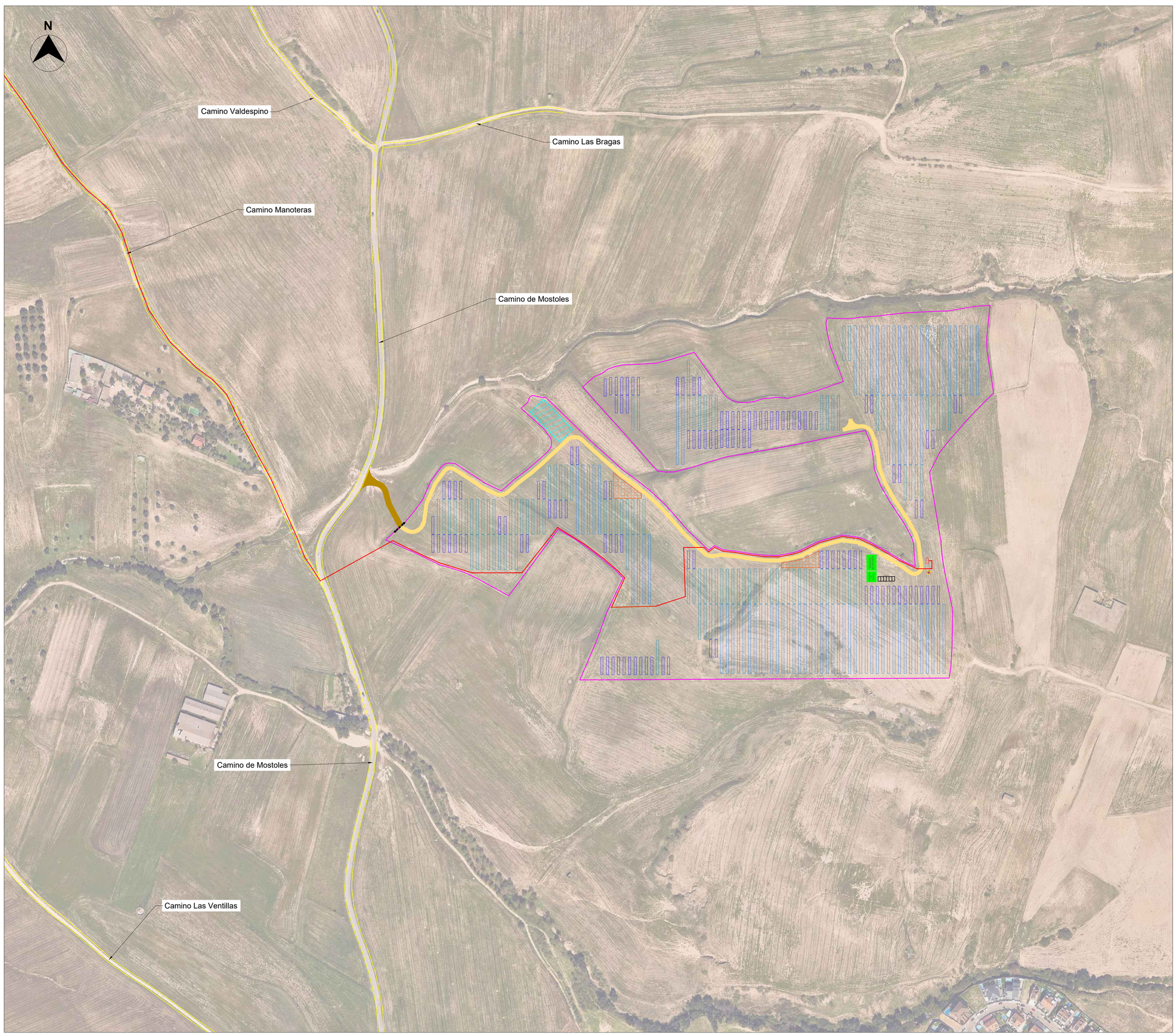
Tamaño: A1

Plano nº: 1.5

Hojas: 5

Hoja nº: 1

Número de proyecto: 15928



LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén (EDIFICIO DE CONTROL / ALMACÉN DE REPUESTOS)
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica
- Caminos Públicos Catastro

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Afecciones - Caminos Públicos / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/2.000

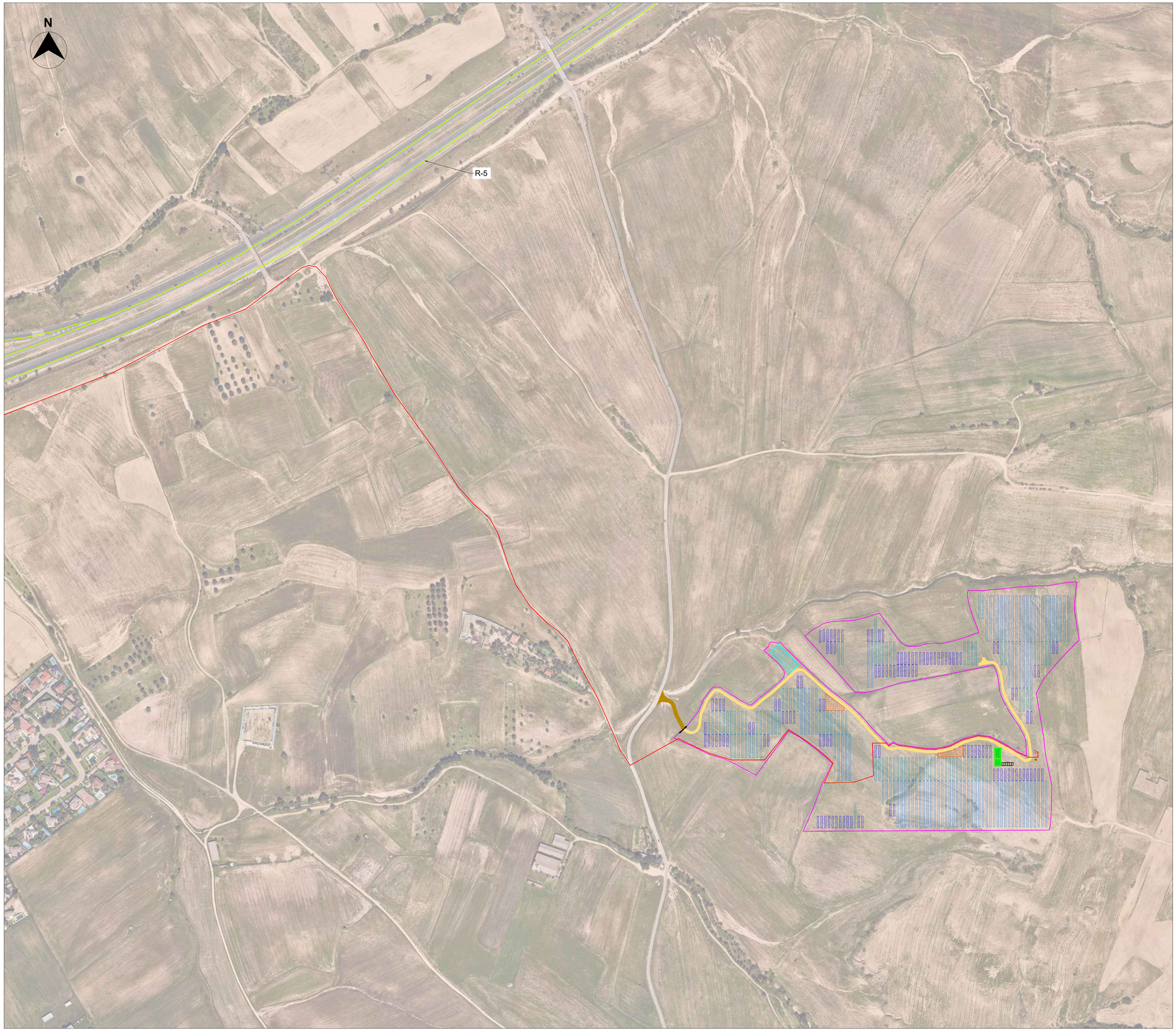
Tamaño: A1

Plano nº: 1.5

Hojas: 5

Hoja nº: 2

Número de proyecto: 15928



LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica
- Carreteras

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Afecciones - Carreteras / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/3.000

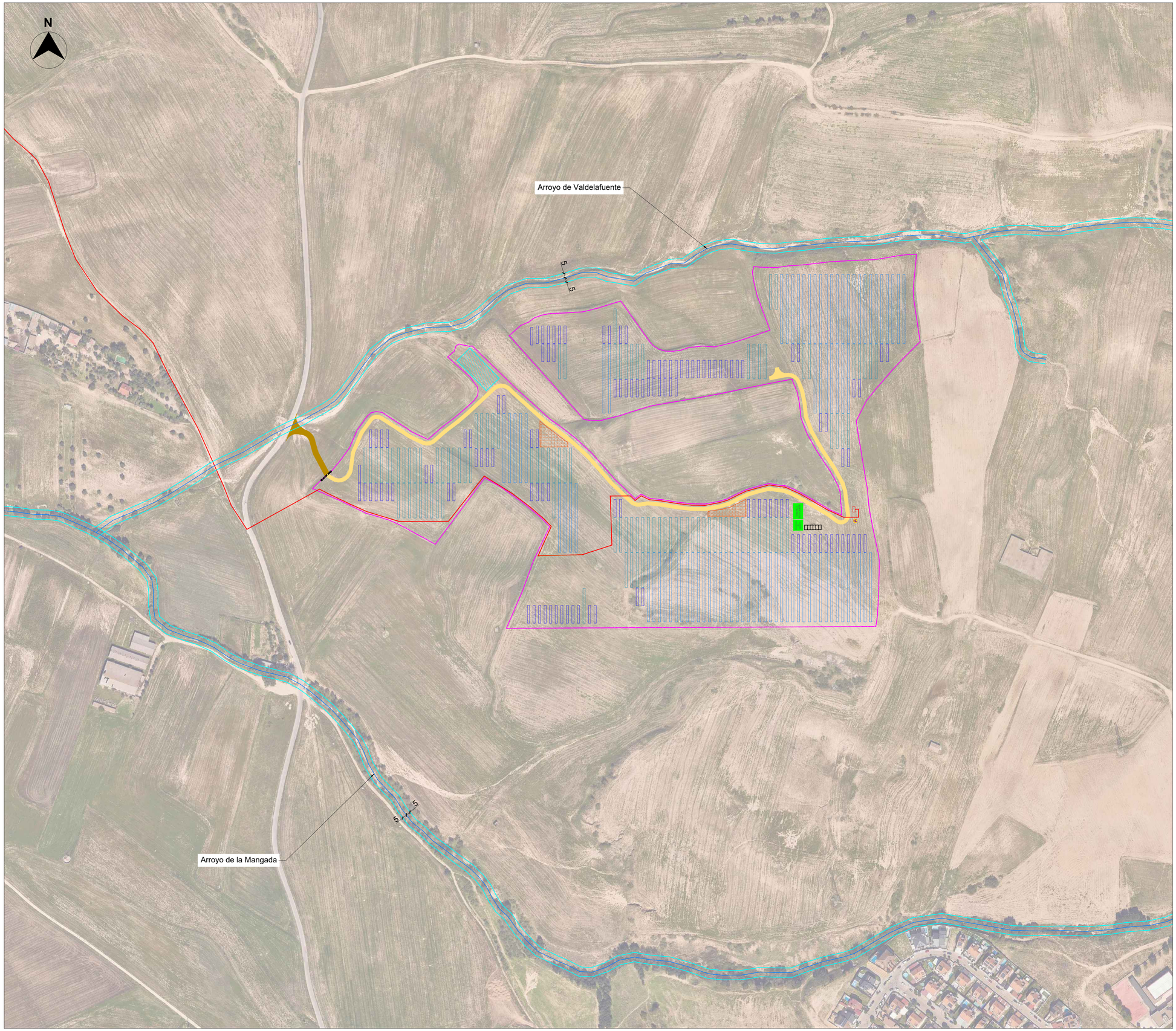
Plano nº: 1.5

Tamaño: A1

Hojas: 5

Hoja nº: 3

Número de proyecto: 15928



NOTAS:

- Cotas en metros.

LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica
- Arroyos
- Arroyos-Zona de Servidumbre

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Afecciones - Hidrología / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/2.000

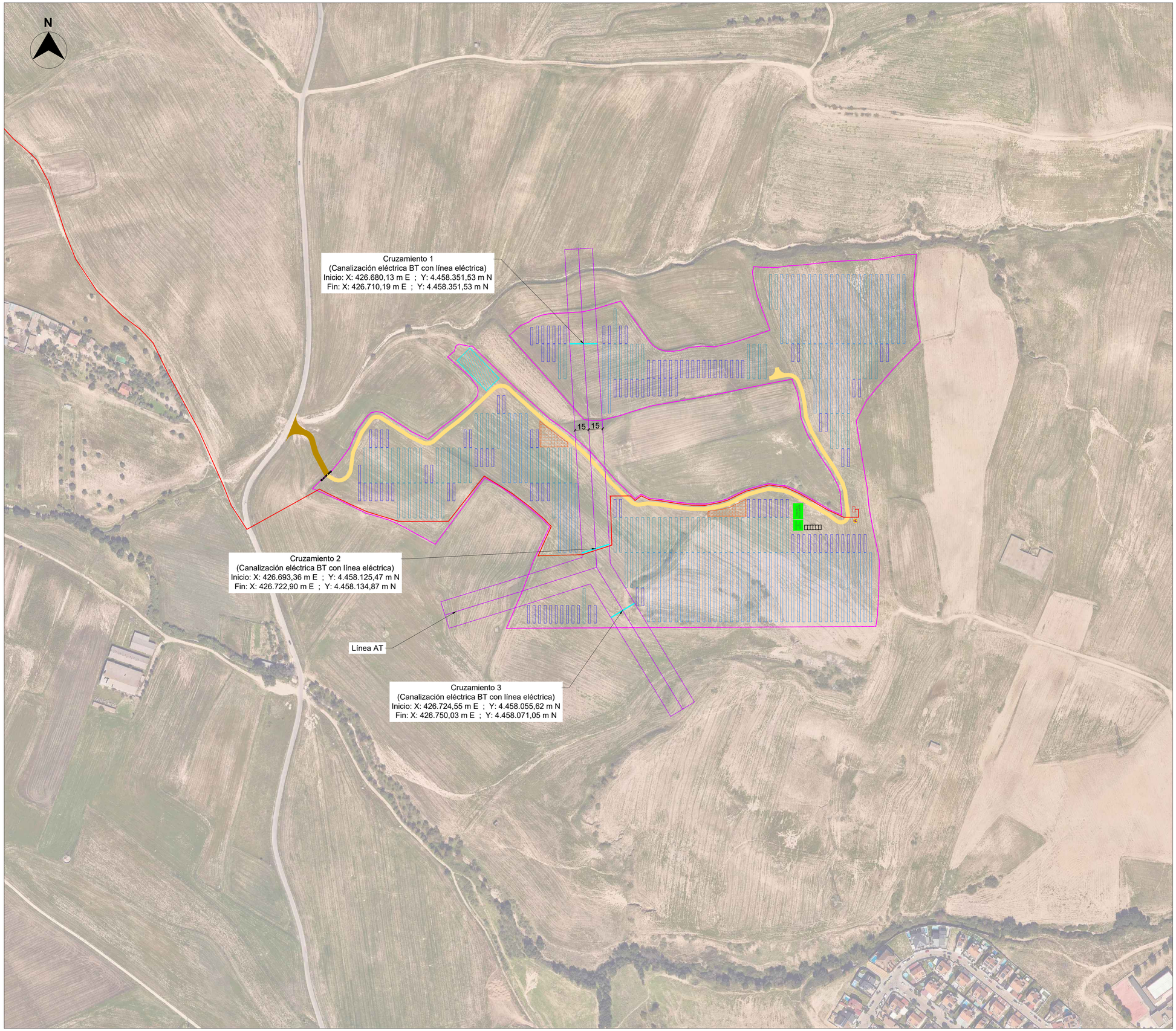
Tamaño: A1

Plano nº: 1.5

Hojas: 5

Hoja nº: 4

Número de proyecto: 15928



NOTAS:

- Cotas en metros.

LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén (EDIFICIO DE CONTROL / SUBESTACIÓN DE ELEVACIÓN)
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica
- Líneas Eléctricas AT
- Líneas Eléctricas- Zona de Servidumbre AT
- Cruzamiento BT

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Afecciones - Líneas Eléctricas / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/2.000

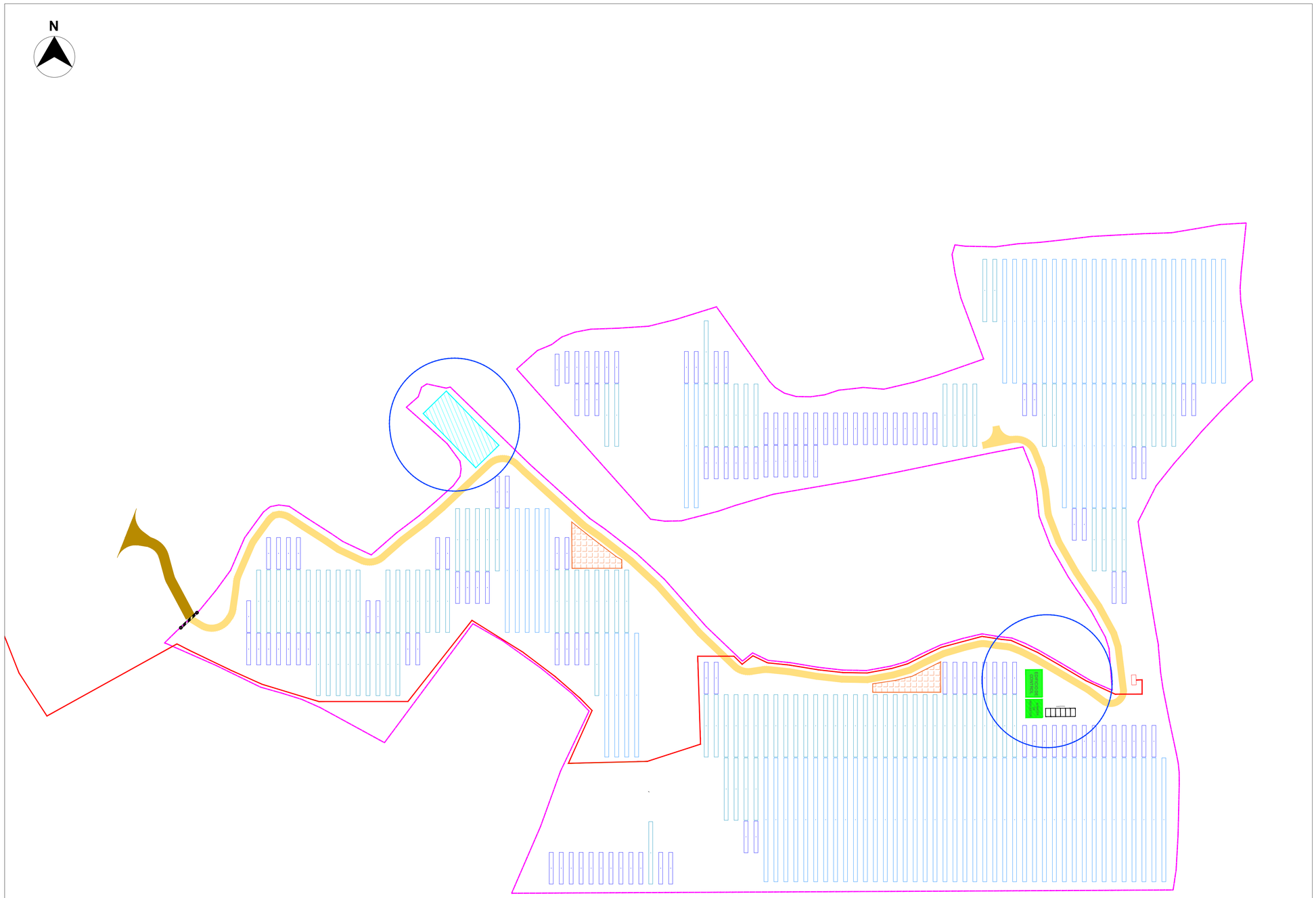
Plano nº: 1.5

Hojas: 5

Hoja nº: 5

Tamaño: A1

Número de proyecto: 15928



LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Puerta de Acceso
- Camino de Acceso (6m)
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V56
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Skid Media Tensión
- Zona de Acopios
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén
- Campamento de Faenas
- Estación Meteorológica

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Zonas de Acopio y O&M / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/1.125

Plano nº: 1.6

Hojas: 2

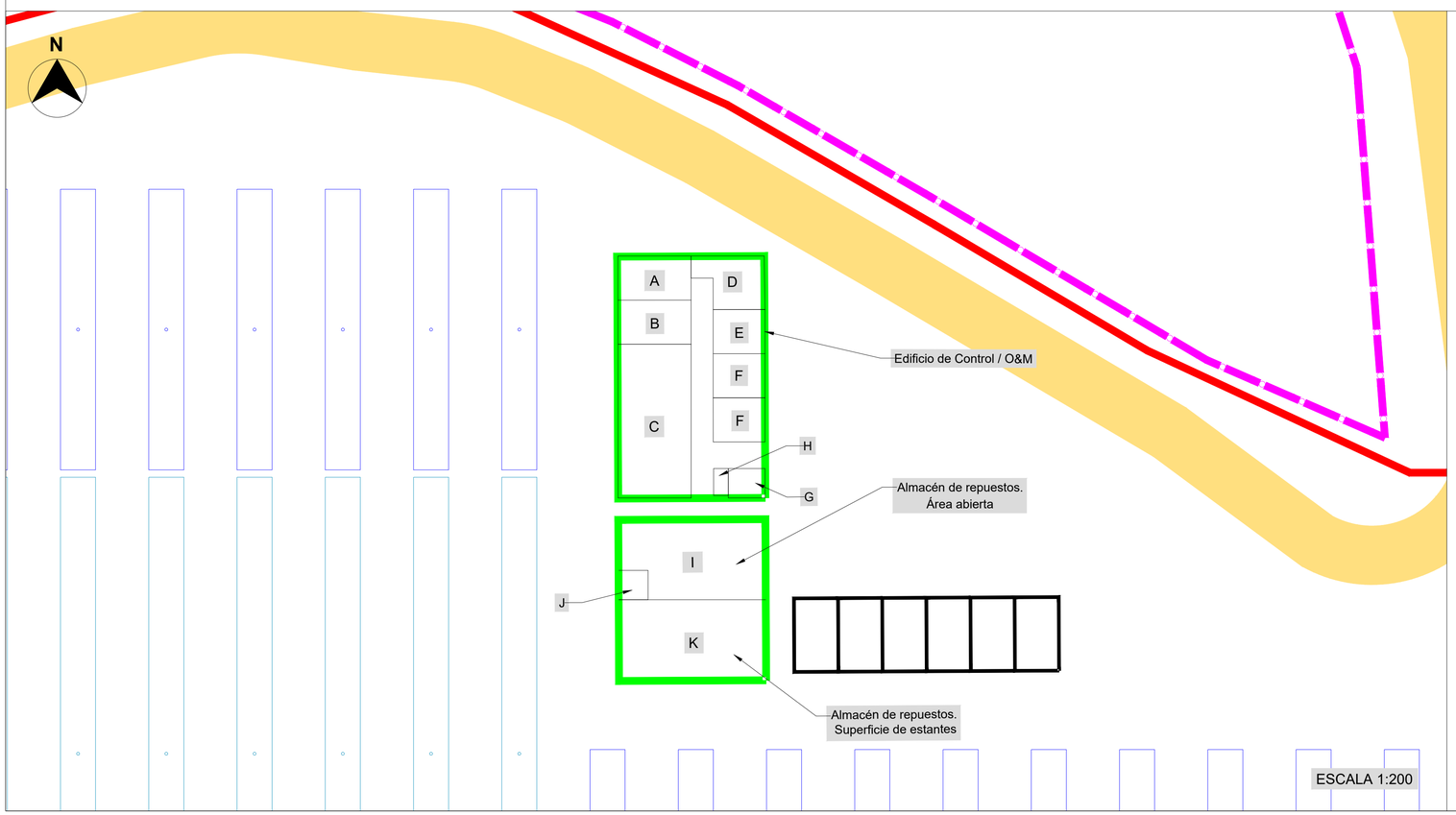
Hoja nº: 1

Tamaño: A1

Número de proyecto: 15928

DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN EL CAMPAMENTO DE FAENAS:

INSTALACIÓN	SUPERFICIE (m2)
ALMACÉN / TALLER DE TRABAJO	28
OFICINAS	15
COMEDOR	45,5
VESTUARIOS Y SERVICIOS SANITARIOS	15
ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA SANITARIOS	28
FOSA SÉPTICA O ÁREA DE TRATAMIENTO	8
ÁREA DE ACOPIO DE RESIDUOS NO PELIGROSOS	84
ÁREA DE ACOPIO DE RESIDUOS DOMÉSTICOS	28
ÁREA DE ACOPIO DE RESIDUOS PELIGROSOS	19,55
ÁREA CONTROL DE ACCESOS	9



DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN LA ZONA O&M:

	INSTALACIÓN	SUPERFICIE (m2)
A	OFICINA DEL PROPIETARIO	15
B	OFICIONA DEL CONTRATISTA /OPERADOR	15
C	OFICINA DEL SCADA	52
D	SALA DE REUNIONES	15
E	COMEDOR/COCINA/SALA DE DESCANSO	10
F	VESTUARIOS	20
G	CABINA DE SEGURIDAD	5
H	CUARTOS DE SERVIDORES	2
I	ALMACÉN DE REPUESTOS - ÁREA DE RECIPCIÓN DE CARGA	52
J	ALMACÉN DE LÍQUIDOS E INFLAMABLES	4
K	ALMACÉN DE REPUESTOS - SUPERFICIE DE ESTANTES	54

LEYENDA:

- Vallado Perimetral
- Camino Interno (4m)
- Seguidor Solar 1V28
- Seguidor Solar 1V14
- Estacionamiento
- LSMT 15 kV
- Edificio de O&M + Almacén
- Campamento de Faenas

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Zonas de Acopio y O&M / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: Indicadas | Plano nº: 1.6

Hojas: 2 | Hoja nº: 2

Tamaño: A1 | Número de proyecto: 15928

Nº	Coordenada X	Coordenada Y	Nº	Coordenada X	Coordenada Y	Nº	Coordenada X	Coordenada Y
01	426.466,12	4.458.277,18	58	426.936,81	4.458.253,52	115	427.054,78	4.458.448,22
02	426.471,26	4.458.278,20	59	426.929,90	4.458.271,41	116	427.052,16	4.458.421,96
03	426.477,57	4.458.277,43	60	426.928,29	4.458.286,62	117	427.051,80	4.458.418,70
04	426.489,27	4.458.269,70	61	426.925,87	4.458.298,93	118	427.051,16	4.458.409,00
05	426.502,53	4.458.261,24	62	426.920,17	4.458.313,23	119	427.051,50	4.458.400,99
06	426.510,01	4.458.256,15	63	426.902,12	4.458.309,85	120	427.052,63	4.458.393,40
07	426.527,08	4.458.248,11	64	426.886,30	4.458.306,61	121	427.058,65	4.458.353,48
08	426.542,30	4.458.261,39	65	426.868,53	4.458.302,97	122	427.056,00	4.458.351,28
09	426.556,02	4.458.271,78	66	426.843,29	4.458.297,80	123	427.039,79	4.458.335,14
10	426.566,24	4.458.280,56	67	426.819,86	4.458.293,28	124	427.027,90	4.458.322,49
11	426.576,52	4.458.289,79	68	426.792,68	4.458.288,63	125	427.018,53	4.458.311,48
12	426.580,63	4.458.295,42	69	426.769,55	4.458.284,67	126	427.011,21	4.458.303,16
13	426.581,26	4.458.300,01	70	426.746,71	4.458.277,95	127	427.000,49	4.458.289,77
14	426.580,58	4.458.304,63	71	426.736,34	4.458.274,44	128	426.989,61	4.458.268,20
15	426.572,85	4.458.315,18	72	426.726,00	4.458.271,72	129	426.991,44	4.458.255,66
16	426.561,33	4.458.325,61	73	426.714,13	4.458.268,66	130	426.998,98	4.458.210,19
17	426.548,25	4.458.337,14	74	426.704,20	4.458.268,44	131	427.000,54	4.458.200,78
18	426.555,43	4.458.343,47	75	426.695,54	4.458.269,65	132	427.001,89	4.458.193,66
19	426.557,38	4.458.349,14	76	426.614,81	4.458.360,19	133	427.001,79	4.458.193,28
20	426.560,64	4.458.351,19	77	426.627,32	4.458.371,35	134	427.003,20	4.458.177,09
21	426.572,26	4.458.348,66	78	426.635,85	4.458.374,91	135	427.004,60	4.458.167,66
22	426.574,74	4.458.349,32	79	426.642,03	4.458.379,51	136	427.006,24	4.458.159,38
23	426.622,96	4.458.302,50	80	426.649,89	4.458.382,39	137	427.008,58	4.458.147,54
24	426.658,98	4.458.270,02	81	426.659,39	4.458.384,19	138	427.011,87	4.458.132,14
25	426.667,95	4.458.263,76	82	426.675,98	4.458.384,79	139	427.012,71	4.458.128,19
26	426.687,23	4.458.248,84	83	426.694,35	4.458.385,98	140	427.013,83	4.458.122,42
27	426.703,92	4.458.233,40	84	426.710,97	4.458.390,12	141	427.014,38	4.458.117,01
28	426.714,98	4.458.220,88	85	426.721,39	4.458.393,35	142	427.014,42	4.458.109,97
29	426.729,15	4.458.204,84	86	426.735,31	4.458.397,69	143	427.014,02	4.458.092,11
30	426.750,90	4.458.184,11	87	426.767,38	4.458.352,56	144	427.013,72	4.458.079,39
31	426.752,38	4.458.185,18	88	426.770,76	4.458.349,04	145	427.012,55	4.458.058,24
32	426.757,10	4.458.189,02	89	426.776,33	4.458.345,59	146	427.010,73	4.458.046,09
33	426.766,42	4.458.184,52	90	426.783,38	4.458.343,59	147	426.973,23	4.458.045,89
34	426.779,67	4.458.183,17	91	426.792,00	4.458.343,44	148	426.921,67	4.458.045,62
35	426.796,65	4.458.180,35	92	426.800,51	4.458.344,61	149	426.611,74	4.458.044,11
36	426.811,42	4.458.178,67	93	426.809,16	4.458.347,45	150	426.629,18	4.458.084,37
37	426.825,90	4.458.178,41	94	426.819,00	4.458.348,47	151	426.641,20	4.458.117,66
38	426.840,53	4.458.181,08	95	426.823,73	4.458.349,06	152	426.658,47	4.458.153,97
39	426.849,84	4.458.183,76	96	426.836,31	4.458.348,03	153	426.648,31	4.458.164,42
40	426.858,31	4.458.188,16	97	426.854,51	4.458.352,29	154	426.629,37	4.458.179,87
41	426.870,45	4.458.193,82	98	426.868,75	4.458.356,53	155	426.606,55	4.458.196,19
42	426.883,85	4.458.197,76	99	426.896,45	4.458.366,20	156	426.588,38	4.458.206,62
43	426.895,51	4.458.200,51	100	426.882,67	4.458.403,12	157	426.535,05	4.458.134,90
44	426.904,84	4.458.198,96	101	426.879,24	4.458.417,53	158	426.496,17	4.458.156,11
45	426.913,43	4.458.198,01	102	426.877,40	4.458.429,25	159	426.485,04	4.458.161,06
46	426.921,43	4.458.194,81	103	426.879,13	4.458.435,02	160	426.472,91	4.458.164,82
47	426.930,00	4.458.190,47	104	426.885,42	4.458.434,23	161	426.460,36	4.458.168,35
48	426.943,06	4.458.182,92	105	426.903,69	4.458.433,87	162	426.433,36	4.458.181,50
49	426.948,45	4.458.179,74	106	426.917,05	4.458.435,69	163	426.403,93	4.458.194,47
50	426.961,85	4.458.171,81	107	426.930,57	4.458.436,57	164	426.402,39	4.458.195,03
51	426.973,98	4.458.166,52	108	426.944,11	4.458.438,03	165	426.409,48	4.458.202,03
52	426.972,07	4.458.191,70	109	426.961,20	4.458.440,07	166	426.423,38	4.458.214,56
53	426.969,81	4.458.198,67	110	426.974,52	4.458.440,83	167	426.433,38	4.458.226,71
54	426.961,30	4.458.214,21	111	426.991,49	4.458.441,72	168	426.442,20	4.458.238,80
55	426.953,95	4.458.225,17	112	427.009,84	4.458.442,36	169	426.450,69	4.458.258,42
56	426.949,79	4.458.231,38	113	427.024,52	4.458.444,79	170	426.457,81	4.458.268,24
57	426.947,54	4.458.234,74	114	427.039,05	4.458.447,30	171	426.462,05	4.458.273,97

NOTA:

- Coordenadas en Huso UTM 30T

LEYENDA:

Vallado Perimetral

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: Vallado / Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/1.25

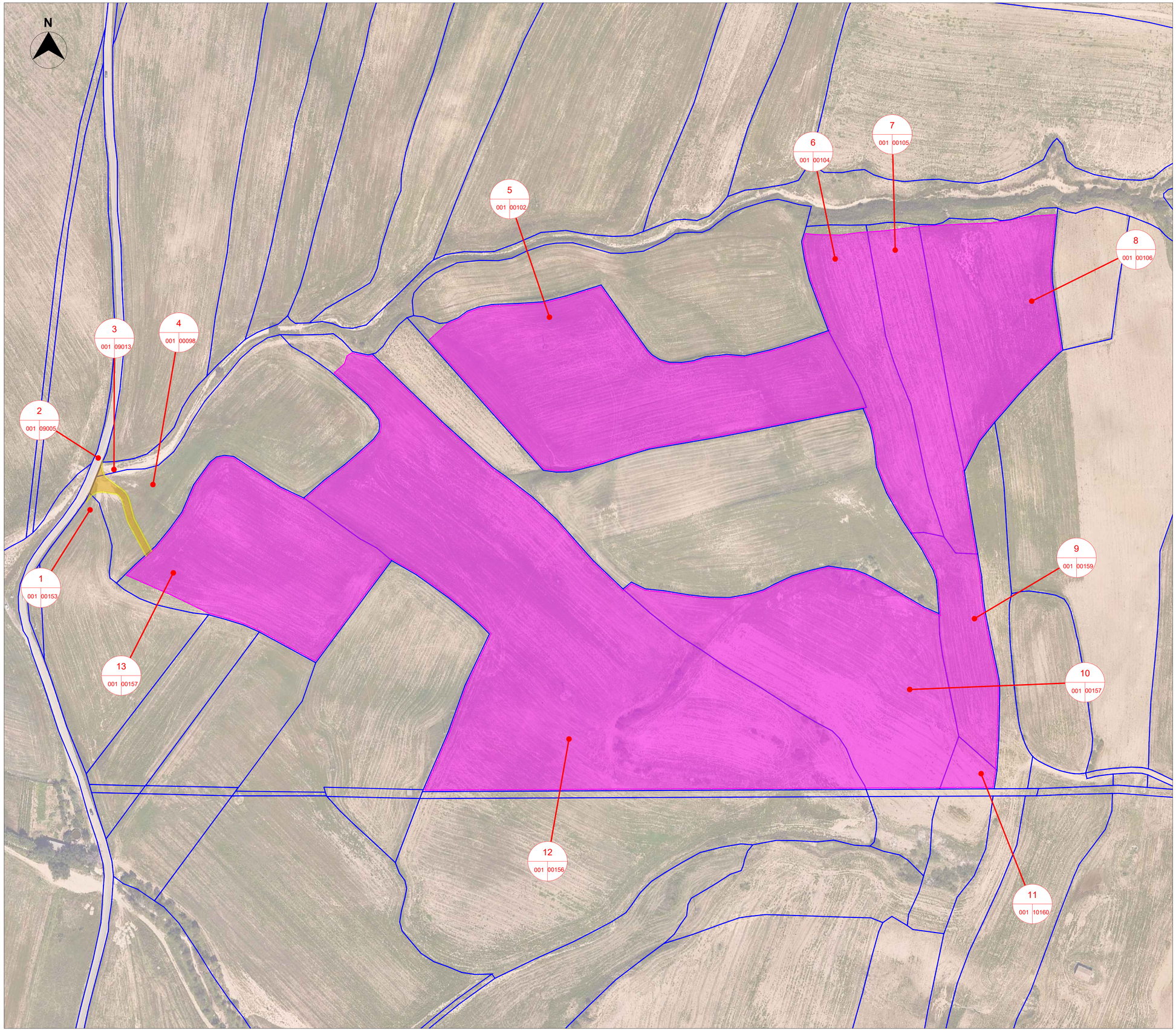
Plano nº: 1.7

Hojas: 1

Hoja nº: 1

Tamaño: A1

Número de proyecto: 15928



NOTAS:

1. Para la creación de nuevos caminos de acceso se ha considerado que afectarán ambos márgenes del camino la distancia necesaria para ejecutar un camino de 4 metros de afección definitiva y 1 metro más como afección temporal a ambos lados.
   Para mas información consultar la RBDA

LEYENDA:

Parcelas

Vallado Perimetral

nºorden
Polígono | Parcela

NUEVOS CAMINOS DE ACCESO

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente: ENRILE PV S.L.

Ingeniería: ata

Proyecto: PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo: RBDA — Planos Generales

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: 1/1.300

Plano nº: 1.8

Hojas: 1

Hoja nº: 1

Tamaño: A1

Número de proyecto: 15928

Proyecto Fotovoltaico
AAC Moraleja Solar

Planos Obra Civil

LOCALIZACIÓN:

Versión	Fecha	Descripción	Emitido	Dibujado	Revisado	Aprobado
00	20/10/2025	Primera emisión	ATA	MVV	MRFL	MMP

Cliente:
ENRILE PV S.L.

Ingeniería:
ata

Proyecto:
PSFV Moraleja Solar

Título & Subtítulo:
Portada
Planos Obra Civil

Este plano es propiedad de Astrom Technical Advisors, S.L. No se puede reproducir, copiar, prestar, ceder o usar bajo ninguna circunstancia sin el previo consentimiento escrito del Propietario.

Escala: -
Plano nº: 2.0
Hojas: 1
Hoja nº: 1
Tamaño: A1
Número de proyecto: 15928