COGITIM
Colegio Oficial de Graduados/as en: Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica y Automática, Ingeniería Química Industrial y otras Ingenierías conforme a la Orden CIN 351/2009. Ingenieros Técnicos Industriales y Peritos Industriales de Madrid

C/ Jordán, 14
28010 MADRID
https://www.cogitim.es
visadoelectronico@coitim.es

Hoja de Control de Firmas Electrónicas

El siguiente documento contiene el registro de firmas electrónicas internas que garantiza de forma independiente, la seguridad del documento PDF y todo su contenido. Una vez que el colegio firme dicho documento, garantizará la validez de las firmas anteriores.

Primera firma electrónica:	COGITIM Fecha :14/06/2022 Nº. Visado:2206400/01
Segunda firma electrónica:	
Tercera firma electrónica:	
Cuarta firma electrónica:	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87D2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILLO 6 MW, LÍNEA DE EVACUACIÓN 30 kV Y SET 30/45 kV



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

LOCALIZACIÓN: **T.M. RILLO (TERUEL)**

PETICIONARIO: **GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L**

CIF: **B-88077276**

Calles Espoz y Mina, 2, 3ª planta,
28012, Madrid
Tlf.: 664247116

Sergio Paredes García,

Nº de colegiado 26.543 por el COGITIM

HISTORIAL DE REVISIONES

Fecha	Versión	Cambios
Mayo	1	Versión original

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 0. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO

CAPITULO 1. MEMORIA

CAPITULO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CAPITULO 3. ANEXOS

CAPITULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

CAPITULO 5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

CAPITULO 6. BALIZAMIENTO

CAPITULO 7. ESTUDIO DE VIENTOS

CAPITULO 8. ESTUDIO DE VIABILIDAD

CAPITULO 9. PLANOS

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ÍNDICE

CAPÍTULO 0. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO 10
CAPÍTULO 1. MEMORIA 13
1. OBJETO 14
1.1. Adecuación al Planeamiento Territorial existente 14
2. ANTECEDENTES 15
3. TITULAR 16
4. NORMATIVA 17
5. SITUACIÓN 19
5.1. Criterios de elección de emplazamiento 20
5.2. Descripción de poligonal 20
5.3. Acceso al parque eólico 20
6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES 21
6.1. Aerogeneradores 21
6.2. Relación de organismos afectados 24
7. OBRA CIVIL PARQUE EOLICO 25
7.1. Condicionantes generales. 25
7.2. Caminos 25
7.3. Plataformas. 29
7.4. Cimentaciones. 30
7.5. Zanjas para cables de media tensión. 30
7.6. Resumen actuaciones obra civil 31
7.7. Restauración ambiental 32
8. SISTEMA ELÉCTRICO EN EL PARQUE EÓLICO. 33
8.1. Sistema eléctrico en baja tensión (690 v) 33
8.2. Sistema eléctrico en media tensión (30 kv) 33
8.3. Línea Colectora de Media Tensión 37
9. CENTRO DE SECCIONAMIENTO ELÉCTRICO 39
9.1. Características de las celdas 39
9.2. Puesta a Tierra del centro de seccionamiento 41
9.3. Instalaciones secundarias. 43
10. SISTEMA DE EVACUACIÓN 44

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

10.1. Descripción general 44
10.2. Emplazamiento 44
10.3. Afecciones organismos 45
11. LÍNEA SUBTERRÁNEA 30 KV 47
11.1. Disposición física de la línea subterránea 47
11.2. Esquema de conexión 49
11.3. Descripción de los materiales 49
11.4. Puesta a tierra 54
11.5. Canalizaciones 54
11.6. Canalización bajo carretera 54
11.7. Perforaciones subterráneas 55
12. Cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/631 57
13. LÍNEA AÉREA 60
13.1. Línea aérea 30 kV 60
13.2. Línea aérea 45 kV 77
14. SUBESTACIÓN ELEVADORA 30/45 kV 93
14.1. Alcance de las instalaciones 93
14.2. Parque de 45 kV 98
14.3. Parque de 30 kV 103
14.4. Transformación 107
14.5. Distancias de aislamiento nominales para materiales 108
14.6. Protecciones 111
15. CRONOGRAMA 115
CAPÍTULO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO 117
1. RESUMEN PRESUPUESTO 118
CAPÍTULO 3. ANEXOS 121
ANEXO I RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS (RBDA) 122
ANEXO II CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS 127
1. CÁLCULOS ELECTRICOS PARQUE EÓLICO 128
1.1. Cálculos de conductores (aislados B.T. y M.T) 128
1.2. Sección de conductores 129
1.3. Cálculos de aislamiento 132
1.4. Cálculos justificativos del sistema de puesta a tierra 133

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

2. CÁLCULOS LÍNEA SUBTERRÁNEA 135
2.1. Características eléctricas del conductor 135
2.2. Intensidades máximas admisibles. 136
2.3. Intensidad de cortocircuito máxima admisible. 140
2.4. Intensidad de cortocircuito máxima admisible en el conductor. 140
2.5. Intensidades circulantes por la línea. 142
2.6. Potencia a transportar. 142
2.7. Caídas de tensión. 142
2.8. Pérdidas de potencia 144
3. CÁLCULO DE LÍNEA DE EVACUACIÓN - LÍNEA AÉREA 145
3.1. TRAMO 1 – CRUCE RÍO EN LAS PARRAS 145
3.2. TRAMO 2 – VANO FLOJO CONEXIÓN A RED 222
4. CÁLCULO PROTECCIONES CELDAS MT 294
5. CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO 296
5.1. DATOS DE PARTIDA 296
5.2. ESQUEMA DE DISPOSICIÓN 297
5.3. FÓRMULAS A APLICAR 297
5.4. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO EN CELDAS Y CABLE M.T. AEROGENERADOR 297
5.5. CÁLCULO DE INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO A 299
5.6. CÁLCULO DE INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO B 300
5.7. CÁLCULO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO C .. 300
5.8. CONCLUSIONES 301
6. CÁLCULO RED DE TIERRAS 302
6.1. CÁLCULOS PRELIMINARES 302
6.2. CÁLCULOS DE TENSIONES DE PASO Y CONTACTO EN EL C.T. - AEROGENERADOR 303
ANEXO III ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS 308
1- ANTECEDENTES 309
1.2 - PROMOTOR 309
2- OBJETO 309

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3- ESTUDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO EN LAS PROXIMIDAD DE LAS INSTALACIONES 309
4.1- OBJETO 309
4.2- CRITERIOS DE CÁLCULO 309
4.3- APLICACIÓN A LAS INSTALACIONES PROYECTADAS 310
4.4- CONCLUSIONES 312
5- ESTUDIO DEL RUIDO EN LAS PROXIMIDAD DE LAS INSTALACIONES 313
5.1- OBJETO 313
5.2- APLICACIÓN A LAS INSTALACIONES PROYECTADAS 313
ANEXO IV MEDIDAS DE PREVENCIÓN ANTE INCENDIOS 314
1. ANTECEDENTES 315
1.1. Promotor. 315
2. OBJETO 315
3. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 316
3.1. Condiciones de mantenimiento y uso de la instalación de protección contra incendios. 317
4. MEDIDAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE INCENDIO 318
4.1. Fase de Ejecución y Desmantelamiento 318
4.2. Fase de Explotación 319
5. CONCLUSIONES 320
ANEXO V DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y DATOS DEL AEROGENERADOR 321

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características básicas 12
Tabla 2 Poligonal 20
Tabla 3 Coordenadas aerogeneradores 21
Tabla 4 Características aerogenerador 22
Tabla 5 Relación de organismos afectados 24
Tabla 6 Resumen obra civil parque eólico 31
Tabla 7 Características Transformador BT/MT 34
Tabla 8 características generales celdas 36
Tabla 9 Resumen celdas de protección de los aerogeneradores 36
Tabla 10 Red MT parque eólico 38
Tabla 11 Características generales celdas 40
Tabla 12 Resumen características básicas línea de evacuación 44
Tabla 13 Emplazamiento línea de evacuación 45
Tabla 14 Organismos afectados en el trazado de la línea aérea 45
Tabla 15 Organismos afectados en el trazado de la línea subterránea 46
Tabla 16 Características línea aérea 60
Tabla 17 Trazado línea aérea 61
Tabla 18 Características conductor línea aérea 61
Tabla 19 Aislador cadena de suspensión 62
Tabla 20 Aislador cadena de amarre 62
Tabla 21 Herrajes cadena de suspensión 63
Tabla 22 Herrajes cadena de amarre 64
Tabla 23 Hipótesis de cálculo apoyos 67
Tabla 24 Distancia de aislamiento 73
Tabla 25 Valores de K` 73
Tabla 26 Distancias cruce 75
Tabla 27 Características línea aérea 77
Tabla 28 Trazado línea aérea 78
Tabla 29 Características conductor línea aérea 78
Tabla 30 Aislador cadena de amarre 79
Tabla 31 Herrajes cadena de amarre 80
Tabla 32 Hipótesis de cálculo apoyos 83

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Tabla 33 Distancia de aislamiento 89
Tabla 34 Valores de K` 90
Tabla 35 Distancias cruce 92
Tabla 36 Cables y Tubos AT 99
Tabla 37 Niveles aislamiento e intensidad de cortocircuito 100
Tabla 38 Características asignadas comunes 100
Tabla 39 Características asignadas del interruptor automático 101
Tabla 40 Características asignadas de los seccionadores 102
Tabla 41 Características asignadas comunes 104
Tabla 42 Características asignadas de los interruptores 105
Tabla 43 Características asignadas de los transformadores de tensión 105
Tabla 44 Características asignadas de los transformadores de intensidad 105
Tabla 45 Conexión cables subterráneos 106
Tabla 46 Características conductor conexión con transformador de potencia 106
Tabla 47 Características conductor conexión con transformador de SSAA 106
Tabla 48 Características línea MT 107
Tabla 49 Características asignadas transformador de potencia 45/30 kV 108
Tabla 50 Características asignadas reactancia de puesta tierra 108
Tabla 51 Distancia mínima de asilamiento en aire fase a tierra y entre fases 108
Tabla 52 Distancia mínima de asilamiento en aire fase a tierra y entre fases 109
Tabla 53 Distancia a pasillos y zonas de protección en instalaciones interiores 110
Tabla 54 Funciones protectivas primarias circuitos AT 111
Tabla 55 Funciones protectivas secundarias circuitos AT 112
Tabla 56 Funciones protección de barras 113
Tabla 57 Funciones protección de interruptor 113
Tabla 58 Funciones protectivas primarias baterías de condensadores 114
Tabla 59 Funciones protectivas secundarias baterías de condensadores 114
Tabla 60 RBDA 123

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Situación 19
Ilustración 2 Tensión de paso y contacto 42
Ilustración 3 Pantallas conectadas rígidamente a tierra 49
Ilustración 4 Composición conductor 51
Ilustración 5 Topo 56
Ilustración 6 Salvapájaros 66
Ilustración 7 Cimentaciones 67
Ilustración 8 Espiral salvapájaros 71
Ilustración 9 Salvapájaros 82
Ilustración 10 Cimentaciones 83
Ilustración 11 Espiral salvapájaros 87

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 0. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO	**Parque eólico "Cararrillo"**
DATOS PROMOTOR	GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L.
CIF	B-88077276
DOMICILIO	MADRID
POTENCIA INSTALADA	6 MW
UBICACIÓN	Rillo/Teruel/Aragón
Nº DE AEROGENERADORES	2
TURBINA EÓLICA	E-115 EP3
CONFIGURACIÓN	Síncrono, SYNC Wounded
POTENCIA NOMINAL	3.000 kW
POTENCIA LIMITADA DE SALIDA	3.000 kW
DIAMETRO DE ROTOR	115,7 m
AREA DE BARRIDO	10.513,7 m^2
ALTURA DE TORRE	135 m
SUBESTACIÓN ELEVADORA	30/45 KV
POTENCIA	6 MVA
LÍNEA DE EVACUACIÓN	15,157 km
TRAMO 1	7,507 km
• CONFIGURACIÓN	SUBTERRÁNEA
• TENSIÓN	30 KV
• CONDUCTOR	RH5Z1 (S) 18/30 kV 1X95mm^2 K Al
TRAMO 2	299,73 m

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

• CONFIGURACIÓN	AÉREA
• TENSIÓN	30 kV
• CONDUCTOR	LA-56
TRAMO 3	7,300 km
• CONFIGURACIÓN	SUBTERRÁNEA
• TENSIÓN	30 kV
• CONDUCTOR	RH5Z1 (S) 18/30 kV 1X90mm2 K Al
TRAMO 4	50,6 m
• CONFIGURACIÓN	AÉREA
• TENSIÓN	45 kV
• CONDUCTOR	LA-180

Tabla 1 Características básicas

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

CAPÍTULO 1. MEMORIA

1. OBJETO

El objeto del presente Proyecto es la descripción de las características técnicas del parque eólico "Cararrillo" de 6 MW, línea aéreo-subterránea de evacuación 30 kV hasta subestación elevadora "Cararrillo" 30/45 kV y su línea aérea de entronque al apoyo la LAT 45 kV ESCUCHA-UTRILLAS en el término municipal de Utrillas, con el fin de tramitación ante las distintas Autoridades con el objeto de obtener las Licencias necesarias para la ejecución.

Se describirán las instalaciones eléctricas en Baja Tensión de corriente alterna para un sistema de generación de energía eléctrica mediante el empleo de energía eólica (aerogenerador). Además de la línea de media tensión y el centro de seccionamiento del parque como infraestructura colectora de la energía producida, la línea aéreo-subterránea de evacuación y la SET para elevar la tensión de dicha energía previa a la conexión en el apoyo de la línea mencionada.

En consecuencia, la redacción del presente Proyecto tiene como finalidad la descripción de todas aquellas condiciones técnicas de conexión y seguridad de la instalación para el correcto funcionamiento, por lo que se pretenden alcanzar dos objetivos bien definidos:

- Fomentar la energía eólica como fuente alternativa de producción de energía.
- Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica.

Este proyecto ha sido redactado con el fin de tramitación ante las distintas Autoridades con el objeto de obtener las Licencias necesarias para la ejecución. Una vez obtenidos los permisos de los distintos organismos de la Administración se desarrollarán los correspondientes proyectos que permitan la ejecución de las obras.

1.1. Adecuación al Planeamiento Territorial existente

Para la implantación del parque eólico "Cararrillo" y su línea de evacuación al punto de conexión proporcionado por Endesa en un apoyo perteneciente a la LAT 45 kV ESCUCHA-UTRILLAS en el término municipal de Utrillas se han tenido en cuenta el Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) de los respectivos términos municipales y normativa urbanística involucrada en el desarrollo de dicho parque eólico.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2. ANTECEDENTES

Que, la mercantil GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L. tiene entre sus actividades la promoción, construcción, y explotación del futuro Parque Eólico “Cararrillo”, de 6 MW de potencia, situado en el término municipal de Teruel (Aragón).

Que, se ha tenido en cuenta el recurso eólico de la zona a la hora de elegir minuciosamente las posiciones de los aerogeneradores proyectados.

Que, a fecha de 17 de diciembre de 2019, la entidad promotora solicita la conexión en LAT ESCUCHA-UTRILLAS 45 kV para la evacuación de la energía del Parque Eólico CARARILLO 6 MW.

Que, a fecha 5 de noviembre de 2020 se concede, por parte de Endesa, la viabilidad de conexión desde la perspectiva de la capacidad eléctrica en LAT 45 kV ESCUCHA-UTRILLAS.

Que, a fecha de 19 de febrero de 2021, Endesa concede el pliego de condiciones técnicas y el presupuesto económico de la conexión, también conocidos como CTEs.

Que, Red Eléctrica de España concede la aceptabilidad desde la perspectiva operacional del sistema por afección a la red de transporte en la subestación ESCUCHA 220 kV para el acceso a la red de distribución de generación renovable.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3. TITULAR

La entidad promotora de la actuación es la siguiente:

- GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L. CIF: B-88077276

Los datos de la persona y dirección de contacto a efectos de notificaciones relacionadas son los siguientes:

- Calle Espoz y Mina, 2, 3ª planta, 28012, Madrid

El teléfono y dirección de contacto a efectos de notificaciones relacionadas son los siguientes:

Tfno.: 664247116
Correo: notificaciones@geolisol.es

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

4. NORMATIVA

Serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales que guarden relación con las obras objeto de este proyecto de ejecución, con sus instalaciones complementarias, o con los trabajos necesarios para realizarlas.

Además, se contemplarán todas aquellas normas que, por la pertenencia de España a la Comunidad Económica Europea, sean de obligado cumplimiento en el momento la presentación del Proyecto Constructivo.

A tal fin, se incluye a continuación una relación no exhaustiva de la normativa técnica aplicable.

- LEY 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- REAL DECRETO 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- REAL DECRETO 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 842/2002 de 2 de agosto, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión publicado en el BOE Nº 224 de 18 de septiembre de 2003.
- REAL DECRETO 223/2.008, de 15 de febrero, por el que se aprueba 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.
- REAL DECRETO 337/2014 de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- REAL DECRETO 1110/2007 de 18 de septiembre, por el que se aprueba se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO 1247/2008 de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- DECRETO 1964/75 de 23 de mayo por el que se aprueba el Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos y sus modificaciones posteriores (DECRETO 114/79 de 11 de enero, por el que se reestructura el Pliego de Condiciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos y REAL DECRETO 1797/2003 de 26 de diciembre por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos RC-03).

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- ORDEN MINISTERIAL de 6 de febrero de 1976, por la que se aprueba el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales (PG- 3/75) y sus posteriores modificaciones (ORDEN MINISTERIAL de 21 de enero de1988, ORDEN MINISTERIAL de 8 de mayo de 1989 y ORDEN MINISTERIAL de 28 de septiembre de 1989).
- REAL DECRETO 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE 25/10/1997
- REAL DECRTETO-LEY 7/2007, de 23 de junio por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- RESOLUCION de 1 de agosto d 2005, de la Dirección General de Calidad Ambiental, por la que se aprueba un modelo normalizado para la declaración de productor de aparatos eléctricos y electrónicos. BOA 97, de 12-08-2005.
- RESOLUCION de 1 de agosto de 2005, de la Dirección General de Calidad Ambiental, por la que se aprueba un modelo normalizado para la declaración de productor de aparatos eléctricos y electrónicos. BOA 97, de 12-08-2005.
- REGLAMENTO (UE) 2016/631 de la Comisión, 14 de abril de 2016, que establece un código de red sobre requisitos de conexión de generadores a la red

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5. SITUACIÓN

Las instalaciones objeto de esta Memoria se ubicarán en el Municipio de Rillo, Provincia de Teruel.

El proyecto se encuentra dentro del citado municipio en torno a las coordenadas UTM ETRS89 H30:

X: 670559.87 mN
Y: 4512816.15 mE

A continuación, se muestra una imagen con la situación del futuro parque eólico:



Ilustración 1 Situación

Rillo es una localidad y un municipio español situado en la provincia de Teruel, Comunidad Autónoma de Aragón. Está situado en el centro de la provincia.

Su término municipal tiene una extensión de 53,31 km² que abarcan un territorio dedicado a la agricultura y la ganadería con un clima típico de la meseta. Su población alcanza los 92 habitantes, según datos del censo del INE de 2021.

El proyecto está situado en la parte central de la provincia, a unos 3,6 km al norte del centro del pueblo de Rillo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.1. Criterios de elección de emplazamiento

El emplazamiento del Parque Eólico Cararrillo parece constituir una excelente localización para la explotación comercial de la energía eólica. La naturaleza de los vientos analizados en la zona se ha tenido en cuenta para la elección de las posiciones proyectadas tratando de aprovechar lo máximo posible el recurso eólico disponible.

Los criterios en los que se basa la definición del potencial eólico de un emplazamiento son:

- Orientación respecto de los vientos principales
- Facilidad de accesos hacia y en el emplazamiento
- Vegetación y rugosidad del terreno
- Altura sobre los valles o llanos que lo rodean
- Pendientes de los montes que forman el emplazamiento

5.2. Descripción de poligonal

La poligonal que delimita el parque tiene las siguientes coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30:

VÉRTICE	X	Y
1	671447.00	4513378.00
2	671447.00	4513549.00
3	670136.00	4513434.00
4	669951.00	4513167.00
5	670033.00	4512522.00
6	671088.00	4511787.00
7	671372.00	4511986.00
8	671040.00	4512542.00

Tabla 2 Poligonal

5.3. Acceso al parque eólico

El acceso al parque eólico se realizará a través de la carretera A-1510 entre el P.K.11 y el P.K. 12 y TE-V-1016 en el P.K. 2, utilizando, en caso de ser posible caminos y viales ya existentes construidos por otros parques eólicos.

Se ha diseñado una red de caminos de interconexión. Se han utilizado, en la medida de lo posible, los caminos ya existentes, adecuándolos a las condiciones necesarias.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El Parque Eólico estará constituido por 2 aerogeneradores, de potencia 3.000 kW con una altura de torre de 135 m.

El modelo de aerogenerador seleccionado es el fabricado por la empresa ENERCON, con un rotor de 115,7 m y un área de barrido 10.515,5 m^2.

La tensión de generación de este modelo de Aerogenerador es de 690 V, elevando esa tensión a 30 kV mediante un centro de transformación compuesto por un transformador 30/0,69 kV, situado en la propia nacelle.

Se instalará una línea de tierra común para todo el parque formando un circuito equipotencial de puesta a tierra y una red de comunicaciones para la operación y control del parque. La red de comunicaciones y de tierras discurrirá por la misma zanja que la de media tensión hasta el centro de seccionamiento.

En la parte baja del aerogenerador se completa el centro de transformación con las celdas de protección y de línea que conectan el aerogenerador con el resto y la línea de evacuación hasta el centro de seccionamiento.

Por ser la altura máxima del buje de 135 m, éste va equipado con un sistema de balizamiento mediante luces rojas tipo Xenón, situadas en la parte superior del buje del aerogenerador.

El trazado interno del parque eólico se hará aprovechando en la medida de lo posible los caminos existentes, los cuales, serán convenientemente señalizadas al borde de la carretera.

El Parque Eólico consta de 2 aerogeneradores, distribuidos según los vientos predominantes en la zona y el CSE Cararrillo.

6.1. Aerogeneradores

El Parque Eólico estará constituido por 2 aerogeneradores del modelo E-115 de ENERCON, de potencia 3.000 kW unitaria, con una altura de torre de 135 m y diámetro de rotor de 115,7 m. La potencia total del parque queda limitada a 6 MW.

6.1.1. Coordenadas de los Aerogeneradores

Los aerogeneradores propuestos se ubican en el Término Municipal de Rillo, provincia de Teruel, en las siguientes coordenadas UTM (Huso 30, ETRS89) que se encuentra dentro de la poligonal:

COORDENADAS ETRS89				UBICACIÓN	
Nº Tur.	X1	Y1	Z Terr (m)	Ref. Catastral	Termino Municipal
AEG-1	670321.80	4513199.05	1393	44207A00200155	Rillo
AEG-2	670820.99	4513162.39	1382	44207A00200155	Rillo
CSE	670937.61	4513230.65	1377	44207A00200155	Rillo

Tabla 3 Coordenadas aerogeneradores

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.1.2. Características de los aerogeneradores

El aerogenerador a instalar en el Parque Eólico es el modelo E-115 EP3 de ENERCON o similar.

Este aerogenerador de tres palas orientado a barlovento con diámetro de rotor de 115,7m, dispone de un sistema de orientación eléctrico activo con control activo del paso de las palas y generador de velocidad variable con sistema convertidor electrónico de potencia.

El aerogenerador va montado sobre una torre tubular de acero de 138 m de altura.

En la tabla siguiente se muestran las principales características del aerogenerador.

Modelo	ENERCON 115 EP3
Potencia	3.0 MW
Diámetro de rotor	115,7 m
Altura de buje	135 m
Número de palas	3
Área de barrido	10.515,7 m^2
Paso	Variable
Tensión	690 V
Frecuencia de red	50 Hz
Orientación del rotor	Barlovento

Tabla 4 Características aerogenerador

6.1.2.1. Rotor

La velocidad del rotor se regula mediante una combinación de ajuste del ángulo de inclinación de las palas y control de par del generador / convertidor. El rotor gira en el sentido de las agujas del reloj en condiciones normales de funcionamiento cuando se ve desde una ubicación contra el viento.

El rango completo del ángulo de inclinación de la pala es de aproximadamente 90 grados, con la posición de cero grados con la pala plana respecto al viento predominante. Con el posicionamiento de las palas en la posición de aproximadamente 90 grados se logra un frenado aerodinámico del rotor lo que reduce la velocidad del rotor.

6.1.2.2. Sistema de control de paso de pala

El rotor utiliza un sistema de paso para proporcionar un ajuste del paso de la pala durante la operación.

El controlador de paso activo permite que el rotor de la turbina eólica regule la velocidad cuando está por encima de la velocidad nominal del viento. La energía de las ráfagas de viento por debajo de la velocidad nominal del viento se captura permitiendo que el rotor se acelere.

Se proporciona un respaldo independiente para impulsar cada pala con el fin de que las palas estén en posición de parada y apagar el aerogenerador en caso de un corte de la línea u otro fallo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Al tener las tres palas equipadas con un sistema de paso independiente, se proporciona redundancia de la capacidad de frenado aerodinámico de las palas individuales.

6.1.2.3. Buje

El buje permite conectar las tres palas al eje principal de la turbina. El buje también aloja el sistema de paso de las palas y está montado directamente en el eje principal.

6.1.2.4. Multiplicadora

Este tipo de aerogenerador no dispone de multiplicadora.

6.1.2.5. Sistema de frenado

El sistema de paso de las palas actúa como el principal sistema de frenado del aerogenerador. El frenado en condiciones normales de funcionamiento se logra alejando las palas del viento. Solo se requieren dos palas de rotor en posición de parada para desacelerar el rotor de manera segura en modo inactivo.

6.1.2.6. Generador

El generador es un generador síncrono multipolar. La turbina eólica funciona a velocidad variable para una utilización óptima del potencial de energía eólica a todas las velocidades del viento. Como resultado, el generador produce corriente alterna con voltaje, frecuencia y amplitud fluctuantes.

6.1.2.7. Sistema de orientación

El aerogenerador dispone de un sistema de orientación eléctrico activo. Un cojinete colocado entre la góndola y la torre facilita el movimiento de orientación. Los engranajes del sistema de orientación engranan con el engranaje del cojinete y dirigen el aerogenerador para seguir el viento. El sistema de accionamiento de orientación contiene un freno automático. Este freno se activa cuando el accionamiento de orientación no está funcionando e impide que los accionamientos se carguen debido a condiciones de viento turbulento.

El controlador activa los accionamientos de orientación para alinear la góndola con la dirección del viento basándose en el sensor de veleta montado en la parte superior de la góndola.

El aerogenerador registra la posición de orientación de la góndola después de una rotación excesiva en una dirección, el controlador automáticamente hace que el rotor se detenga, desenrolla los cables internos y reinicia la turbina eólica.

6.1.2.8. Torre

El aerogenerador está montado en la parte superior de una torre de acero tubular. El acceso a la turbina se realiza a través de una puerta en la base de la torre. Se incluyen plataformas de servicio internas e iluminación interior. Una escalera proporciona acceso a la góndola y también admite un sistema de protección contra caídas.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.1.2.9. Góndola

La góndola o nacelle alberga los componentes principales del aerogenerador. El acceso desde la torre a la góndola se realiza a través de la parte inferior de la góndola. La góndola está ventilada e iluminada por luces eléctricas. Una trampilla proporciona acceso a las palas y al buje.

6.1.2.10. Sistema de control

El aerogenerador se puede controlar localmente. Las señales de control también se pueden enviar desde un ordenador remoto a través de un sistema de control de supervisión y de adquisición de datos (SCADA), con capacidad de bloqueo local proporcionada en el controlador de la turbina.

Los interruptores de servicio en la parte superior de la torre evitan que el personal de servicio en la parte inferior de la torre opere ciertos sistemas de la turbina mientras el personal de servicio está en la góndola. Para anular cualquier operación de la turbina eólica, los botones de parada de emergencia ubicados en la base de la torre y en la góndola se pueden activar para detener la turbina en caso de una emergencia.

6.2. Relación de organismos afectados

Las administraciones o empresas cuyas propiedades se ven o podrían verse afectadas

Por las instalaciones del parque eólico son:

NOMBRE	ORGANISMO	REF. CAT	AFECCIÓN
CAMINO DE CERVERA A RINCON	Excelentísimo Ayuntamiento de Rillo	44207A00209001	Ocupación del vial

Tabla 5 Relación de organismos afectados

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

7. OBRA CIVIL PARQUE EOLICO

7.1. Condicionantes generales.

El objetivo de la red de caminos es el de proporcionar un acceso hasta los aerogeneradores, minimizando las afecciones de los terrenos por los que discurren. Para ello se maximiza la utilización de los caminos existentes en la zona, definiendo nuevos trazados únicamente en los casos imprescindibles de forma que se respete la rasante natural del terreno, siempre atendiendo al criterio de mínima afección al medio. Además, se primarán las soluciones en desmonte frente a las de terraplén y procurando alcanzar un movimiento de tierras compensado (entre los volúmenes de desmonte y los de terraplén).

El proyecto contempla la adecuación de los caminos existentes que no alcancen los mínimos necesarios para la circulación de los vehículos de montaje y mantenimiento de los aerogeneradores y la construcción de nuevos caminos necesarios en algunas zonas.

La explanación del camino y las plataformas constituyen las únicas zonas del terreno que pueden ser ocupadas, debiendo permanecer el resto del territorio en su estado natural, por lo que éste no podrá ser usado, bajo ningún concepto, para circular o estacionar vehículos o para acopio de materiales.

Para la instalación y mantenimiento del Parque Eólico es preciso realizar una Obra Civil que cumpla las prescripciones técnicas de ENERCON y contempla las siguientes prescripciones técnicas que pueden resumirse en:

- Ancho mínimo de calzada: 5 m.
- Pendiente máxima: 13 % en tramos rectos 7% en tramos curvos
- Radio mínimo interior: 30 m
- Sección tipo: según planos.
- Mínima afección al entorno.

7.2. Caminos

7.2.1. Caminos del parque.

Los accesos se construirán previamente a la instalación de los aerogeneradores. En cualquier momento, incluso tras el mismo montaje, deberá ser posible acceder al aerogenerador para cualquier reparación o asistencia técnica, con vehículos de mantenimiento y grúa.

Según se observa en los planos la red de viales del parque se compone de:

- 1 vial de entronque con la TE-V-1016 por camino existente (Acceso)
- 1 vial de acceso a los aerogeneradores AEG-1 y AEG-2.

Para el diseño de los viales, se ha implantado una traza de 5 m, diseñando su trazado en planta, previéndose el desbroce y rebaje del terreno natural con objeto de mantener la rasante del terreno actual, pero con la nueva sección estructural, salvo en los tramos específicos donde puede exigir un desmonte y terraplén impuesto por la pendiente máxima exigida, que enlace los aerogeneradores y permita todos los movimientos de giro a izquierda y derecha en recorridos de ida y vuelta aprovechando para ello las plataformas de montaje anejas a los aerogeneradores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Como puede observarse en los planos, la solución propuesta resulta ser una sucesión de trazados relacionados por alineaciones rectas y curvas que respetan en la medida de lo posible la rasante del terreno natural, utilizando la especificación del fabricante para ese modelo de aerogenerador.

7.2.2. Criterios de geometría en planta

Los viales de acceso del parque requieren unas características técnicas condicionadas por el modelo de aerogenerador escogido. Por su diseño se tiene que tener en cuenta que la pala del aerogenerador es indivisible, lo que implica unos radios de curvatura restrictivos en planta.

Además, si la distancia entre dos curvas es menor que la longitud del convoy, los radios de curvatura tendrán que ser más grandes, puesto que a la hora de entrar con la tractora en una curva, la parte posterior del transporte tiene que haber salido ya de la curva anterior. En este supuesto se estudiará cada caso específico, de forma que será necesaria la comprobación y la aprobación por parte del tecnólogo de los aerogeneradores.

Así mismo, cuando menor sea el radio de curvatura y más grande sea el ángulo de desviación del camino, el ancho del vial a la curva tendrá que ser más grande, de forma que sería necesaria la construcción de sobreanchos en las curvas (según especificación del fabricante).

Durante la elaboración del proyecto de ejecución del parque, será el momento de realizar un estudio en detalle de todos los viales del parque para definir con exactitud estos sobre anchos.

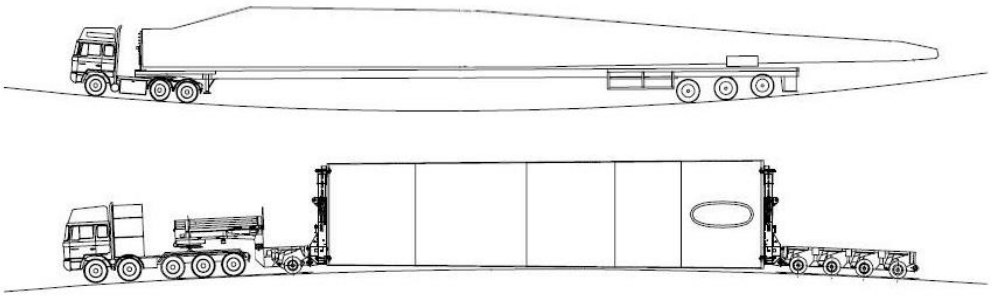
7.2.3. Criterios de geometría en alzado

El diseño del camino también viene condicionado por las pendientes y las longitudes de acuerdo vertical de cada tramo.

Los componentes que exigen unas condicionas más restrictivas por la pendiente del camino son la góndola y el primer tramo de la torre del aerogenerador, debido a su peso. La composición del pavimento dependerá de los mencionados pendientes, así que se escogerá una sección de firme adecuada que garantice una buena adherencia del transporte con el mismo.

La longitud de la curva vertical, pero, viene restringida por las dimensiones máximas de los elementos que componen los aerogeneradores, por lo tanto, la restricción viene dada por la distancia entre la carga y el firme del camino. Es por eso que se necesitan unos enlaces verticales entre cambios de rasante (cóncava o convexa) que sean tan planos como sea posible, para que no se produzca ninguna interferencia entre la carga y el firme.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



El diseño en alzado de los viales se Realizará a través del parámetro *Kv. Este parámetro representa la longitud de la curva vertical por unidad de variación de pendiente y viene dado por la expresión siguiente:

$$Kv = 100 \cdot \frac{L}{p_e - p_s}$$

L: Longitud de la curva vertical

Pe: Pendiente de entrada

Ps: Pendiente de salida

7.2.4. Elementos del camino.

Calzada:

La calzada de los viales de interconexión entre Aerogeneradores tiene un semiancho de 2,5 m, no se contemplan la utilización de arcenes.

Desmonte:

Los taludes de desmontes o excavaciones a aplicar, y atendiendo a la naturaleza del terreno, se inscriben en una de estas tres categorías:

Excavación en roca:

Cuando para la ejecución de la excavación se precise de especiales elementos mecánicos, tales como “ripers” o martillos hidráulicos y en casos muy particulares explosivos. Los taludes oscilarán entre el 1/3 al 1/5.

Excavación en terreno de tránsito:

La realizada en rocas muy blandas, meteorizadas y descompuestas, arcillas duras o tierras muy compactas, su excavación precisa de maquinaria de potencia media o explosivos ligeros de destroza. Los taludes oscilarán entre el 1/2 al 2/3.

Excavación en terrenos de consistencia normal:

La de aquellos materiales no comprendidos en las dos anteriores categorías, y cuya estructura y consistencia permite el empleo de maquinaria normal de excavación: Retroexcavadoras con cazo, traíllas, etc. Los taludes usuales oscilarán entre el 1/1 al 2/1.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Terraplén:

El talud para la construcción del núcleo del terraplén es el 3/2 (talud natural) Para ayudar a la estabilización del mismo se replantarán mediante hidrosiembra las paredes del talud.

Cunetas:

El agua de lluvia que escurre por la calzada y por los taludes de la explanación, debe canalizarse a través de cunetas longitudinales que, además, pueden tener alguna de estas finalidades:

- Reunir las aguas infiltradas en el firme y terreno adyacente
- Almacenar la nieve
- Limitar el nivel freático

Para cumplir su función específica, deben desaguar lo más rápidamente posible, aprovechando para ello la topografía del terreno, de forma que la sección de la cuneta sea menor y el camino se mantenga más saneado.

La longitud de los tramos de cuneta debe limitarse de manera que vierta en cauces naturales o en obras de desagüe del camino, que se proyectarán, cuando sean necesarias, con la condición que el recorrido del agua en la cuneta no produzca erosiones ni estancamientos.

Las cunetas se interrumpirán en la transición de desmonte a terraplén, de cuyo pie se alejarán mediante desagües bien definidos.

El comienzo de la cuneta siempre es el punto de inicio del paquete de firmes de la plataforma, esto es, la cuneta inicia en la cota de refino de tierras.

Los vectores definitorios habituales, como orientación general, en los tres tipos usuales, son: 0.50, -0.5, 0.5

La sección más óptima siempre será la resultante de la sección hidráulica determinada con los datos procedentes de efemérides meteorológicas, necesidades de evacuación de escorrentías y estudio geotécnico del terreno a desaguar.

Firmes:

El firme es la estructura superior del camino situada sobre la explanación y que recibe directamente los efectos del tráfico. Tiene como función esencial repartir las cargas trasmitidas por las ruedas para que no rebase la capacidad portante o de carga de la explanación.

Otras funciones del firme son: proteger de la humedad el cuerpo del camino y facilitar la circulación de los vehículos, haciéndola lo más cómoda y segura posible, dentro del marco económico que corresponde.

El firme utilizado en los viales de interconexión es un de tipo flexible, su resistencia a la flexión es reducida siendo el más adecuado para la construcción de caminos “rurales”, y se componen exclusivamente de una capa de 0.4 mts., (en función de geotécnico) (0,2 mts. para Subbase y 0,20 mts. para Base), de Zahorra Natural ZN40 (o subbase granular S2 según norma “PG3 y actualizaciones del Ministerio de Fomento” al Proctor del 97%).

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Las mediciones correspondientes a la ejecución de esta obra, figuran en el cálculo de movimiento de tierras.

Las mediciones correspondientes a la ejecución de esta obra, figuran en el cálculo de movimiento de tierras. Para asegurar la estabilidad de los taludes frente a la erosión de aguas pluviales se realizarán obras de fábrica para el drenaje, según se indica en los planos.

Semiancho = 2,5mts.

Explanación = Mejorada, calidad de compactación > 97% P.M.

Tipo de Firmes para Subbase = Según material definido en Pliego de Condiciones Técnicas / Geotécnico.

Tipo de Firmes para Base = Según material definido en Pliego de Condiciones Técnicas / Geotécnico.

Espesor de firmes = mín. 0,4 mts, (en función de geotécnico) (0,2 mts. para Subbase y 0,20 mts. Para Base).

Taludes generalmente recomendados por los fabricantes:

- Desmonte, mínimo 1/2:
- Terraplén, mínimo 3/2:
- Talud de Firmes 3/2

En pendientes pronunciadas y a criterio del proyectista, se sustituirá el firme de zahorra por hormigón.

El camino se adaptará a los criterios establecidos por el fabricante del aerogenerador ENERCON.

7.3. Plataformas.

Para el diseño de las plataformas se utilizarán los criterios establecidos por norma general y según la normativa a la hora de instalar parques eólicos.

Con objeto de permitir el posicionamiento de las dos grúas y los transportes pesados involucrados en el montaje de los aerogeneradores y acopio del material, se disponen unas áreas situadas a la misma cota de acabado de la cimentación de los aerogeneradores y junto a ellas, esencialmente planas, con una pendiente máxima de 3% en la zona de grúas y del 1% en la zona de acopios. Se diseñan mediante un desbroce de tierra vegetal y una posterior explanada tipo E1, E2 o E3 con una capacidad portante de al menos 5kg/cm^2. La compactación será al 95% del Proctor Modificado. En las zonas de acopio bastará con una explanación E1 con una capacidad portante de 3 kg/cm2.

La superficie total aproximada de cada plataforma será de 2.500 m^2

Se ha procurado que todas ellas se ubiquen en las parcelas donde se encuentran los aerogeneradores con objeto de afectar al mínimo número posible de propietarios, así como para minimizar el impacto sobre la vegetación existente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

7.4. Cimentaciones.

La cimentación de los aerogeneradores adaptará a las características geotécnicas del terreno, pudiendo variar según los casos, a criterio de la propiedad, realizándose para la ejecución del parque un proyecto específico de cimentación realizado por técnico competente, siguiendo las especificaciones del fabricante del aerogenerador. Se presenta un plano con el modelo tipo.

La excavación del pozo de cimentación se realizará por medios mecánicos, empleando métodos adecuados para la fragmentación de la roca, si aparece. La excavación para la cimentación de los aerogeneradores consistirá en una base circular de Ø16,4 m. En el pedestal se dispondrán las bridas y los pernos para el anclaje del fuste del aerogenerador y los tubos de conexión. Será realizado un procedimiento para garantizar la nivelación de la jaula de pernos, en conjunto con la propiedad.

El material para la construcción de la zapata será de hormigón HL-150/P/20 para la capa de nivelación y limpieza. El principal de la zapata y pedestal será de HA-45/F/20 y HA-50/F/20, armado con acero corrugado B500S. Una vez terminada la zapata y está alcanzando la resistencia adecuada se procederá a enterrarla. Los materiales a emplear en el relleno procederán de las excavaciones y ocasionalmente de préstamo. El extendido del material se realizará en tongadas de espesor uniforme y sin superar los 30 cm. Su compactación se realizará con medios mecánicos adecuados a las características del terreno y material. Siempre que el terreno lo permita se dispondrá de pendiente suficiente que facilite la salida de aguas. El diseño final de la cimentación se realizará o bien por el fabricante del aerogenerador, o bien siguiendo las especificaciones de cargas del mismo.

7.5. Zanjas para cables de media tensión.

Junto con los viales se han diseñado las zanjas por las que discurrirán los circuitos eléctricos que unen los aerogeneradores y el cable de tierra de acompañamiento. Esta red de zanjas se ha tendido en paralelo a los viales, para facilitar la instalación de los cables y minimizar la afección al entorno.

Será de aplicación la ITC LAT 06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y las especificaciones del fabricante.

Para el cruce de áreas de maniobra y viales, se prevé la protección de los cables mediante su instalación directamente enterrados con una losa de hormigón en la zona superior.

Los conductores se alojarán en zanjas de 0,8 m de profundidad mínima y una anchura mínima de 0,60 m para permitir las operaciones de apertura y tendido.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena seleccionada lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, sobre la que se depositarán los cables correspondientes a las ternas de MT a instalar y el cable de tierra de acompañamiento.

Por encima del cable irá otra capa de arena de idénticas características. Se colocará, una protección mecánica de placa cubrecables PPC, losetas de hormigón, rasillas o ladrillos

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

colocados transversalmente sobre el trazado del cable. Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja. A continuación, se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación con una granulometría inferior a 200, de 60 cm de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes. Se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos.

Por cada terna de unipolares se colocarán tanto la protección mecánica como la cinta de señalización.

Por último, se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación, medios mecánicos.

Los cables de control se colocarán directamente enterrados sobre el lecho de arena tratada, en el caso que se decida entubarlos, cada 50 m de zanja y en cada cruce (unión) de zanjas, se construirán arquetas de hormigón de 50x50x65 interior para el paso de cables, con cubiertas de hormigón.

Los cables subterráneos a su paso por caminos, carreteras y aquellas zonas en las que se prevea tráfico rodado los cables irán a una profundidad de 1,1 m. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial y se hará a través de canalizaciones entubadas recubiertas con 8 cm de hormigón. El número mínimo de tubos será de tres para los cables de potencia y dos más para tierra y control.

Para cruzamientos con cauces fluviales se relazarán obras de fabrica con los cables bajo tubo y protegidos por hormigón tal como se indica en los planos de secciones tipo, quedando los cables por debajo del terreno natural de forma que no afecte al cauce natural del barranco o acequia.

Para el acceso a los aerogeneradores se utilizarán tubos de plástico embebidos en el hormigón del pedestal de la cimentación, que llegarán desde una arqueta situada en el extremo de la cimentación donde llega la zanja de M.T. al fuste de la virola de cimentación cubriendo de hormigón la parte de tubo sobre la zapata. La posición de las arquetas y tubos, se definirán en obra.

7.6. Resumen actuaciones obra civil

En la tabla a continuación se resumen las diferentes actuaciones de obra civil que se llevaran a cabo:

RESUMEN OBRA CIVIL			Superficie (m^2)
Ocupación aerogenerador (cimentación)			415,47
Ocupación plataformas			5.000
Ocupación caminos	Existentes	52,90%	3.459,7
	Nuevos	47,10%	3.885,1
	Total, caminos		7.344,8
			Longitud (m)
Longitud caminos	Existentes	52,90%	691,94
	Nuevos	47,10%	777,02
	Total, caminos		1.468,96
Longitud Zanja MT			728,46

Tabla 6 Resumen obra civil parque eólico

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

7.7. Restauración ambiental

Con carácter general, se establece que los terrenos afectados por los proyectos deben restituirse a sus condiciones fisiográficas iniciales con objeto de conseguir la integración paisajística de las obras ligadas a la construcción del parque eólico, minimizando los impactos sobre el medio perceptual. Los procesos erosivos que se puedan ocasionar como consecuencia de la construcción del mismo deberán ser corregidos durante toda la vida útil de la instalación.

Dicha restitución atañe a todas las zonas auxiliares o complementarias afectadas durante la fase de obra, cuya ocupación no sea necesaria en fase de explotación tales como:

- Zonas de giro y zonas de cruce.
- Planta de hormigón.
- Zona de campamento.
- Plataformas auxiliares. (En el caso de los aerogeneradores debe ser restituido todo lo que exceda de la plataforma permanente, considerada como plataforma de alta compactación)
- Superficies de desmonte y terraplenes.

La restauración vegetal del terreno se realizará siguiendo el plan de restauración desarrollado en los estudios de impacto ambiental del parque que están amparados por la correspondiente declaración de impacto ambiental.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

8. SISTEMA ELÉCTRICO EN EL PARQUE EÓLICO.

En este apartado vamos a describir, la instalación eléctrica del Parque Eólico que se pretende construir.

8.1. Sistema eléctrico en baja tensión (690 v)

A continuación, se describen las características que debe cumplir.

Los conductores a emplear serán de aislamiento RV 0,6/1 kV, tanto para el nivel de 690V, como para 230 V. Las conexiones entre la turbina y el transformador serán en cobre. Los conectores serán homologados (plata o bimetálico) en caso de resolver la conexión aluminio-cobre.

Los circuitos de alimentación a receptores contarán con el correspondiente conductor de puesta a tierra del receptor, de sección adecuada de acuerdo a la MIE BT 018 y MIE BT 024.

Todos los cables contarán con protección mecánica, ya sea instalados sobre bandeja metálica o sobre soportes propios de la torre instalados para esta función.

8.1.1. Instalación Principal

El principal equipo existente es la turbina. Es una máquina de paso variable, con una potencia nominal de 3.000 kW.

Las dimensiones de los conductores a emplear se calcularán de acuerdo a la potencia de los diversos elementos, siguiendo los criterios establecidos en el R.E.B.T.

8.1.2. Instalaciones Secundarias

Todos los elementos eléctricos de Baja Tensión que se instalen tras el transformador de servicios auxiliares contarán con sus correspondientes protecciones magnetotérmicas y diferenciales, de sensibilidad 300 mA para fuerza y 30 mA para alumbrado.

8.2. Sistema eléctrico en media tensión (30 kv)

Para unificar en un punto la potencia total instalada en generación es necesario agrupar los aerogeneradores en varios circuitos, de modo que consigamos conducir fracciones de la potencia total hasta un punto determinado, en nuestro caso el centro de seccionamiento, por medio de un tendido subterráneo, de acuerdo al criterio de posicionamiento en campo de los mismos. Para ello, se eleva la tensión de los generadores a 30kV, en aras de conseguir las menores pérdidas posibles, así como disminuir la cuantía económica de la inversión de la instalación eléctrica.

Los circuitos diseñados para este parque son los siguientes:

- Circuito nº1: Aerogeneradores AEG-1 a AEG-2 y AEG-2 a CSE (2 Aerogeneradores)

Cada uno de estos circuitos parte de un conjunto de celdas de M.T. desde el aerogenerador y estarán protegidos por fusibles combinados de características adecuadas a las condiciones nominales y de cortocircuito.

Se contempla instalar en cada aerogenerador, un centro de transformación compuesto por un transformador (en la nacelle) y un conjunto de celdas de corte y remonte, de modo que las intensidades resultantes sean admisibles por conductores y aparamenta

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

adecuada, consiguiendo reducir las pérdidas lo máximo posible. Según esto, toda la aparamenta que se instale deberá garantizar el nivel de aislamiento de 36kV, tal como se indica en el ITC-RAT 04.

El conductor a emplear en Media Tensión será de aluminio RH5Z1 18/30kV, de secciones 95mm², 120mm², 150mm², 180mm², 240mm², 300mm², 400mm², 500mm², 630mm² y 800mm², de modo que se mantengan los criterios de caídas de tensión y pérdidas de potencia. Todo conductor podrá soportar la corriente de cortocircuito determinada según cálculos.

Los cables cumplirán las especificaciones de ITC LAT 06, cuyas tablas serán utilizadas en el apartado de cálculos de este proyecto. Los cables de secciones, que quedan fuera del alcance del "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", seguirán la norma de diseño UNE-HD 620-9E, dicha norma tiene en consideración la norma UNE-EN 60228:2005: Conductores de cables aislados, incluida en las normas de aplicación en este proyecto indicadas en la ITC RAT 02.

8.2.1. Centro de transformación

En cada aerogenerador dispone de un centro de transformación para incorporar la energía producida a la red de Media Tensión. Para el sistema de sujeción y anclaje de estos centros de transformación se seguirán las instrucciones del fabricante del aerogenerador. Cada C.T contendrá los siguientes equipos:

- Transformador B.T/M. T
- Celda de M.T
- Elementos de protección y auxiliares
- Material de seguridad.

8.2.1.1. Transformador BT/MT

El transformador de BT/MT será de tipo seco y aislado con materiales auto extinguibles:

Servicio	Interior
Tipo de transformador	Trifásico, seco encapsulado
Relación	30 ± 7,5% / 0,690 kV
Conexión	Triangulo-estrella
Potencia nominal	3.500 kVA (ONAN)
Frecuencia	50 Hz
Grupo de conexión	Dyn 11
Nivel de aislamiento	
Frecuencia industrial	70 kV
Impulso tipo rayo	170 kV
Intensidad de cortocircuito	
Nominal de corta duración (1s)	20 kA
Nominal de valor de cresta (1s)	50 kA

Tabla 7 Características Transformador BT/MT

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Para protección contra contactos directos el transformador irá cubierto con una envolvente metálica ventilada. Las conexiones de MT se harán con bornas enchufables y las de BT mediante tornillos para conectarse a cables o pletinas.

El transformador se conectará con el cuadro de control a través de cuatro cables tipo 0,6/1 kV de Cu incluido en el suministro del aerogenerador. El transformador se conectará con la celda de protección del generador por medio de un cable tipo RH5Z1 18/30kV con una sección de 95 mm2 de Al, o bien lo indicado por el suministrador del Aerogenerador.

8.2.1.2. Celda de conexión a la red de media tensión

Las celdas serán modulares y estarán equipadas para realizar las funciones de protección del Transformador BT/AT y la conexión a los cables de la Red de MT.

Con el fin de impedir maniobras prohibidas, las celdas dispondrán, entre otras medidas de seguridad, de sus correspondientes enclavamientos mecánicos.

Se establecerá un circuito de P.A.T. anclado en la estructura de las celdas, conectándose a este los sistemas de herrajes y las partes móviles por medio de trenzas flexibles de cobre.

Llevarán los mandos agrupados en un mismo compartimiento frontal.

La composición de los módulos funcionales es la siguiente:

- Módulo función protección:

Este módulo cumplirá las funciones de seccionamiento y protección del transformador a través de una celda de protección con fusibles combinados. Contará también con un interruptor en carga para la puesta a tierra de cables y fusible. Llevará pasatapas enchufables y detectores de tensión.

Todo esto será en consonancia con la Norma UNE EN 60282-1

- Modulo función conexión a cables:

Dispondrá de un interruptor-seccionador. El accionamiento será manual del tipo de tres posiciones. Este interruptor permite realizar maniobras de conexión - apertura - puesta a tierra de la línea que une entre sí los aerogeneradores, en caso de incidente o de avería. Estas maniobras se realizan de forma rápida y segura, mediante palanca de accionamiento, sin necesidad de acceder a los conectores.

- Modulo función remonte:

Su función será la conexión con la turbina anterior del circuito hacia el Centro de Seccionamiento.

Esta configuración de centro de transformación, es la más usual en los aerogeneradores, pudiendo variar si es el propio fabricante del aerogenerador el que suministra dicho centro.

- Características generales

Las características asignadas a esta Celda modular son las siguientes:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Características generales	
Tipo	Aparamenta Blindada aislada en SF6
Servicio	Continuo
Instalación	Interior
Nº Fases	3
Nº Embarrados	1
Tensión Nominal	36 kV
Tensión de servicio	30 kV
Frecuencia nominal	50 Hz
Intensidad nominal	
a) Función Protección	400 A
b) Función conexión a red	630 A
Nivel de aislamiento	
Frecuencia Industrial	70 kV
Impulsos tipo rayo	170 kV
Intensidad de cortocircuito	
Nominal corta duración (1s)	16/20 kA
Nominal valor de cresta	40/50 kA
Resistencia a arcos internos	
Tensión	36 kV
Intensidad	16 kA
Duración del arco	0.5 s

Tabla 8 características generales celdas

Todos los conectores, serán enchufables acodados y apantallados con envolvente semiconductora conectada a tierra. A fin de mantener una presión uniforme con el pasatapas de la celda y el manguito de empalme del conductor, el conector, dispondrá de contacto roscado de cobre. Además, la celda está dotada de indicadores luminosos de presencia de tensión en cada línea y en la protección.

Estas celdas dispondrán de enclavamientos eléctricos y mecánicos que impidan la realización de maniobras de riesgo, tanto para el aparellaje como para el personal de operación.

Configuración de celdas en los distintos aerogeneradores:

Celdas	Aerogenerador
Tipo 1P + 0L (1 protección y 1 remonte)	1
Tipo 1P + 0L + 1L (1 protección, 1 remonte y 1 línea)	2

Tabla 9 Resumen celdas de protección de los aerogeneradores

- Material de Seguridad

Con el fin de contribuir a la seguridad en las maniobras, a la prevención y extinción de incendios y a la información sobre posibles riesgos eléctricos derivados de la manipulación incorrecta de los aparatos, se instalarán los siguientes equipos:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Guantes aislantes de 30 kV
- Pértiga de salvamento
- Banqueta aislante interior 36 kV
- Cartel de primeros auxilios y riesgo eléctrico
- Extintor contra incendios, clase B29.

8.2.2. Red de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra será único para la totalidad del Parque Eólico, incluyendo:

- Centro de Seccionamiento.
- Cable de enlace de tierras o de acompañamiento.
- Puesta a tierra de aerogeneradores a 0,69 y 30 KV.

Comprenderá, asimismo, las tierras de protección y de servicio.

La puesta a tierra de los aerogeneradores estará formada por un anillo de 5m de diámetro de cable de cobre desnudo de 50mm2 de sección alrededor de cada aerogenerador por encima de la cimentación, unido diametralmente a dos picas de cobre de 2m de longitud y de 2cm de diámetro. Esta será única para todos los elementos del aerogenerador, tanto para las masas metálicas como para la P.A.T de los neutros del aerogenerador y el transformador.

La P.A.T. se establece con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas y asegurar la actuación de las protecciones, de forma que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones superiores a las admisibles según la MIE-RAT 13

Un cable de cobre desnudo de 50 mm2 de sección irá enterrado acompañando por las zanjas a los cables de potencia de la red de Media Tensión.

Las uniones entre cables de tierra se realizarán mediante soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión.

Las pantallas de los cables unipolares se conectarán a tierra en ambos extremos. De esta forma, en el caso de un defecto a masa lejano, se evitará la transmisión de tensiones peligrosas. En los planos se muestra un esquema de las conexiones de tierra.

8.2.3. Red de Comunicaciones

Se instalará una red de comunicaciones que utilizará como soporte un cable de fibra óptica que en función de las indicaciones del fabricante irá enterrado en las mismas zanjas de M.T, cuyas características serán especificadas por el fabricante de los aerogeneradores y se empleará para la monitorización y control del Parque Eólico y sus instalaciones asociadas.

8.3. Línea Colectora de Media Tensión

La línea colectora de media tensión comienza en el AEG-1 del Parque Eólico, pasa por el AEG-2 y finaliza en el centro de seccionamiento proyectado para el parque eólico. Esta línea discurrirá a una tensión de 30 kV la cual corresponde con la tensión de salida de ambos aerogeneradores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

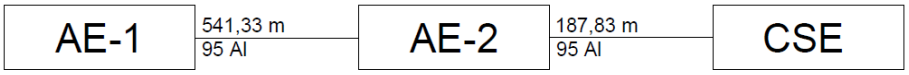
La red de Media Tensión de cada Circuito de Interconexión está proyectada para recoger la energía generada por los generadores que lo integran. Esta red contará con un cable RH5Z1 18/30 kV 1x(3x95mm^2) AL con aislamiento XLPE 18/30 kV.

Se indica también en los esquemas unifilares detallados en la cartografía anexa.

8.3.1. Zanja de media tensión

8.3.1.1. Esquema de conexión del parque eólico

En este esquema se muestra el circuito, la longitud de los cables de conexión (m) y su sección mm2, la naturaleza del conductor y el número de conductores por fase. En el interior de cada aerogenerador, se dejan 40 m de terna de cable en previsión de futuros empalmes (debidos a averías fundamentalmente).



En la siguiente tabla se muestra el resumen de la red de MT.

Tramo	Longitud (m)	Nº Cables	Tipo Cables	Sección Cables	Al 95 mm²
Aero 1-Aero 2	541,33	1	AL	95	541,33
Aero 2- CSE	187,83	1	Al	95	187,83
Total	729,16				729,16
Total x 3	2.187,48				2.187,48

Tabla 10 Red MT parque eólico

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

9. CENTRO DE SECCIONAMIENTO ELÉCTRICO

El centro de seccionamiento es una instalación eléctrica compuesta principalmente por una serie de Celdas y aparamenta eléctrica de protección y corte. Su función es la de colectar la energía producida en el parque para evacuarla a través de una línea subterránea. Su objetivo es dotar a la instalación de una protección capaz de separarla de la red en caso de incidencia.

El centro de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 30 kV y una frecuencia de 50 Hz.

El emplazamiento del centro de seccionamiento se ubicará en las siguientes coordenadas (ETRS 89 UTM HUSO 30):

X: 670937.61 mE

Y: 4513230.65 mN

9.1. Características de las celdas

A continuación, se hace una breve descripción de las características generales de las celdas que se van a instalar en el interior del Centro de Seccionamiento, descrito anteriormente.

Las celdas a emplear serán celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento de corte y extinción de arco en los aparatos siguientes:

El centro de seccionamiento contará con las siguientes celdas:

- 1 Celdas de línea
- 1 Celda de Protección
- 1 Celda de Medida
- 1 Celda SSAA
- 1 Celda de salida

Este tipo celdas con aislamiento de gas SF6 presentan en una de sus paredes exteriores la placa más débil que el resto de la envolvente, de tal manera que, en caso de producirse un arco eléctrico en el interior, ésta se rompe por la sobrepresión producida en el gas. Es importante tener en cuenta que la placa de rotura está situada en un lugar adecuado para que los gases no incidan en las personas en caso de rotura.

El arco eléctrico es una reacción que se produce por un defecto de aislamiento, por una falsa maniobra o por una circunstancia de servicio excepcional. En este tipo de celdas con gas SF6 la posibilidad de que se produzcan es muy reducida.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Lo que produce el arco eléctrico es una serie de defectos debido a altas temperaturas que provocan el calentamiento y oxidación de los contactos, apareciendo una gran resistencia, provocando una fuerte caída de tensión y una pérdida de potencia importante. Al mismo tiempo pueden aparecer falsos contactos y cortocircuitos al deteriorarse las partes aislantes y conductoras.

Por otro lado, su aislamiento integral en SF6 las permite resistir en perfecto estado la polución e incluso la eventual inundación del Centro de Seccionamiento donde están ubicadas, lo que reduce la necesidad de mantenimiento, reduciendo los costes derivados de los mismos para la propiedad.

Las cabinas con aislamiento en SF6 presentan unas dimensiones más reducidas que las de aislamiento de aire, una ventaja importante a la hora de determinar el espacio de ubicación. Este se consigue gracias a que la rigidez dieléctrica de este gas con respecto al aire es mayor, permitiendo reducir la distancia entre las partes en tensión dentro de la cabina. Por otra parte, son especialmente adecuadas para situaciones de atmósferas contaminadas, corrosivas o salinas, ya que sus partes principales están en contacto con un gas dieléctrico y no con dichas atmósferas.

A continuación, se exponen las características generales de las celdas:

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión asignada	36	kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (50 Hz)	70	kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	170	kV
Intensidad nominal admisible durante 1 s	20	kA
Valor de cresta de la intensidad nominal admisible	50	kA

Tabla 11 Características generales celdas

9.1.1. Celdas

A continuación, se van a describir cada una de las celdas que forman el centro de seccionamiento.

9.1.1.1. CELDAS DE LÍNEA.

La Celda de línea es por donde entran o salen los conductores del Centro de Seccionamiento y está formado por:

- Juego de barras tripolar de 400 A. (630 A)
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A (630 A), tensión de 30 kV y 36 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Bornes para conexión de cable.

9.1.1.2. CELDA DE PROTECCIÓN GENERAL.

La celda de protección general está encargada de proteger la instalación y está formado por:

- Juegos de barras tripolares de 400 A (630 A) para conexión superior con celdas adyacentes, de 36 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual dependiente.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset o similar, tensión de 36 kV, intensidad de 400 A (630 A), poder de corte de 36 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.
- Mando RI de actuación manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Unidad de control VIP 300LL, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán: relés de sobreintensidades (50-51/50N-51N), protección diferencial de línea (87L), protección mínima de tensión (27-27X), protección máxima de tensión (59-59N), protección diferencial por diferencias cuantitativas de intensidad u otras cantidades eléctricas (87R-81M/81m), protección contra faltas de tierra (64) y acoplamiento (25).

9.1.1.3. CELDA DE MEDIDA.

La celda de medida está encargada de medir las variaciones producidas en la red y está formado por:

- Juegos de barras tripolar de 400 A (630 A), tensión de 30 kV y 36 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda y salida lateral superior derecha.
- 3 transformadores de intensidad doble devanado de relación X/5 en función de la potencia a proteger y aislamiento 36 kV.
- 3 transformadores de tensión unipolares doble devanado, de relación X/5 y aislamiento 36 kV.

9.2. Puesta a Tierra del centro de seccionamiento

El objetivo de las instalaciones de puesta a tierra es limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas (tensión de contacto), entre distintos lugares del suelo en las inmediaciones de la puesta a tierra (tensión de paso), asegurar la actuación de las protecciones (resistencia de la puesta a tierra) y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tensión de paso.

Es la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso, que se asimila a un metro.

La tensión de paso aplicada es la tensión de paso directamente aplicada entre los pies de un hombre, teniendo en cuenta todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 2000 ohmios.

Tensión de contacto.

Es la diferencia potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia igual a la distancia horizontal máxima que ese puede alcanzar, es decir, aproximadamente un metro.

La tensión de contacto aplicada es la tensión de contacto directamente aplicada entre dos puntos del cuerpo humano, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 2.000 ohmios.

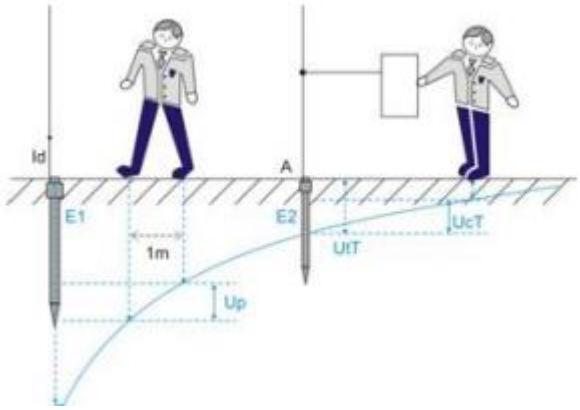


Ilustración 2 Tensión de paso y contacto

La puesta a tierra es una unión metálica directa, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta.

9.2.1. Tierra exterior.

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas, es decir, las envolventes de las celdas de Media Tensión, envolventes de los cuadros de Baja Tensión, armadura del centro prefabricado, etc.

Por el contrario, no se conectarán a esta tierra las rejillas de ventilación y puertas metálicas del centro por las que se pueda acceder desde el exterior.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

9.2.2. Tierra interior.

La tierra interior del centro de seccionamiento tendrá la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a la tierra exterior.

La tierra interior se realizará con cable de 50 mm2 de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

9.3. Instalaciones secundarias.

9.3.1. Alumbrado.

En el interior del centro de seccionamiento se instalarán dos puntos de luz, mediante pantalla estanca de 2x36 W capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

9.3.2. Medidas de Seguridad.

Las celdas dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

10. SISTEMA DE EVACUACIÓN

10.1. Descripción general

La instalación de evacuación de energía eléctrica del parque eólico CARARRILLO comienza en el centro de seccionamiento del parque y se realiza a través de una línea aéreo-subterránea hasta la subestación elevadora "Cararrillo" 30/45kV. Tras elevar la tensión, se ha proyectado un vano flojo aéreo para conectar en la línea LAT 45 kV ESCUCHA-UTRILLAS.

	TIPO	LONGITUD (m)	CONFIGURACIÓN
TRAMO 1	Subterránea	7.507	RH5Z1 (S) 18/30kV 1x (3x95 mm2) k Al
TRAMO 2	Aéreo	299,73	LA-56 Simple circuito 30 kV
TRAMO 3	Subterráneo	7.300	RH5Z1 (S) 18/30kV 1x (3x95 mm2) k Al
TRAMO 4	Aéreo	50,6	LA-180 Doble circuito 45 kV
TOTAL		**15.157**	

Tabla 12 Resumen características básicas línea de evacuación

La línea de evacuación está formada por un primer tramo subterráneo de longitud de 7.507 metros, un segundo tramo aéreo de 300 m aproximadamente de 3 vanos, un tercer tramo en configuración subterránea de 7.300 metros y, tras llegar a la subestación elevadora, un último tramo aéreo de un solo vano de 50,6 metros. Se ha optado por realizar la mayoría del recorrido de la línea en subterráneo, debido a que la línea transcurre por los exteriores de Rillo, Pancrudo y Utrillas y así evitar problemas medioambientales y paisajísticos.

Antes de la elección del trazado definitivo de la línea de evacuación se recopilará toda la información posible (en los Ayuntamientos, empresas de servicios públicos, etc.) acerca de otros servicios subterráneos previamente existentes en la zona, como telefonía u otras redes de comunicación, agua, alcantarillado, gas, alumbrado público y otras redes eléctricas de media o baja tensión. Además, se recabará de los Organismos afectados los posibles condicionantes o normas particulares existentes en los cruzamientos o paralelismos con la línea de alta tensión. En la fase de proyecto se efectuará el replanteo de la obra asegurándose de la inexistencia de obstáculos al emplazamiento previsto y se investigará la ausencia de impedimentos en el subsuelo mediante calas de reconocimiento. Asimismo, se utilizarán equipos de detección cuando la complejidad del trazado lo requiera o siempre que se considere conveniente.

10.2. Emplazamiento

El trazado de la línea de alta tensión proyectada transcurre por los términos municipales de Rillo, Pancrudo y Utrillas, todos ellos ubicados en la provincia de Teruel. La subestación elevadora que conecta con el apoyo de la LAT 45 kV Escucha-Utrillas, adjudicado como punto de evacuación, donde tiene entrada la línea de evacuación de energía eléctrica generada por la el parque eólico se encuentra en el término municipal

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

de Utrillas en la provincia de Teruel. La longitud total aproximada de la línea es de 15,15 km aproximadamente, distribuida por municipios de la siguiente forma:

PROVINCIA	TERMINO MUNICIPAL	CONFIGURACIÓN	LONGITUD (m)
TERUEL	RILLO	SUBTERRÁNEA	17,8
TERUEL	PANCRUDO	SUBTERRÁNEA	5.312
TERUEL	UTRILLAS	SUBTERRÁNEA	2.176
TERUEL	UTRILLAS	AÉREA	299,73
TERUEL	UTRILLAS	SUBTERRÁNEA	7300
TERUEL	UTRILLAS	AÉREA	50,6

Tabla 13 Emplazamiento línea de evacuación

10.3. Afecciones organismos

En general las infraestructuras eléctricas de Alta Tensión se verán afectadas por organismos o entidades, bien sea por cruzamientos o por paralelismos de las líneas eléctricas en proyecto, que cumplen lo que al respecto se establece en los apartados 5.2 a 5.3 del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión 223/2008 (ITC-LAT 06).

10.3.1. Línea Aérea

A lo largo del trazado de la línea de evacuación aérea se producen las siguientes afecciones por paralelismos y cruzamientos:

NOMBRE	ORGANISMO	REF. CAT	X	Y
Río Sargal	Confederación Hidrográfica del Ebro	44251A10909005	674346,13	4517974,24
Camino	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A10709002	674464.92	4518117.90

Tabla 14 Organismos afectados en el trazado de la línea aérea

10.3.2. Línea Subterránea

A lo largo del trazado de la línea de evacuación subterránea se producen las siguientes afecciones por paralelismos y cruzamientos:

NOMBRE	ORGANISMO	REF. CAT	X	Y
Camino Cervera Rincón	Excmo. Ayuntamiento de Rillo	44207A00209001	670949.00	4513227.00
Camino a Rillo	Excmo. Ayuntamiento de Pancrudo	44186A30209003	670947.63	4513236.49
Camino de Pancrudo	Excmo. Ayuntamiento de Pancrudo	44186A30209004	671168.73	4514147.15
Carretera de Cervera a Rincón	Diputación Provincial de Teruel	44186A30209001	671606.65	4515118.37

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Camino Parras-Utrillas	Excmo. Ayuntamiento de Pancrudo	44186A30609008	671588.40	4515132.07
Camino del Mingacho	Excmo. Ayuntamiento de Pancrudo	44186A30609015	671693.55	4515299.66
Camino del Prado	Excmo. Ayuntamiento de Pancrudo	44186A30609007	671900.47	4515857.01
Camino del Pasillo	Excmo. Ayuntamiento de Pancrudo	44186A30609016	671533.45	4515560.80
Línea Eléctrica Aérea	REE/ Endesa	-	671970.94	4516433.24
Línea Eléctrica Aérea	REE/ Endesa	-	672403.07	4516776.45
Camino la Cervera a las Parras	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A10909001	672857.77 672963.95	4516906.49 4517192.16
Barranco del Regajal	Confederación Hidrográfica del Ebro	-	673235.64	4517296.99
Río de las Parras	Confederación Hidrográfica del Ebro	44251A10909005	674188.83	4517749.42
Varios	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A10909006	674234.47	4517806.68
Río Sargal	Confederación Hidrográfica del Ebro	44251A10909005	674346.13	4517974.24
Camino	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A10709002	674469.28	4518118.04
TE-02-Pista Utrillas	Diputación Provincial de Teruel	44251A10709002	674684.80	4518067.82
Camino	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A10509001	675853.52	4518517.20
Camino Montalbán	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A10509003	675994.69	4518617.59
Línea Eléctrica Aérea	REE/Endesa	-	676175.22	4518754.08
TE-02	Diputación Provincial de Teruel	44251A10709006	677682.65	4519681.93
Camino	Excmo. Ayuntamiento de Utrillas	44251A00109005	679625.26	4520438.56
Línea Eléctrica Aérea	REE/Endesa	-	680139.84	4520847.63

Tabla 15 Organismos afectados en el trazado de la línea subterránea

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

11. LÍNEA SUBTERRÁNEA 30 KV

El tramo subterráneo de la línea de evacuación comienza en el centro de seccionamiento eléctrico del Parque Eólico "Cararrillo", tras este primer tramo subterráneo, la línea contará con salto aéreo para evitar las dificultades orográficas del terreno, y tras este, discurrirá un segundo tramo subterráneo que finalizará en la Subestación Elevadora 30/45 kV para la conexión en el apoyo de la LAT 45 kV "Escucha-Utrillas", propiedad de Endesa. Este tramo tiene por objetivo la minimización del impacto ambiental que ésta produciría en caso de ser aérea.

La línea subterránea de evacuación de MT 30 kV consta de dos tramos que contarán con un conductor de sección 95 mm². El conductor empleado será del tipo RH5Z1 de aluminio con aislamiento XLPE 30 kV.

RH5Z1 (S) 18/30 kV 1x (3x95 mm2) k Al

La zanja de distribución por donde circulará dicha línea de evacuación tendrá una profundidad mínima de 0,8 metros y una anchura de 0,60 metros.

Al tratarse de cables directamente enterrados, a lo largo de la zanja, se encontrará una placa de protección en la parte superior de dichos cables.

Se instalarán arquetas registrables de conexión eléctrica y comunicación del tipo prefabricada de hormigón sin fondo registrable capaz de soportar cargas de 400 kN con marco de chapa galvanizada y tapas de fundición. Dichas arquetas serán del tipo A2 (según plano) en caso de cruzamientos y del tipo A1 en los tramos de alineación.

Existirá una canalización subterránea en un cada cruce con los caminos, carreteras y otras afecciones.

Los terminales utilizados serán de aislamiento seco, según la sección y naturaleza del cable indicado anteriormente.

Las pantallas de los cables irán conectadas a la tierra general de la planta fotovoltaica en cada uno de los extremos de los diferentes tramos.

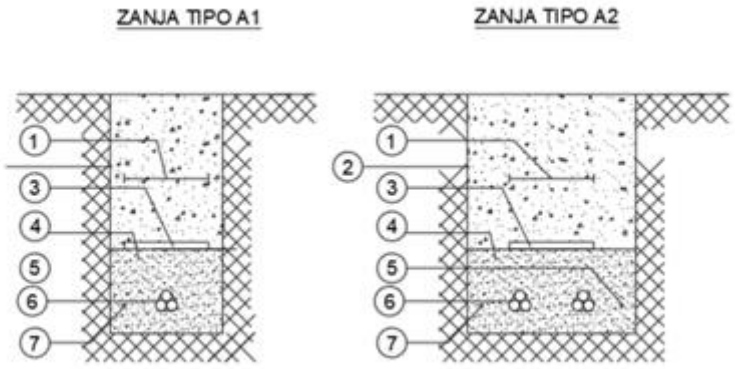
Los terminales utilizados serán de aislamiento seco, según la sección y naturaleza del cable indicado anteriormente.

Las pantallas de los cables irán conectadas a la tierra general del parque eólico en cada uno de los extremos de los diferentes tramos.

11.1. Disposición física de la línea subterránea

Al tender el cable en la zanja se entierra directamente, cumpliendo la norma correspondiente y, además, por la parte superior irá cubierta por una capa de tierra compactada que le servirá de protección para no ser tocado inadvertidamente al realizar otros trabajos en las proximidades de su emplazamiento. Además, se colocarán cintas de señalización teniendo en cuenta que su distancia mínima al suelo será de 10 cm y de 30 cm a la parte superior del cable.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



1- Malla de señalización.
2- Tierra seleccionada de excavación.
3- Placa plástica testigo.
4- Arena de río compactada.
5- Cable fibra óptica
6- Línea
7- Cable de enlace para tierra.

La profundidad mínima de la canalización deberá ser de 900 mm en acera y de 1100 mm en calzada o no será menor de 0,8 metros en ningún punto de su recorrido hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, a fin de preservar a estos circuitos de las incidencias que se desarrollan en el subsuelo.

A lo largo de todo el recorrido de las canalizaciones se dispondrá tubos de protección de reserva de las mismas características de los indicados anteriormente.

Si fuese necesario se construirán arquetas en todos los cambios de dirección de los tubos, así como en alineaciones superiores a 40 metros, de forma que ésta sea la máxima distancia entre arquetas, así como en los puntos donde sea necesario la realización de empalmes. Los marcos y tapas para arquetas cumplirán con la Norma ONSE 01.01-14. Para las tapas de fundición modelo A-1, los marcos serán de fundición independientemente de su instalación en acera o en calzada, para las tapas A-2 (dos tapas A-1 juntas) los marcos podrán ser también de perfilaría metálica galvanizada. Los dispositivos de cubrimiento y cierre de fundición con grafito esferoidal, de uso en aceras y calzadas, tendrán la clasificación de clase D400, o sea carga de control 400 kN, para todas las tapas. Todas las piezas de fundición, estarán construidas con material de fundición con grafito esferoidal tipo 500-7 según la Norma ISO 1083.

Las arquetas serán del tipo A-2, salvo en tramos de alineación en los que se podrían instalar A-1.

Cuando fuera estrictamente necesario, podrá admitirse una profundidad menor a la indicada anteriormente en este mismo apartado, siempre que se dispongan canalizaciones entubadas especialmente protegidas; teniendo en cuenta, además, las distancias que deben guardarse reglamentariamente a otras canalizaciones.

Las fases estarán dispuestas al tresbolillo y los cables irán directamente enterrados.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La anchura de la zanja será de 0,6 m.

11.2. Esquema de conexión

11.2.1. Conexión a tierra de las pantallas de los conductores

La conexión de las pantallas elegida es la conexión rígida a tierra (solidly bonded), con la cual se consiguen anular los voltajes y corrientes inducidas en las pantallas. Se ha elegido esta configuración, dada la longitud de los circuitos. En la conexión solidly bonded la conexión de las pantallas de los cables están conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electro-magnéticamente con el circuito formado por los conductores.

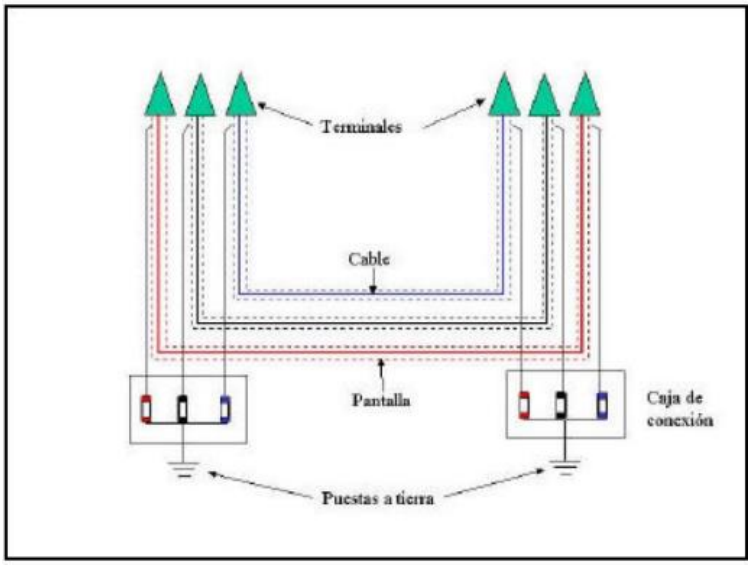


Ilustración 3 Pantallas conectadas rígidamente a tierra

11.2.2. Lista de materiales

La lista principal de los materiales que componen la instalación son los siguientes:

- Cable unipolar por fase aislado de potencia Al 1x95 mm² para circuitos de 18/30 kV.
- Terminales, que serán de exterior termorretráctiles para conexión en el apoyo de paso aéreo-subterráneo, con sus respectivas autoválvulas-pararrayos de óxido de zinc.

11.3. Descripción de los materiales

11.3.1. Cable aislado de potencia

La línea de 30 kV está constituida por una terna de cables dispuestos en triángulo o al tresbolillo.

El cable está constituido por los siguientes elementos:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Conductor: conductor de aluminio clase 2 de 95 mm2 de sección. El conductor será de sección circular compacta con obturación longitudinal y de acuerdo con une 21022.
- Semiconductor interior: Estará constituida por una capa de mezcla semiconductora termoestable extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, con un espesor nominal de 3 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.
- Aislamiento: El aislamiento estará constituido por un dieléctrico seco extruido, de mezcla aislante tipo Polietileno reticulado XLPE, temperatura de servicio 90ºC y temperatura de cortocircuito (duración 5s) de 250 ºC.
- Pantalla semiconductora externa: Estará constituida por una capa de mezcla semiconductora termoestable extruida, adherida al aislamiento en toda su superficie, con un espesor medio mínimo de 3 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.
- Pantalla sobre el conductor: Su misión es confinar el campo eléctrico, dentro de una superficie cilíndrica equipotencial lo más uniformemente posible, eliminando las irregularidades de los alambres. A tal, se dispone sobre el conductor una capa semiconductora, termoestable y extruida, de espesor medio mínimo de 3 mm y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento. Sin esta pantalla, el aislamiento quedaría sujeto a distintos gradientes de potencial.
- Pantalla sobre el aislamiento: La pantalla metálica debe asegurar la conducción de la corriente de falta y evitar la propagación radial de agua en el cable. Estará realizada con una cinta de aluminio monoplacada, de 1 mm de espesor, formando un tubo longitudinal, con bordes superpuestos al menos 54 mm y encolados, este tubo debe quedar adherido longitudinalmente con continuidad a la cubierta.
- Cubierta exterior no metálico: La cubierta exterior será de color rojo y estará constituida por un compuesto termoplástico a base de poliolefina, tipo DMZ1, de acuerdo con la Norma particular de la compañía suministradora REE GE DND001 y DND021 y con la norma UNE –HD 620-5-E. El espesor nominal de la cubierta estará de acuerdo con la tensión nominal del conductor y la sección del mismo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

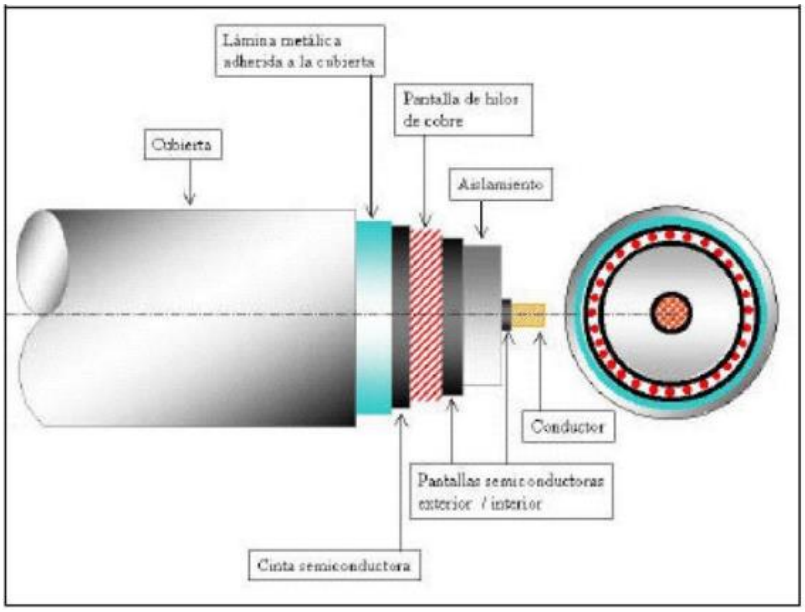


Ilustración 4 Composición conductor

Características nominales.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal	18/30	kV
Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 30 minutos entre conductor y pantalla	70	kV
Tensión soportada a los impulsos	170	kV
Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal	90	ºC
Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito	250	ºC

Composición.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Sección del conductor	95	mm2
Material del conductor	Aluminio	
Material del aislamiento	XLPE	
Tipo de pantalla	Hilos CU	
Material de la pantalla	Cobre	
Sección de la pantalla	16	mm2
Material de cubierta	Poliolefina	

Dimensiones.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Diámetro sobre aislamiento	28,2	mm
Diámetro exterior nominal	36	mm
Peso aproximado del cable	1.430	Kg/km

Características eléctricas del cable.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Resistencia del conductor en c.c. a 90ºC	0,16	Ω/km
Reactancia inductiva a 90ºC	0,117	Ω/km
Intensidad máxima admisible enterrado	260	A

11.3.2. Terminales apantallados de interior

Los terminales serán adecuados para el tipo de conductor empleado, y aptos igualmente para la tensión de servicio. Cumplirán las normas HD-629.2 y UNE-EN 50180 y UNE-EN 50181.

11.3.3. Terminales de exterior termorretráctil

En estos terminales, mediante la aplicación de un tubo termorretráctil de un material especial cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal y solapado sobre el semiconductor exterior del cable, se consigue un control del campo que queda repartido sobre la longitud del terminal y evita la concentración de las líneas de campo en la zona en la que termina el semiconductor exterior.

El conjunto se recubre con otro tubo termorretráctil con características anti-tracking y se colocan las campanas para extender la línea de fuga. Cumplieran la norma UNE-HD 629.1-S1.

11.3.4. Empalmes

Los empalmes serán adecuados para el tipo de conductores empleados y aptos igualmente para la tensión de servicio.

Los empalmes para conductores con aislamiento seco podrán estar constituidos por un manguito metálico que realice la unión a presión de la parte conductora, sin debilitamiento de sección ni producción de vacíos superficiales.

El aislamiento podrá ser constituido a base de cinta semiconductora interior, cinta autovulcanizable, cinta para compactar, trenza de tierra y nuevo encintado de compactación final, o utilizando materiales termorretráctiles, o premoldeados u otro sistema de eficacia equivalente.

Los empalmes cumplirán las normas UNE 21.021 y UNE-EN 61238, además de la Normas Particulares del Grupo REE DND002 para los empalmes y NNZ036 para los manguitos de unión.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

11.3.5. Conversiones aéreas subterráneas

En los casos de que una línea aérea deba convertirse en subterránea, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones, cumpliendo con esto en lo prescrito en el capítulo V apartado 5.7.7 de las normas particulares de REE, junto con el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en de Líneas Eléctricas de Alta Tensión en la ITC-LAT 06 apartado 4.7:

La conexión del cable subterráneo con la línea aérea será siempre seccionable, quedando el seccionador a menos de 50 m de la conexión aérea-subterránea.

En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102/A1:1999 y UNE-EN 50102/A1 CORR:2002. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. Su diámetro será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente del terno de cables unipolares. El tubo o bandeja se encontrará obturado por su parte superior para evitar la entrada de agua y empotrado en la cimentación del apoyo.

Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas.

Dichas protecciones deberán cumplir las reglas de coordinación de aislamiento establecidas en las normas UNE-EN 60071-1:2006, UNE-EN 60071-1:2006/A1:2010, UNE-EN 60071-2:1999 y UNE-EN 60099-5:2013.

11.3.6. Auto válvulas – Pararrayos

En los pasos de aéreo a subterráneo, se deben instalar pararrayos de óxido metálico para la protección de sobretensiones. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas. La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará ni a través de la estructura del apoyo metálico ni de la armadura, en el caso de apoyos de hormigón armado.

Los pararrayos se ajustarán a la norma UNE-EN 60099-4:2016, UNE-EN 60099-5:2013, UNE 21087-3:1995. Las características exigidas serán las siguientes:

Tensión nominal: Un: 30 kV; Ur: 36 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tensión nominal de la red U_n kV	Tensión más elevada de la red U_s kV	Categoría de la red	Características mínimas del cable y accesorios	
			U_o/U ,ó U_n kV	U_p Kv
3	3,6	A-B	1,8/3	45
		C	3,6/6	60
6	7,2	A-B		
		C	6/10	75
10	12	A-B		
		C	8,7/15	95
15	17,5	A-B		
		C	12/20	125
20	24	A-B		
		C	15/25	145
25	30	A-B		
		C	18/30	170
30	36	A-B		
		C	26/45	250
45	52	A-B		
66	72,5	A-B	36	(1)
110	123	A-B	64	(1)
132	145	A-B	76	(1)
150	170	A-B	87	(1)
220	245	A-B	127	(1)
400	420	A-B	220	(1)

11.4. Puesta a tierra

En los extremos de la línea subterránea se colocará un dispositivo que permita poner a tierra los cables en caso de trabajos o reparación de averías, con el fin de evitar posibles accidentes originados por existencia de cargas de capacidad. Las cubiertas metálicas y las pantallas de las mismas estarán también puestas a tierra.

11.5. Canalizaciones

Apertura de zanjas de canalización y pozos de arquetas para la instalación de tubos en los que irán los conductores mencionados en el punto anterior. El relleno de las zanjas se realizará con materiales procedentes de la propia excavación, con un cribado en caso necesario para la eliminación de material de elevada granulometría que pueda dañar los cables, y posterior compactación del material en la zanja.

Instalación de arqueta de conexión eléctrica y comunicación prefabricada de hormigón sin fondo registrable capaz de soportar cargas de 400 kN con marco de chapa galvanizada y una tapa de fundición.

Se encontrarán arquetas tipo A2 (según plano) con la siguiente distribución:

Arquetas tipo A2

- Sistema distribución eléctrica de líneas de A.T. internas.
- Sistema de evacuación del centro de seccionamiento a la subestación.

11.6. Canalización bajo carretera

Construcción de una canalización subterránea para cruzamiento bajo carretera o camino para la circulación del tendido de cableado eléctrico y de telecomunicación perteneciente al circuito de evacuación en AT.

Esta canalización estará formada por un conjunto compuesto de dos arquetas registrables a ambos lados de la carretera. Las arquetas utilizadas para el cruce con esta serán registrables.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

La correspondiente canalización se realizará a través de tubo para cada uno de los circuitos de los que se compone la línea de evacuación y para el cableado de telecomunicaciones. El tubo empleado para los tendidos de cableado eléctrico será de PE doble pared reforzada, con pared interior lisa de 160 mm de diámetro cada uno mientras que para el tendido de cableado de telecomunicaciones será de PE de 50 mm de diámetro cada uno. La canalización irá hormigonada en toda la longitud de la vía, y los tubos circularán bajo está a una distancia mínima de 0,60 metros hasta la parte superior del tubo.

11.7. Perforaciones subterráneas

Se utilizarán estos sistemas de instalación en aquellas zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas

Estas técnicas podrán utilizarse en el caso de que se conozca el emplazamiento de las instalaciones subterráneas existentes y se disponga de espacio suficiente para situar los hoyos de ataque de los extremos, si son necesarios, así como la maquinaria y medios auxiliares precisos.

Su ventaja más importante es que no alteran el medio físico, evitándose la rotura de pavimentos, movimientos de tierras, construcción de la propia excavación, etc., por lo que las molestias vecinales y de tráfico son mínimas.

Estas técnicas están particularmente indicadas en cruces de vías públicas, carreteras, ferrocarriles, ríos, etc., donde no sea posible abrir zanjas, así como en ciudades monumentales o lugares de especial protección. También pueden ser necesarias para el cruce de alguna vía de circulación para la cual el organismo afectado solamente diera permiso para cruzar mediante estos sistemas.

Dependiendo del sistema usado para la perforación se colocará o bien una tubería metálica o bien una tubería de polietileno de alta densidad. Dentro de esta tubería se colocarán los tubos de polietileno por los que se introducirán los cables. Una vez colocados los tubos, se hormigonará la entrada de la tubería, con un pequeño dado, con el fin de impedir la entrada de humedad en el tubo. Por cada perforación tipo “topo” se canalizará un circuito.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

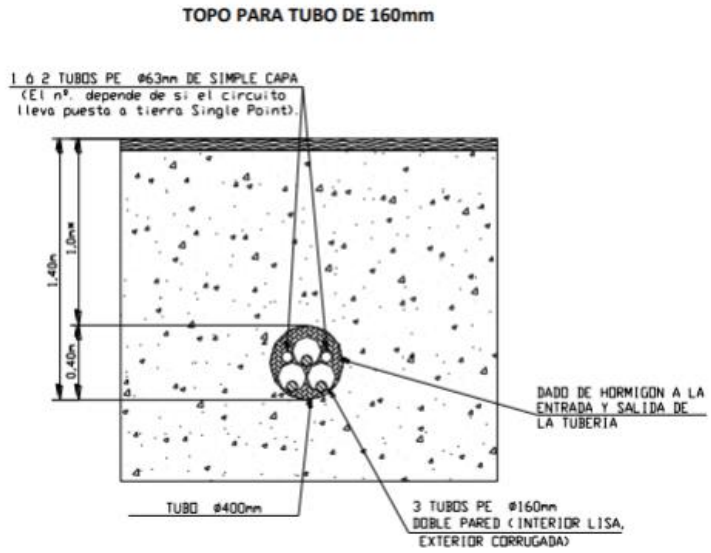


Ilustración 5 Topo

En caso de línea con dos circuitos, se realizarán dos perforaciones subterráneas para canalizar por cada perforación un circuito. Esto se realizará así en general, tanto por facilidad a la hora de la instalación de los tubos de polietileno por su interior, como para que los cables de ambos circuitos puedan ir separados y no suponga la perforación subterránea un punto caliente de la línea, y sobre todo para no tener que ir a perforaciones de diámetros difíciles de encontrar en el mercado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

12. Cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/631

Considerando que, el Reglamento UE 2016/631 de la Comisión de 14 de abril de 2016 establece un código de red sobre requisitos de generadores eléctricos a la red según distintas características y especialmente para generadores de electricidad síncronos, hemos de considerar que es de aplicación para el caso que nos atañe.

A continuación, se muestra una tabla para determinar el tipo de generador eléctrico del que se trata dependiendo de las características del mismo.

Límites de los umbrales de los módulos de generación de electricidad de tipo B, C y D

Zonas síncronas	Límite del umbral de capacidad máxima a partir del cual un módulo de generación de electricidad se considera de tipo B	Límite del umbral de capacidad máxima a partir del cual un módulo de generación de electricidad se considera de tipo C	Límite del umbral de capacidad máxima a partir del cual un módulo de generación de electricidad se considera de tipo D
Europa continental	1 MW	50 MW	75 MW
Gran Bretaña	1 MW	50 MW	75 MW
Países Nórdicos	1,5 MW	10 MW	30 MW
Irlanda e Irlanda del Norte	0,1 MW	5 MW	10 MW
Estados Bálticos	0,5 MW	10 MW	15 MW

Según esta tabla y considerando la Península Ibérica como Europa Continental, debemos considerar el proyecto objeto de estudio de Tipo B.

Los módulos de generación de electricidad de tipo B deberán cumplir los requisitos establecidos en el artículo 13 (referencia a los generadores Tipo A) con excepción de su apartado 2. Este artículo marca los mínimos que debe de cumplir una instalación de nueva implantación antes de establecer los de cada GRT.

En la siguiente tabla se establecen los periodos de tiempo mínimos durante los que un modulo de generación de electricidad debe ser capaz de funcionar a diferentes valores de frecuencia, desviándose del valor nominal, sin desconectarse de la red.

Zona síncrona	Gama de frecuencias (Hz)	Período de tiempo de funcionamiento
Europa continental	47,5-48,5	A especificar por cada GRT, pero no inferior a 30 minutos
	48,5-49,0	A especificar por cada GRT, nunca inferior al período de 47,5-48,5 Hz
	49,0-51,0	Ilimitado
	51,0-51,5	30 minutos

En cuanto al modo regulación potencia-frecuencia limitado-sobrefrecuencia (MRPFL-O), será de aplicación lo siguiente, tal como determine el GRT pertinente para su zona de control en coordinación con los GRT de la misma zona síncrona para garantizar efectos mínimos en las zonas vecinas:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

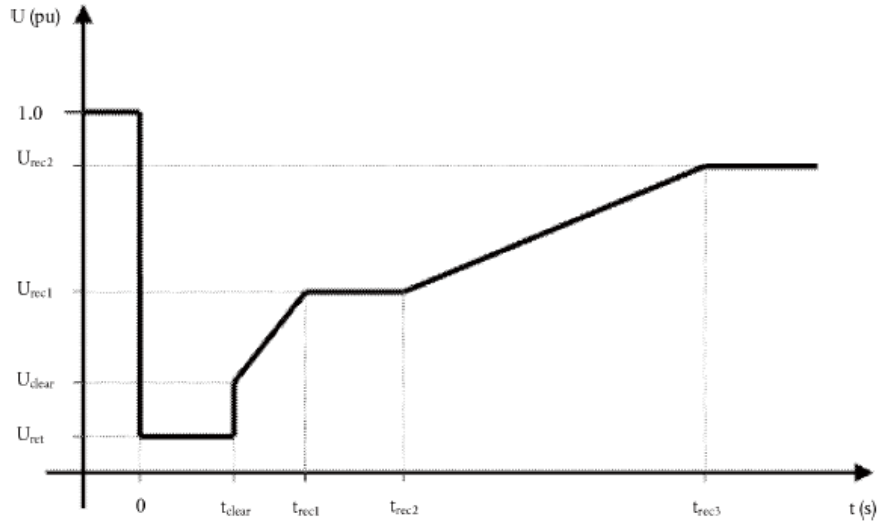
- El módulo de generación de electricidad deberá ser capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia.
- El rango de frecuencias deberá estar entre 50,2 Hz y 50,5 Hz
- El ajuste de estatismo deberá estar entre el 2 y el 12 %
- El parque eólico deberá ser capaz de activar la respuesta de la potencia en función de la frecuencia con el menor retraso inicial posible.

Para controlar la salida de potencia activa, el módulo de generación de electricidad estará equipado con una interfaz para poder reducir la salida de potencia activa.

Cada GRT especificará un perfil de tensión en función del tiempo conforme a la figura 3 en el punto de conexión en condiciones de falta, que describa las condiciones en que el módulo de generación de electricidad es capaz de permanecer conectado a la red y seguir funcionando de forma estable después de una perturbación del sistema eléctrico debida a faltas correctamente despejadas en la red de transporte, el perfil de tensión en función del tiempo describirá el límite inferior de la trayectoria real de las tensiones entre fases referida al nivel de tensión de la red en el punto de conexión durante una falta equilibrada, en función del tiempo antes, durante y después de la falta.

Figura 3

Perfil de la capacidad para soportar huecos de tensión de un módulo de generación de electricidad



Este reglamento establece además algunos requisitos adicionales en relación con la estabilidad de tensión. Entre ellos el parque eólico deberá estar equipado con un sistema de control de la excitación automático y permanente que pueda proporcionar una tensión constante a los terminales del alternador a una consigna ajustable sin que sea inestable en todo el rango de funcionamiento del propio parque eólico. Además, será capaz de contribuir a la recuperación de potencia activa después de una falta.

Se realizarán las simulaciones y pruebas de conformidad del parque eólico según lo establecido en el artículo 15 del Reglamento o en su caso se podrán utilizar los certificados de equipo expedidos por un certificador autorizado para demostrar lla conformidad con los requisitos correspondientes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En adición se proporcionará un documento del parque eólico al gestor de red a efectos de la notificación operacional para su conexión, acompañado de una declaración de conformidad.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

13. LÍNEA AÉREA

13.1. Línea aérea 30 kV

13.1.1. Características generales Línea aérea 30 kV

En el caso particular de la línea de evacuación del Parque Eólico Cararrillo, se ha diseñado una línea en su mayoría subterránea para evitar al máximo posible afecciones ambientales y paisajísticas. Aun teniendo esto en cuenta ha sido necesario proyectar un tramo aéreo para evitar las dificultades orográficas del terreno en el punto de cruce con el Río Las Parras.

La longitud total de la línea aérea es de 299,73 m. Los vanos se proyectarán con longitudes entre los 180 y los 400 m, debido a la orografía del terreno, los esfuerzos en los apoyos etc.

La altitud del terreno donde se proyecta la línea aérea alcanza una altitud máxima de 1.086 m de altitud y una altitud mínima de 1.073 m por lo que las zonas en las que se proyectará la línea será Zona C (>1.000 m). La línea contará con 4 apoyos (3 vanos).

En el paso aéreo subterráneo y viceversa se instalarán 3 seccionadores unipolares y 3 autoválvulas por circuito, y pararrayos de óxido metálico, para la protección de sobretensiones transitorias. Los terminales utilizados, serán de aislamiento seco, según la sección y naturaleza del cable indicado anteriormente.

Las características más importantes de la línea aérea 30 kV son:

Sistema	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (kV)	30
Tensión más elevada de la red (kV)	36
Nº de circuitos	1
Nº de conductores aéreos por fase	1
Tipo de conductor aéreo	LA-56 (54,60 mm²)
Intensidad máxima de transporte (A)	128,3
Longitud (m)	299,73
Zona de aplicación	ZONA C
Tipo de aislamiento	Cadenas de aisladores de vidrio U40BS
Puesta a tierra	Mallazo electrosoldado
Categoría	2ª

Tabla 16 Características línea aérea

Trazado

Como se ha indicado anteriormente la traza del tramo aéreo de la línea discurre por el término municipal de Utrillas (Teruel).

La línea aérea objeto del presente proyecto parte empieza tras una conversión subterráneo-aérea tras cerca de 7 kilómetros de línea subterránea y termina tras 3 vanos en una conversión aéreo-subterránea.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El tramo aéreo de la línea para evacuación de la planta fotovoltaica tendrá un total de 3 vanos (4 apoyos), con una longitud aproximada 299,73 m. Todos los apoyos de la línea aérea son de simple circuito.

Nº de Apoyo	Coord. X UTM H 30	Coord. Y UTM H 30	Cota Absoluta (m)	Vano posterior (m)	Función	Tipo terreno	Ángulo Interior (g)
1	674274,00	4517887,00	1081,62	52,6	P. Línea	NORMAL	———
2	674307,51	4517927,53	1080,58	109,2	Ali-Ama	NORMAL	———
3	674377,09	4518011,68	1079,27	138,0	Ali-Sus	NORMAL	———
4	674465,00	4518118,00	1086,04	-	F. Línea	NORMAL	———

Tabla 17 Trazado línea aérea

Conductor desnudo

El tendido aéreo se llevará a cabo con cable de aluminio-acero de 54,60 mm2 (UNESA LA-56), que posee las siguientes características:

Características LA56-30kV-SUS-SIM-VID-AVI (LA-56)	
Sección total del conductor	54,6 mm²
Sección Aluminio	46,8 mm²
Sección Acero	7,8 mm²
Composición	Aluminio-Acero (6+1)
Número de hilos de aluminio/Diámetro	6/7,8
Número de hilos de acero/Diámetro	1/7,8
Diámetro del cable completo	8,33 mm
Diámetro Alma	7,14 mm
Carga mínima de rotura	1.670 kg
Peso total del cable	0,189 daN/m
Peso Aluminio	407 kg/km
Peso Acero	227 kg/km
Módulo de elasticidad	8100 daN/mm^2
Coeficiente de dilatación	1,9*10-5 ºC-1

Tabla 18 Características conductor línea aérea

13.1.2. Aisladores

Las cadenas que componen cada apoyo, y que sostienen al conductor están formadas por diferentes componentes, como son los aisladores y herrajes. Veamos las características de todos los elementos que las componen, y una descripción de las cadenas según los diferentes apoyos:

Cadena de suspensión

Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T. La configuración elegida es de cadenas simples.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El aislador elegido, y sus características, es:

Tipo	U40BS
Material	Vidrio
Línea de fuga (mm)	740
Peso (daN)	9,006
Carga de rotura (daN)	2500
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	56
Tensión soportada al impulso de un rayo (kV)	78

Tabla 19 Aislador cadena de suspensión

Cadena de amarre

Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T. La configuración elegida es de cadenas simples.

El aislador elegido, y sus características, es:

Tipo	U40BS
Material	Vidrio
Línea de fuga (mm)	740
Peso (daN)	9,976
Carga de rotura (daN)	4000
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	56
Tensión soportada al impulso de un rayo (kV)	78

Tabla 20 Aislador cadena de amarre

Descripción de cadenas según tipo de apoyos

- Apoyos de amarre y/o de anclaje.

En los apoyos de amarre y/o de anclaje se montarán los siguientes elementos:

- 1 cadenas simples de aisladores de vidrio, – Aisladores tipo U40BS 6 Ud. – Grapa de amarre.
- Cadenas de amarre. Coeficiente de seguridad = 2,5. Carga rotura grapa >= 90% R conductor.

- Apoyos de suspensión.

En los apoyos de amarre y/o de anclaje se montarán los siguientes elementos:

- 1 cadenas simples de aisladores de vidrio, – Aisladores tipo U70BS 6 Ud. – Grapa de amarre.
- Cadenas de amarre. Coeficiente de seguridad = 2,5. Carga rotura grapa >= 90% R conductor.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

13.1.3. Herrajes

Estarán compuestos por los elementos necesarios para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los de fijación del cable de tierra al apoyo; los elementos de protección eléctrica de los aisladores y finalmente, los accesorios del conductor. Los herrajes serán fundamentalmente de hierro forjado galvanizado en caliente y todos deberán estar tratados adecuadamente frente a la corrosión. Los bulones serán siempre con tuerca, arandela y pasador. Las grapas de compresión tendrán una carga de rotura no inferior al 95% de la del cable correspondiente. Se diseñará para soportar los esfuerzos a que están sometidos chapas de unión del apoyo a los grilletes, prestando especial atención al grueso de la chapa, así como la disposición de los taladros. En el caso de que, por la situación del taladro, la cadena resultase girada en relación a su posición se intercalaría la pieza necesaria para su adecuada instalación.

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.

Se adoptará en proyecto un coeficiente de seguridad de los herrajes de 2,5.

La composición de las cadenas del conductor será la siguiente:

Para cadenas de amarre: Las grapas de amarre siempre serán de tipo compresión excepto en los siguientes casos:

- Cuando sea importante reducir el tiempo de ejecución de la grapa.
- Cuando discurra por zonas con criterio de diseño de protección frente a la contaminación salina (Apartado 3.2.1 6 del documento DMRE-LIN-02 de Endesa).

En estos casos las grapas serán del tipo atornilladas.

Serán cadenas de suspensión sencillas:

Ud.	Descripción	Código	Carga de rotura (daN)
2	Grillete recto	AGN-16T	
1	Anillas de bola	AB-16	
1	rótula	R-16	7.500
1	Grapa de suspensión	GS-3	7.500
6	Aislador de vidrio	U40BS	

Tabla 21 Herrajes cadena de suspensión

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Serán cadenas de Amarre sencillas:

Ud.	Descripción	Código	Carga de rotura (daN)
2	Grillete recto	AGN-16T	
1	Anillas de bola	AB-16	
1	rótula	R-16	12.000
1	Grapa de amarre	GA-3	12.000
6	Aislador de vidrio	U40BS	

Tabla 22 Herrajes cadena de amarre

Para el caso de los herrajes del cable compuesto tierra-fibra óptica la composición de las cadenas será la descrita a continuación:

Para conjuntos de cadenas de amarre. En todos los casos de amarre se prestará atención a la posición en que queda el grillete recto de cogida al apoyo respecto a la disposición final del tensor de corredera que deberá quedar en posición vertical.

Los suministros del material se regirán por las Especificaciones Técnicas de Sevillana para la Adquisición de Herrajes, Empalmes y Piezas de Derivación y responderán a las Normas UNE:

- UNE 21 006.....Herrajes para las líneas eléctricas. Nomenclatura, características generales y ensayos.
- UNE 21 009 .....Medidas de los acoplamientos para rótula y alojamiento de rótula de los elementos de cadenas de aisladores.
- UNE 21 021 .....Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
- UNE 21 024.....Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza y vástago.
- UNE 21 158 .....Herrajes para líneas eléctricas aéreas de alta tensión. Características y ensayos.
- UNE 21 159 ..... Elementos de fijación y empalme para conductores y cables de tierra de líneas eléctricas aéreas de alta tensión. Características y ensayos.

13.1.4. Accesorios

Los accesorios de las líneas son los siguientes:

Contrapesos para puentes

Los contrapesos para los puentes flojos de los apoyos con cadena de amarre, serán de hierro fundido, galvanizados y con un peso aproximado de 10 kg. No deberán dañar al conductor y estarán protegidos contra la corrosión. Se colocarán dos por puente y conductor de fase.

Amortiguadores de protección frente a las vibraciones eólicas. El viento produce en las líneas aéreas el fenómeno de vibración eólica, debido al efecto de desprendimiento de torbellinos en la estela de los conductores, que produce una oscilación alternativa de los mismos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Este fenómeno se produce con vientos con componente transversal a la línea y con velocidades del orden de 1 a 10 m/s. Por tanto, cualquier línea eléctrica es susceptible de sufrir sus efectos. La flexión dinámica del conductor sujeto a vibración puede producir roturas prematuras por fatiga de sus alambres, con la consiguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

La intensidad del fenómeno depende fundamentalmente de las características del conductor, su tensión mecánica y las características del viento.

Dada la imposibilidad práctica de determinar previamente las condiciones de viento en cada vano de una línea, se deben adoptar soluciones generales, desde el lado de la seguridad, para prevenir sus efectos, en función del tipo de conductor y sus condiciones de tendido.

Varillas de reparación

En el caso de que las venas de aluminio del conductor resultasen dañadas o rotas, en la capa exterior, se podrán emplear varillas de reparación, hasta 4. A partir de este número se utilizará el manguito de empalme de compresión.

Empalmes

La unión de conductores entre sí en un vano (y cables de tierra) se efectuará por medio de empalmes comprimidos, con resistencia mecánica, al menos, igual al 90% de la carga de rotura del cable y resistencia eléctrica, al menos igual a la de un cable de la misma longitud. Los del cable de tierra serán de acero inoxidable.

Se cuidarán las prescripciones del actual Reglamento en cuanto al número de empalmes admisibles por vano, especialmente los cruces con autopistas, autovías y carreteras

En caso de que exista OPGW no se admitirán empalmes en vanos.

Balizas

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

En zonas próximas a aeropuertos o de especial densidad de tráfico aéreo se seleccionarán los vanos que se encuentren en dicha zona y se instalarán balizas cada 30 metros. En caso de existencia de dos hilos de tierra, se colocarán al tresbolillo, quedando separadas en este caso 60 metros en cada hilo de tierra.

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

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 indicativa en función de cada caso y de los suministradores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Salvapájaros

Se tendrá en cuenta la normativa técnica y de seguridad contemplada en el Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen Normas de Protección de la Avifauna para instalaciones eléctricas de Alta Tensión.

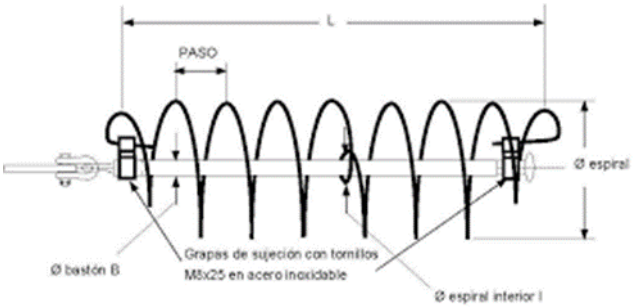


Ilustración 6 Salvapájaros

13.1.5. Apoyos

Los apoyos serán metálicos de celosía, formados por perfiles angulares de la serie de fabricación normal en este país, con acero AE-275 (A42b) para las diagonales y AE-355 (A52d) para los montantes, según la norma UNE 36080.8R, siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo 4 mm.

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

Las tuercas hexagonales se ajustarán a la norma DIN-555.

Protección superficial.

Todos los apoyos tendrán protección de superficie a base de zincado a fuego. El galvanizado se hará de acuerdo con la norma UNE 21006. Según la citada norma, la cantidad mínima de zinc será de 5 gramos por decímetro cuadrado de superficie galvanizada. La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

Dimensiones.

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 demás obstáculos. En cada cantón se ha adoptado una catenaria de flecha máxima correspondiente a las condiciones de flecha más desfavorable.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Hipótesis de viento. Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el artículo 16, a la temperatura de + 15° C.
- Hipótesis de temperatura. Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Se toma +50ºC.
- Hipótesis de hielo. Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el artículo 17 del Reglamento de Línea Aéreas de Alta Tensión, a la temperatura de 0° C.

Hipótesis de cálculo: Coeficientes de seguridad

Los coeficientes de seguridad de los apoyos serán diferentes según el carácter de la hipótesis de cálculo a que han de ser aplicados. En este sentido, las hipótesis se clasifican de acuerdo con el cuadro siguiente:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Ángulo	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Anclaje	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Fin de línea	1ª, 2ª	4ª

Tabla 23 Hipótesis de cálculo apoyos

Elementos metálicos. El coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia no será inferior a: 1,5 para las hipótesis normales, y 1,2 para las hipótesis anormales.

Cimentación

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08 (R.D. 1247/2008 de 18 de Julio).

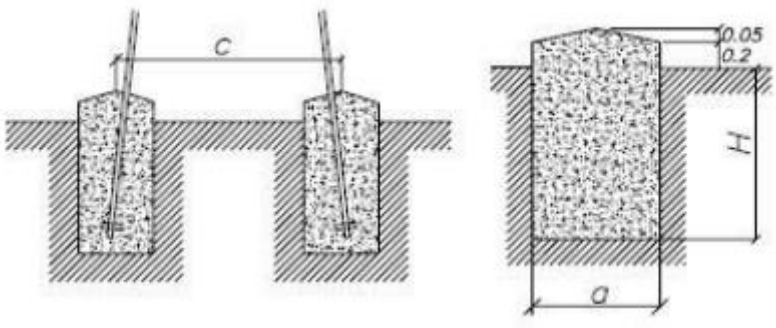


Ilustración 7 Cimentaciones

Se proyectarán las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno, cuyas características, caso de no realizar los ensayos adecuados, vendrán definidas por los valores reflejados en los documentos a continuación relacionados, de acuerdo con el tipo de cimentación y el método de cálculo empleado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cimentaciones monobloque, constituidas por un único bloque de hormigón en el que se empotrará la parte inferior del apoyo.

El método de cálculo empleado es el de Sulzberger que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno.

Los valores de los coeficientes empleados en este método son los indicados en el apdo. 4 del Art.31 del R.L.A.T.

No se admitirá un ángulo de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones que produzcan el máximo momento de vuelco.

Se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, relación entre el momento estabilizador y el momento de vuelco, el cual no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normal seguridad normal.....1,5
- Hipótesis normal seguridad reforzada.....1,875
- Hipótesis anormal 1,2

Sobre estas cimentaciones se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura.

Cimentaciones independientes, constituidas por un bloque de hormigón para cada uno de los anclajes del apoyo.

La estabilidad de estas cimentaciones estará confiada a las reacciones verticales del terreno.

Se emplea en método de cálculo del cono de tierras, adoptando para los valores del ángulo de arranque y de la presión admisible sobre el suelo los que figuran en el documento "La clasificación de suelos en el Proyecto de Líneas de Conducción Eléctrica" publicado por ASINEL (1971).

Se comprobará el coeficiente de seguridad, relación entre el esfuerzo resistente de la cimentación y el esfuerzo de arranque al que está sometida, el cual no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normal seguridad normal.....1,5
- Hipótesis normal seguridad reforzada.....1,875
- Hipótesis anormal 1,2

Si durante la apertura de pozos, la Dirección de Obra determina un tipo de terreno diferente al considerado en los cálculos, deberá realizarse el rediseño de las cimentaciones.

Para una eficaz estabilidad de los apoyos, éstos se encastrarán en el suelo en bloques de hormigón u hormigón armado, calculados de acuerdo con la resistencia mecánica del mismo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

13.1.6. Puesta a tierra de los apoyos

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 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 empleados en este proyecto, 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.

La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico.

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 NO frecuentados:** son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente. Básicamente los apoyos no frecuentados serán los situados en bosques, monte bajo, explotaciones agrícola o ganaderas, zonas alejadas de los núcleos urbanos, etc.
- **Apoyos Frecuentados**: Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

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

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

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- 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 m, 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 m, 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 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas. A 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 1000 Ω.

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1000 + 1{,}5\rho_s$$

Estos apoyos serán los apoyos frecuentados 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 (F.S.C.): 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.

Protección de la avifauna

Para el cumplimiento del decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión, se deberán adoptar las siguientes medidas:

Medidas anticolisión:

Se aplicarán estas medidas en los tramos de línea que proceda según lo establecido en el artículo 5 del Decreto, y consistirán en espirales salvapájaros en el cable superior dispuestos cada 5 metros. Estas espirales son accesorios de PVC, por tanto, ligeros y exentos a la corrosión. Debido a su forma geométrica, ofrecen poca resistencia al viento y, debido al agarre firme sobre el conductor que se instala, no deslizan sobre el conductor con las vibraciones que se producen. Las espirales se fabrican cableadas a derecha para cualquier tipo de conductor. Es por esto, por lo que le sentido del cableado deberá ser el mismo que el de capa externa del conductor sobre el que vaya aplicado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

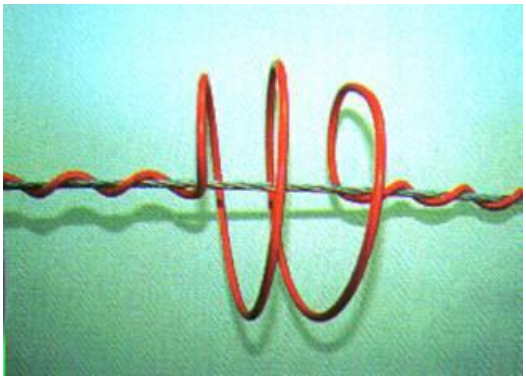


Ilustración 8 Espiral salvapájaros

Medidas antielectrocución:

En los apoyos con cadenas de aisladores de amarre deberá existir una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Para lo cual se utilizarán alargadores de horquilla de una distancia tal que la alargadera más la cadena de aisladores sea menor de 1 metro.

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.

Los puentes de unión con las autoválvulas y botellas terminales del cable aislado seco deberán ser aislados, así como los propios terminales de las autoválvulas y de las botellas.

Como elementos de aislamiento se utilizarán materiales polímeros aptos para este tipo de instalación, los cuales deberán garantizar los niveles de aislamiento requeridos.

Para el aislamiento de los conductores se podrá utilizar cinta olit-m de andel o similar, que deberá ser instalada según especificaciones del fabricante para un nivel de aislamiento de 36 kV.

Para el aislamiento de grapas y terminales se podrán utilizar piezas premoldeadas de características adecuadas, que deberán ser instaladas según especificaciones del fabricante para un nivel de aislamiento de 36 kV.

Distancias de seguridad y cruzamientos

Se adoptarán medidas disuasorias de nidificación efectivas con el fin de evitar la construcción de nidos sobre las crucetas o sobre la cúpula soporte del cable de tierra. Para ello se instalarán varillas en las crucetas y en la cúpula del apoyo, siguiendo las indicaciones del fabricante.

13.1.7. Distancias de seguridad

Se aplicarán las distancias mínimas de seguridad marcadas por el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas aéreas de alta tensión (R.D. 223/08 de 15 de febrero).

Para la distribución de apoyos, en la hipótesis de flecha máxima, se tomará como máxima temperatura del conductor 75ºC.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El RD223/2008, ITC-LAT 07 establece como distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas las siguientes.

Se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- **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 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 lento o rápido. 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.

Se aplicarán las siguientes consideraciones para determinar las distancias internas y externas:

La distancia eléctrica Del, previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.

La distancia eléctrica, Dpp, previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos.

Es necesario añadir a la distancia externa, Del, una distancia de aislamiento adicional, Dadd, para que, en las distancias mínimas de seguridad al suelo, a líneas eléctricas, a zonas de arbolado, etc. se asegure que las personas u objetos no se acerquen a una distancia menor que Del de la línea eléctrica.

La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, asom, debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe ser mayor sobre la distancia interna asom que a objetos externos o personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad (Dadd + Del) deben ser siempre superiores a 1,1 veces asom.

Los valores de Del y Dpp, en función de la tensión más elevada de la línea Us, serán los indicados en la tabla 15 de ITC-LAT 07.

Distancia mínima entre conductores y partes puestas a tierra

En este apartado se expone las distancias de aislamiento marcadas por el R.D. 223/08.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Distancia mínima entre conductores y partes puestas a tierra:

Tensión más elevada de la red Us (kV)	Del (m)	Del (m)
36	0,35	0,40

Tabla 24 Distancia de aislamiento

Según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas aéreas de alta tensión (R.D. 223/08)

Distancia al terreno:

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.5), la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

H=5,3+Del con un mínimo de 6 m.

H=5,3+0,35=5,85 m*

Distancia de conductores entre sí:

De acuerdo con lo establecido en el aptdo. 5.4.1. de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/08, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

D=K*√(F+L)+K^'*D_pp

Siendo:

D Distancia mínima entre conductores en m.

F Flecha máxima en m.

L Longitud de la cadena en m (para amarre L=0).

K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según la tabla adjunta.

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 líneas.

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65º	0,7	0,65
Comprendido entre 40º y 65º	0,65	0,6
Inferior a 40º	0,6	0,55

Tabla 25 Valores de K`

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Distancias verticales en cruzamientos

- Cruzamiento a caminos, sendas y a cursos de agua no navegable.

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.5), la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

H=5,3+Del con un mínimo de 6 m.

H=5,3+0,35=5,85 m*

- Edificios, construcciones y zonas urbanas

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano, cuando pertenezcan al territorio de municipios que tengan plan de ordenación o como casco de población en municipios que carezcan de dicho plan. No obstante, a petición del titular de la instalación y cuando las circunstancias técnicas o económicas lo aconsejen, el órgano competente de la Administración podrá autorizar el tendido aéreo de dichas líneas en las zonas antes indicadas.

Se podrá autorizar el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos en las zonas de reserva urbana con plan general de ordenación legalmente aprobado y en zonas y polígonos industriales con plan parcial de ordenación aprobado, así como en los terrenos del suelo urbano no comprendidos dentro del casco de la población en municipios que carezcan de plan de ordenación.

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.

Distancia conductor edificio (servidumbre de vuelo): 3,3 + Del metros, con un mínimo de 5 metros.

Distancia conductor edificio = 3,3+0,35= 3,65 m*

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.12.2), no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales. 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.

Distancia punto accesible =5,5+0,35=5,85 m*

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

Distancia punto no accesible =3,3+0,35=3,65 m*

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Cruzamiento a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación:

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.6), 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:

$$H=1,5+Del$$

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 superior a 132 kV Y hasta 220 kV

7 metros para líneas de tensión superior a 220 kV Y hasta 400 kV

$$H=1,5+0,35 =1,85 \text{ m}$$

La mínima distancia entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior adoptada en el proyecto no será inferior a:

Tensión (kV)	Distancia adoptada (m)
36	2,00

La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a la especificada en el RLAT (Dadd + Dpp en metros) aumentada en 0,5 m.

A la distancia de aislamiento adicional, Dadd, se le aplicarán los valores de la siguiente tabla:

- Distancias de aislamiento adicional Dadd a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (kV)	Dadd (m)	
	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce > 25 m
De 3 a 30	1,8	2,5
45 o 66	2,5	
110, 132, 150	3	
220	3,5	
400	4	

Tabla 26 Distancias cruce

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

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:

H=1,5 + Del con un mínimo de 2 m.

Distancia mínima vertical entre los conductores de fase-tierra=1,5+0,35=1,85 m

- Bosques, árboles y masa de arbolado

Tomaremos como criterio para la distancia mínima vertical con bosques, árboles y masas de arbolado, las indicadas para altura mínima al terreno por:

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.5), la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

H = 5,3 + Del Con un mínimo de 2 m.

H = 5,3 + Del = 1,5 + 0,35 = 1,85 m*

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.12.1), 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:

1,5 + Del con un mínimo de 2 m.

Distancia mínima a arbolado =1,5+0,35=1,85 m*

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

13.2. Línea aérea 45 kV

13.2.1. Características generales Línea aérea 45 kV

Tras la elevación de tensión en la subestación "CARARRILLO" se ha proyectado un vano aéreo para la conexión en el apoyo de la línea ESCUCHA-UTRILLAS a 45 kV.

La longitud total de este tramo aéreo es de 50,6 m. El vano se proyectará respetando la orografía del terreno, incluyendo un apoyo procedente de la subestación y el apoyo ya existente que será reemplazado por un apoyo de doble circuito.

La altitud del terreno donde se proyecta la línea aérea alcanza una altitud máxima de 1.031 m de altitud y una altitud mínima de 1.028 m por lo que las zonas en las que se proyectará la línea será Zona C (>1.000 m). La línea contará con 2 apoyos (1 vano).

Las características más importantes de la línea aérea 45 kV son:

Sistema	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz)	50
Tensión nominal (kV)	45
Tensión más elevada de la red (kV)	52
Nº de circuitos	1
Nº de conductores aéreos por fase	1
Tipo de conductor aéreo	LA-180 (181,60 mm²)
Intensidad máxima de transporte (A)	424
Longitud (km)	50,6
Zona de aplicación	ZONA C
Tipo de aislamiento	Cadenas de aisladores de vidrio U70BS
Puesta a tierra	Mallazo electrosoldado
Categoría	2ª

Tabla 27 Características línea aérea

Trazado

Como se ha indicado anteriormente la traza del tramo aéreo de la línea discurre por el término municipal de Utrillas (Teruel).

La línea aérea objeto del presente proyecto parte empieza tras una conversión subterráneo-aérea tras cerca de 7 kilómetros de línea subterránea y termina tras 3 vanos en una conversión aéreo-subterránea.

Finalmente, tras llegar a la subestación elevadora "Carrarillo", de ella saldrá un vano flojo para conectar con la línea ESCUCHA-UTRILLAS a 45 kV.

Este último tramo tendrá un único vano (2 apoyos), con una longitud aproximada 50,6 m. Todos los apoyos de la línea aérea son de doble circuito.

Nº de Apoyo	Coord. X UTM H 30	Coord. Y UTM H 30	Cota Absoluta (m)	Vano posterior (m)	Función	Tipo terreno	Ángulo Interior (g)
1	680220,00	4520928,00	1028,05	20,4	P. Línea	NORMAL	———
2	680172,00	4520944,00	1031,11	-	F. Línea	NORMAL	———

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tabla 28 Trazado línea aérea

Conductor desnudo

El tendido aéreo se llevará a cabo con cable de aluminio-acero de 181,60 mm² (UNESA LA-180), que posee las siguientes características:

Características LA-180	
Sección total del conductor	181,60 mm²
Sección Aluminio	147,3 mm²
Sección Acero	34,3 mm²
Composición	Aluminio-Acero (6+1)
Número de hilos de aluminio/Diámetro	30/2,5
Número de hilos de acero/Diámetro	7/2,5
Diámetro del cable completo	17,50 mm
Diámetro Alma	7,50 mm
Carga mínima de rotura	6.390 daN
Peso total del cable	0,675 daN/m
Peso Aluminio	548,10 kg/km
Peso Acero	127,89 kg/km
Módulo de elasticidad	8200 daN/mm²
Coeficiente de dilatación	1,9*10-5 ºC-1

Tabla 29 Características conductor línea aérea

13.2.2. Aisladores

Las cadenas que componen cada apoyo, y que sostienen al conductor están formadas por diferentes componentes, como son los aisladores y herrajes. Veamos las características de todos los elementos que las componen, y una descripción de las cadenas según los diferentes apoyos:

Cadena de amarre

Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC07 del R.L.A.T. La configuración elegida es de cadenas simples.

El aislador elegido, y sus características, es:

Tipo	**U70BS**
Material	Vidrio
Línea de fuga (mm)	1.920
Peso (daN)	22,942
Carga de rotura (daN)	7.000
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	95
Tensión soportada al impulso de un rayo (kV)	250

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tabla 30 Aislador cadena de amarre

Descripción de cadenas según tipo de apoyos

- Apoyos de amarre y/o de anclaje.

En los apoyos de amarre y/o de anclaje se montarán los siguientes elementos:

- 1 cadenas simples de aisladores de vidrio, – Aisladores tipo U70BS 6 Ud. – Grapa de amarre.
- Cadenas de amarre. Coeficiente de seguridad = 2,5. Carga rotura grapa >= 90% R conductor.

- Apoyos de suspensión.

En los apoyos de amarre y/o de anclaje se montarán los siguientes elementos:

- 1 cadenas simples de aisladores de vidrio, – Aisladores tipo U70BS 6 Ud. – Grapa de amarre.
- Cadenas de amarre. Coeficiente de seguridad = 2,5. Carga rotura grapa >= 90% R conductor.

13.2.3. Herrajes

Estarán compuestos por los elementos necesarios para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los de fijación del cable de tierra al apoyo; los elementos de protección eléctrica de los aisladores y finalmente, los accesorios del conductor. Los herrajes serán fundamentalmente de hierro forjado galvanizado en caliente y todos deberán estar tratados adecuadamente frente a la corrosión. Los bulones serán siempre con tuerca, arandela y pasador. Las grapas de compresión tendrán una carga de rotura no inferior al 95% de la del cable correspondiente. Se diseñará para soportar los esfuerzos a que están sometidos chapas de unión del apoyo a los grilletes, prestando especial atención al grueso de la chapa, así como la disposición de los taladros. En el caso de que, por la situación del taladro, la cadena resultase girada en relación a su posición se intercalaría la pieza necesaria para su adecuada instalación.

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.

Se adoptará en proyecto un coeficiente de seguridad de los herrajes de 2,5.

La composición de las cadenas del conductor será la siguiente:

Para cadenas de amarre: Las grapas de amarre siempre serán de tipo compresión excepto en los siguientes casos:

- Cuando sea importante reducir el tiempo de ejecución de la grapa.
- Cuando discurra por zonas con criterio de diseño de protección frente a la contaminación salina (Apartado 3.2.1 6 del documento DMRE-LIN-02 de Endesa).

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En estos casos las grapas serán del tipo atornilladas.

Serán cadenas de Amarre sencillas:

Ud.	Descripción	Código	Carga de rotura (kN)
2	Grillete recto	AGN-16T	
1	Anillas de bola	AB-16	
1	Rótula	R-16	110
1	Grapa de amarre	GA-3	Ø16-20
6	Aislador de vidrio	U70BS	

Tabla 31 Herrajes cadena de amarre

Para el caso de los herrajes del cable compuesto tierra-fibra óptica la composición de las cadenas será la descrita a continuación:

Para conjuntos de cadenas de amarre. En todos los casos de amarre se prestará atención a la posición en que queda el grillete recto de cogida al apoyo respecto a la disposición final del tensor de corredera que deberá quedar en posición vertical.

Los suministros del material se regirán por las Especificaciones Técnicas de Sevillana para la Adquisición de Herrajes, Empalmes y Piezas de Derivación y responderán a las Normas UNE:

- UNE 21 006.....Herrajes para las líneas eléctricas. Nomenclatura, características generales y ensayos.
- UNE 21 009 .....Medidas de los acoplamientos para rótula y alojamiento de rótula de los elementos de cadenas de aisladores.
- UNE 21 021 .....Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
- UNE 21 024.....Características de los elementos de las cadenas de aisladores tipo caperuza y vástago.
- UNE 21 158 .....Herrajes para líneas eléctricas aéreas de alta tensión. Características y ensayos.
- UNE 21 159 ..... Elementos de fijación y empalme para conductores y cables de tierra d líneas eléctricas aéreas de alta tensión. Características y ensayos.

13.2.4. Accesorios

Los accesorios de las líneas son los siguientes:

Contrapesos para puentes

Los contrapesos para los puentes flojos de los apoyos con cadena de amarre, serán de hierro fundido, galvanizados y con un peso aproximado de 10 kg. No deberán dañar al conductor y estarán protegidos contra la corrosión. Se colocarán dos por puente y conductor de fase.

Amortiguadores de protección frente a las vibraciones eólicas. El viento produce en las líneas aéreas el fenómeno de vibración eólica, debido al efecto de desprendimiento de torbellinos en la estela de los conductores, que produce una oscilación alternativa de los mismos. Este fenómeno se produce con vientos con componente transversal a la

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

línea y con velocidades del orden de 1 a 10 m/s. Por tanto, cualquier línea eléctrica es susceptible de sufrir sus efectos. La flexión dinámica del conductor sujeto a vibración puede producir roturas prematuras por fatiga de sus alambres, con la consiguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

La intensidad del fenómeno depende fundamentalmente de las características del conductor, su tensión mecánica y las características del viento.

Dada la imposibilidad práctica de determinar previamente las condiciones de viento en cada vano de una línea, se deben adoptar soluciones generales, desde el lado de la seguridad, para prevenir sus efectos, en función del tipo de conductor y sus condiciones de tendido.

Varillas de reparación

En el caso de que las venas de aluminio del conductor resultasen dañadas o rotas, en la capa exterior, se podrán emplear varillas de reparación, hasta 4. A partir de este número se utilizará el manguito de empalme de compresión.

Empalmes

La unión de conductores entre sí en un vano (y cables de tierra) se efectuará por medio de empalmes comprimidos, con resistencia mecánica, al menos, igual al 90% de la carga de rotura del cable y resistencia eléctrica, al menos igual a la de un cable de la misma longitud. Los del cable de tierra serán de acero inoxidable.

Se cuidarán las prescripciones del actual Reglamento en cuanto al número de empalmes admisibles por vano, especialmente los cruces con autopistas, autovías y carreteras

En caso de que exista OPGW no se admitirán empalmes en vanos.

Balizas

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

En zonas próximas a aeropuertos o de especial densidad de tráfico aéreo se seleccionarán los vanos que se encuentren en dicha zona y se instalarán balizas cada 30 metros. En caso de existencia de dos hilos de tierra, se colocarán al tresbolillo, quedando separadas en este caso 60 metros en cada hilo de tierra.

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

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 indicativa en función de cada caso y de los suministradores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Salvapájaros

Se tendrá en cuenta la normativa técnica y de seguridad contemplada en el Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen Normas de Protección de la Avifauna para instalaciones eléctricas de Alta Tensión.

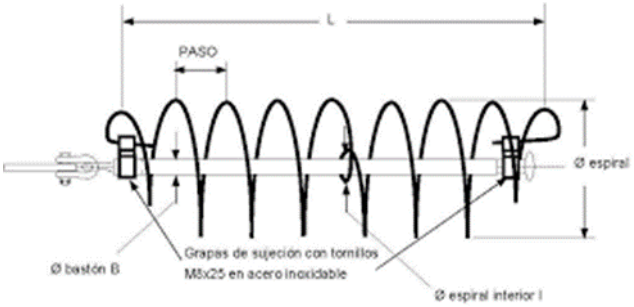


Ilustración 9 Salvapájaros

13.2.5. Apoyos

Los apoyos serán metálicos de celosía, formados por perfiles angulares de la serie de fabricación normal en este país, con acero AE-275 (A42b) para las diagonales y AE-355 (A52d) para los montantes, según la norma UNE 36080.8R, siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo 4 mm.

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

Las tuercas hexagonales se ajustarán a la norma DIN-555.

Protección superficial.

Todos los apoyos tendrán protección de superficie a base de zincado a fuego. El galvanizado se hará de acuerdo con la norma UNE 21006. Según la citada norma, la cantidad mínima de zinc será de 5 gramos por decímetro cuadrado de superficie galvanizada. La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

Dimensiones.

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 demás obstáculos. En cada cantón se ha adoptado una catenaria de flecha máxima correspondiente a las condiciones de flecha más desfavorable.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

- Hipótesis de viento. Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el artículo 16, a la temperatura de + 15° C.
- Hipótesis de temperatura. Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Se toma +50ºC.
- Hipótesis de hielo. Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el artículo 17 del Reglamento de Línea Aéreas de Alta Tensión, a la temperatura de 0° C.

Hipótesis de cálculo: Coeficientes de seguridad

Los coeficientes de seguridad de los apoyos serán diferentes según el carácter de la hipótesis de cálculo a que han de ser aplicados. En este sentido, las hipótesis se clasifican de acuerdo con el cuadro siguiente:

Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Ángulo	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Anclaje	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Fin de línea	1ª, 2ª	4ª

Tabla 32 Hipótesis de cálculo apoyos

Elementos metálicos. El coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia no será inferior a: 1,5 para las hipótesis normales, y 1,2 para las hipótesis anormales.

Cimentación

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón de calidad HM-20 y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE 08 (R.D. 1247/2008 de 18 de Julio).

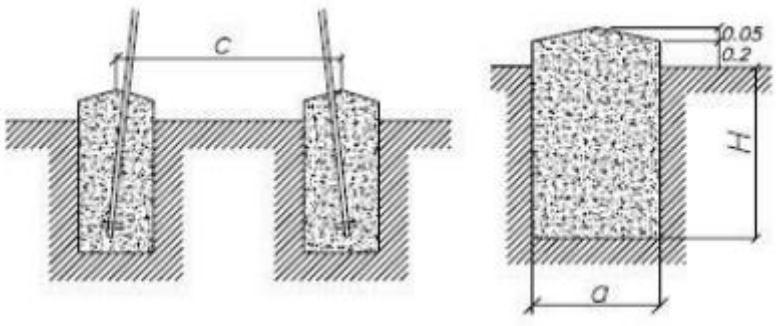


Ilustración 10 Cimentaciones

Se proyectarán las cimentaciones de los distintos apoyos de acuerdo con la naturaleza del terreno, cuyas características, caso de no realizar los ensayos adecuados, vendrán definidas por los valores reflejados en los documentos a continuación relacionados, de acuerdo con el tipo de cimentación y el método de cálculo empleado.

Cimentaciones monobloque, constituidas por un único bloque de hormigón en el que se empotrará la parte inferior del apoyo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El método de cálculo empleado es el de Sulzberger que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno.

Los valores de los coeficientes empleados en este método son los indicados en el apdo. 4 del Art.31 del R.L.A.T.

No se admitirá un ángulo de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones que produzcan el máximo momento de vuelco.

Se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, relación entre el momento estabilizador y el momento de vuelco, el cual no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normal seguridad normal.....1,5
- Hipótesis normal seguridad reforzada.....1,875
- Hipótesis anormal 1,2

Sobre estas cimentaciones se hará la correspondiente peana, con un vierteaguas de 5 cm de altura.

Cimentaciones independientes, constituidas por un bloque de hormigón para cada uno de los anclajes del apoyo.

La estabilidad de estas cimentaciones estará confiada a las reacciones verticales del terreno.

Se emplea en método de cálculo del cono de tierras, adoptando para los valores del ángulo de arranque y de la presión admisible sobre el suelo los que figuran en el documento "La clasificación de suelos en el Proyecto de Líneas de Conducción Eléctrica" publicado por ASINEL (1971).

Se comprobará el coeficiente de seguridad, relación entre el esfuerzo resistente de la cimentación y el esfuerzo de arranque al que está sometida, el cual no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normal seguridad normal.....1,5
- Hipótesis normal seguridad reforzada.....1,875
- Hipótesis anormal 1,2

Si durante la apertura de pozos, la Dirección de Obra determina un tipo de terreno diferente al considerado en los cálculos, deberá realizarse el rediseño de las cimentaciones.

Para una eficaz estabilidad de los apoyos, éstos se encastrarán en el suelo en bloques de hormigón u hormigón armado, calculados de acuerdo con la resistencia mecánica del mismo.

13.2.6. Puesta a tierra de los apoyos

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 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”.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Todos los apoyos de material conductor, como es el caso de los apoyos metálicos empleados en este proyecto, 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.

La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico.

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 NO frecuentados:** son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente. Básicamente los apoyos no frecuentados serán los situados en bosques, monte bajo, explotaciones agrícola o ganaderas, zonas alejadas de los núcleos urbanos, etc.
- **Apoyos Frecuentados**: Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

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

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

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- 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 m, 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 m, 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 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas. A 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 1000 Ω.

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1000 + 1{,}5\rho_s$$

Estos apoyos serán los apoyos frecuentados 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 (F.S.C.): 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.

Protección de la avifauna

Para el cumplimiento del decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión, se deberán adoptar las siguientes medidas:

Medidas anticolisión:

Se aplicarán estas medidas en los tramos de línea que proceda según lo establecido en el artículo 5 del Decreto, y consistirán en espirales salvapájaros en el cable superior dispuestos cada 5 metros. Estas espirales son accesorios de PVC, por tanto, ligeros y exentos a la corrosión. Debido a su forma geométrica, ofrecen poca resistencia al viento y, debido al agarre firme sobre el conductor que se instala, no deslizan sobre el conductor con las vibraciones que se producen. Las espirales se fabrican cableadas a derecha para cualquier tipo de conductor. Es por esto, por lo que le sentido del cableado deberá ser el mismo que el de capa externa del conductor sobre el que vaya aplicado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

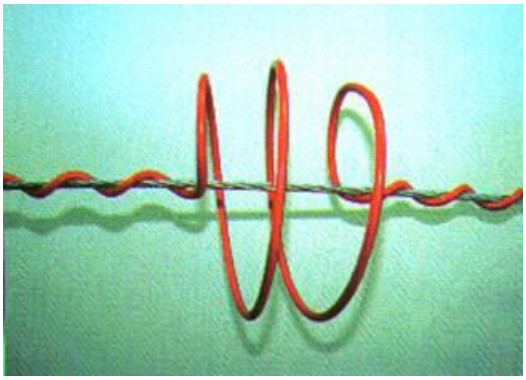


Ilustración 11 Espiral salvapájaros

Medidas antielectrocución

En los apoyos con cadenas de aisladores de amarre deberá existir una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Para lo cual se utilizarán alargadores de horquilla de una distancia tal que la alargadera más la cadena de aisladores sea menor de 1 metro.

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.

Los puentes de unión con las autoválvulas y botellas terminales del cable aislado seco deberán ser aislados, así como los propios terminales de las autoválvulas y de las botellas.

Como elementos de aislamiento se utilizarán materiales polímeros aptos para este tipo de instalación, los cuales deberán garantizar los niveles de aislamiento requeridos.

Para el aislamiento de los conductores se podrá utilizar cinta olit-m de andel o similar, que deberá ser instalada según especificaciones del fabricante para un nivel de aislamiento de 52 kV.

Para el aislamiento de grapas y terminales se podrán utilizar piezas premoldeadas de características adecuadas, que deberán ser instaladas según especificaciones del fabricante para un nivel de aislamiento de 52 kV.

Distancias de seguridad y cruzamientos

Se adoptarán medidas disuasorias de nidificación efectivas con el fin de evitar la construcción de nidos sobre las crucetas o sobre la cúpula soporte del cable de tierra. Para ello se instalarán varillas en las crucetas y en la cúpula del apoyo, siguiendo las indicaciones del fabricante.

13.2.7. Distancias de seguridad

Se aplicarán las distancias mínimas de seguridad marcadas por el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas aéreas de alta tensión (R.D. 223/08 de 15 de febrero).

Para la distribución de apoyos, en la hipótesis de flecha máxima, se tomará como máxima temperatura del conductor 75ºC.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El RD223/2008, ITC-LAT 07 establece como distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas las siguientes.

Se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- **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 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 lento o rápido. 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.

Se aplicarán las siguientes consideraciones para determinar las distancias internas y externas:

La distancia eléctrica Del, previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.

La distancia eléctrica, Dpp, previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos.

Es necesario añadir a la distancia externa, Del, una distancia de aislamiento adicional, Dadd, para que, en las distancias mínimas de seguridad al suelo, a líneas eléctricas, a zonas de arbolado, etc. se asegure que las personas u objetos no se acerquen a una distancia menor que Del de la línea eléctrica.

La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, asom, debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe ser mayor sobre la distancia interna asom que a objetos externos o personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad (Dadd + Del) deben ser siempre superiores a 1,1 veces asom.

Los valores de Del y Dpp, en función de la tensión más elevada de la línea Us, serán los indicados en la tabla 15 de ITC-LAT 07.

Distancia mínima entre conductores y partes puestas a tierra

En este apartado se expone las distancias de aislamiento marcadas por el R.D. 223/08.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Distancia mínima entre conductores y partes puestas a tierra:

Tensión más elevada de la red Us (kV)	Del (m)	Dpp (m)
52	0,6	0,7

Tabla 33 Distancia de aislamiento

Según el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas aéreas de alta tensión (R.D. 223/08)

Distancia al terreno:

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.5), la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

$$H=5,3+Del \text{ con un mínimo de } 6 \text{ m.}$$

$$H=5,3+0,6=5,9 \text{ m}^*$$

Distancia de conductores entre sí:

De acuerdo con lo establecido en el aptdo. 5.4.1. de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/08, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

$$D=K*\sqrt{(F+L)}+K^{'}*D\_pp$$

Siendo:

D Distancia mínima entre conductores en m.

F Flecha máxima en m.

L Longitud de la cadena en m (para amarre L=0).

K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según la tabla adjunta.

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 líneas.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Tabla 34 Valores de K`

Distancias verticales en cruzamientos

- Cruzamiento a caminos, sendas y a cursos de agua no navegable.

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.5), la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

H=5,3+Del con un mínimo de 6 m.

H=5,3+0,6=5,9 m*

- Edificios, construcciones y zonas urbanas

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano, cuando pertenezcan al territorio de municipios que tengan plan de ordenación o como casco de población en municipios que carezcan de dicho plan. No obstante, a petición del titular de la instalación y cuando las circunstancias técnicas o económicas lo aconsejen, el órgano competente de la Administración podrá autorizar el tendido aéreo de dichas líneas en las zonas antes indicadas.

Se podrá autorizar el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos en las zonas de reserva urbana con plan general de ordenación legalmente aprobado y en zonas y polígonos industriales con plan parcial de ordenación aprobado, así como en los terrenos del suelo urbano no comprendidos dentro del casco de la población en municipios que carezcan de plan de ordenación.

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.

Distancia conductor edificio (servidumbre de vuelo): 3,3 + Del metros, con un mínimo de 5 metros.

Distancia conductor edificio = 3,3+0,6= 3,95 m*

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.12.2), no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales. 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:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Sobre puntos accesibles a las personas: 5,5 + Del metros, con un mínimo de 6 metros.

Distancia punto accesible =5,5+0,6 = 6,1 m*

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

Distancia punto no accesible =3,3+0,6 = 3,95 m

- Cruzamiento a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación:

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.6), 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:

H=1,5+Del

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 superior a 132 kV Y hasta 220 kV

7 metros para líneas de tensión superior a 220 kV Y hasta 400 kV

H=1,5+0,6 =2,1 m*

La mínima distancia entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior adoptada en el proyecto no será inferior a:

Tensión (kV)	Distancia adoptada (m)
52	3,00

La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a la especificada en el RLAT (Dadd + Dpp en metros) aumentada en 0,5 m.

A la distancia de aislamiento adicional, Dadd, se le aplicarán los valores de la siguiente tabla:

- Distancias de aislamiento adicional Dadd a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (kV)	Dadd (m)	
	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce > 25 m
De 3 a 30	1,8	2,5
45 o 66	2,5	
110, 132, 150	3	
220	3,5	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

400	4

Tabla 35 Distancias cruce

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:

H=1,5 + Del con un mínimo de 3 m.

Distancia mínima vertical entre los conductores de fase-tierra=1,5+0,6= 2,1 m*

- Bosques, árboles y masa de arbolado

Tomaremos como criterio para la distancia mínima vertical con bosques, árboles y masas de arbolado, las indicadas para altura mínima al terreno por:

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.5), la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de:

H = 5,3 + Del Con un mínimo de 3 m.

H = 5,3 + Del = 1,5 + 0,6 = 2,1 m*

Según el R.L.A.T. (ITC-LAT 07 Aptdo. 5.12.1), 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:

1,5 + Del con un mínimo de 3 m.

Distancia mínima a arbolado =1,5+0,6 = 2,1 m*

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

14. SUBESTACIÓN ELEVADORA 30/45 kV

La subestación elevadora se ubica al norte del parque eólico en el término municipal de Utrillas (Teruel). Sus coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30 son las siguientes:

- X: 680240.50 mE
- Y: 4520912.25 mN

14.1. Alcance de las instalaciones

14.1.1. Conexión a la red

La Subestación vendrá alimentada mediante una línea subterránea de 30kV procedente del parque eólico "Cararrillo" y sale una línea de evacuación de 45 kV hasta la LAT 45 kV "Escucha-Utrillas" propiedad de Endesa.

14.1.2. Configuración

La Subestación estará constituida por:

- Parque de 45 kV
- Parque de 30 kV
- Transformación
- Sistema de Control y Protecciones
- Sistema de Medida para la facturación
- Sistema de Servicios Auxiliares
- Sistema de Telecomunicaciones
- Sistema de puesta a tierra
- Sistema de Seguridad Parque de 45 kV.
- Sistema de banco de condensadores

14.1.2.1. PARQUE DE 45 KV

Tipo:	Exterior Convencional
Esquema:	Simple barra
Alcance:	Una (1) posición trifásica de transformador
	Una (1) posición trifásica de entrada
	Una (1) posición trifásica de salida

14.1.2.2. PARQUE DE 30 KV

Tipo:	Cabinas interior blindadas aisladas en gas SF6
Esquema:	Simple barra
Alcance:	Una (1) posición trifásica de transformador
	Una (1) posición trifásica de línea
	Una (1) posición trifásica de Servicios Auxiliares
	Una (1) posición trifásica de medida y protección
	Una (1) posición trifásica de condensadores

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

14.1.2.3. TRANSFORMACIÓN

Estará constituida por:

- Un (1) Transformador 45/30 kV 6,3 MVA, con regulación en carga.
- Una (1) Reactancia de puesta a tierra

14.1.2.4. SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIONES

Se instalará un sistema integrado de control (SICOP) que integrará las funciones de control local, protecciones y telecontrol.

14.1.2.5. SISTEMA DE MEDIDA

La medida para facturación se realizará en 45 kV. Para ello se dispondrá de contadores estáticos (principal y redundante) combinados de energía activa y reactiva.

14.1.2.6. SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES

Estará constituido por:

- Un (1) Transformador de 50 kVA. 30.000/400 V.
- Un armario rectificador-batería 125 V. c.c. 100 Ah.

14.1.2.7. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Red de tierra inferior.

El sistema de puesta a tierra que se adopta es el de un electrodo de puesta a tierra en forma de conductores de cobre enterrados, dispuestos en forma de malla y unidos mediante soldadura exotérmica.

La red general de tierras estará constituida por conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0.8 metros. La zanja por la que discurra el cable de tierra estará rellena con tierra vegetal procedente de la excavación o aportada para el relleno.

Las puestas a tierra de las estructuras metálicas, de la aparamenta y de los armados de las cimentaciones de los edificios se realizarán mediante conexiones del mismo material que la red de tierras:

- **Electrodo de puesta a tierra**: que será una malla enterrada de cable de cobre de 95 mm². Los conductores en el terreno se tenderán formando una retícula, estando dimensionado de manera que al dispersar la máxima corriente de fallo las tensiones de paso y de contacto estén dentro de los límites admisibles según la ITC-RAT-13.
- **Líneas de tierra**: que serán conductores de cobre desnudo de 95 mm² o pletina de cobre de 25x3 que conectarán los elementos que deban ponerse a tierra al electrodo de acuerdo a las instrucciones generales y particulares de puesta a tierra. En caso de que sea susceptible de robos se podrá sustituir por otro material según la ITC-RAT-13, Aptd 3.1.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En el caso de estudio, al cambiar el apoyo para posibilitar la evacuación de la energía procedente del parque eólico en las condiciones otorgadas, la red de tierras será común tanto para este tramo de línea como para la subestación elevadora “CARARRILLO”.

Como norma general, para obtener valores admisibles desde el exterior de la valla metálica de la subestación, la red general de tierras se extenderá 1 metro por fuera de dicha valla y el vallado se conectará a la red de tierras en tramos regulares mediante latiguillos de tierra. Para otros casos deberá realizarse un análisis conforme al IEEE Std80 “Guide for Safety in AC Substation Grounding” que justifique que no se superan los límites admisibles de tensión de paso y contacto en ningún punto de la valla.

El terreno de la subestación estará cubierto de una capa de 10cm de espesor de grava en las zonas donde no existan viales, así como en el exterior de la SE, hasta un metro, junto al murete de hormigón. El objetivo de la capa superficial es aumentar la resistencia de contacto de los pies con el suelo y por lo tanto disminuir la tensión de paso y contacto aplicada al cuerpo humano.

Los cálculos necesarios para determinar las tensiones de paso y contacto, así como la metodología para el diseño de la malla de puesta a tierra vienen definidos en la norma de referencia SDZ001.

Las instrucciones generales sobre los elementos de la instalación que deben conectarse a tierra serán los indicados en la ITC-RAT-13.

Red de tierra superior.

Como protección contra descargas atmosféricas directas sobre la subestación se utilizará un sistema de apantallamiento con puntas Franklin que asegure, mediante un cálculo avalado, la seguridad de los equipos y de las personas.

14.1.2.8. SISTEMAS DE SEGURIDAD

Formado por protección contra incendios y anti intrusismo.

14.1.3. Obras civiles, edificios y estructuras, metálicas

14.1.3.1. OBRAS CIVILES PARQUE INTEMPERIE

Movimiento de tierras.

Se realizarán los movimientos de tierra necesarios hasta obtener la cota (o cotas) de nivelación. Para ello será necesario ejecutar trabajos de desbroce, limpieza y excavación de terreno, así como apertura y cierre de zanjas para la red de tierra subterránea.

Cimentaciones para soportes metálicos y pórticos.

Las fundaciones de la parte correspondiente al parque, es decir, fundaciones para soportes de aparamenta de intemperie y pórticos serán de tipo "zapata aislada". Serán de hormigón en masa (salvo armaduras para retracciones del hormigón) y llevarán las placas de anclaje de las estructuras sobre sus peanas (2ª fase de hormigonado).

Las fundaciones se proyectarán de acuerdo con la naturaleza del terreno.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Saneamientos y drenajes.

El drenaje de las aguas pluviales se realizará mediante una red de recogida formada por tuberías drenantes que canalizarán las mismas a través de un colector hasta el exterior de la sub- estación, vertiendo en las cunetas próximas.

Se instalará una fosa séptica prefabricada en subsuelo con volumen total de 2000L.

Vallado perimetral.

El cerramiento que delimitará el terreno destinado a alojar la subestación estará formado por valla metálica de 2 metros de altura, rematada en su parte superior con alambre de tres filas, con postes metálicos, embebidos sobre murete de hormigón de 0,5m de altura.

Se instalará para el acceso a la subestación una puerta corredera de 6m de anchura.

Conducciones de cables de control y potencia.

Se construirán todas las canalizaciones eléctricas necesarias para el tendido de los correspondientes cables de potencia y control.

Las zanjas se construirán con bloques de hormigón prefabricado, colocados sobre un relleno filtrante en el que se dispondrá un conjunto de tubos porosos que constituirán parte de la red de drenaje, a través de la cual se evacuará cualquier filtración manteniéndose las canalizaciones libres de agua.

Cimentación para transformador y sistema de recuperación.

Para la instalación del transformador de potencia previsto se construirá una bancada, formada por una cimentación de apoyo

Urbanizado de la zona y viales.

Se construirán los viales interiores necesarios para permitir el acceso de los equipos de transporte y mantenimiento requeridos para el montaje y conservación de los elementos de la sub estación. Serán de firme rígido de 21 cm de espesor con hormigón HA-20/P/12 sobre una base de zahorra compactada, disponiendo en el mismo de una malla electrosoldada. El ancho de los mismos será de 4 metros.

14.1.3.2. ABASTECIMIENTO DE AGUA

Para el abastecimiento de agua corriente se instalarán un depósito de al menos 2000L, grupo compresor y canalizaciones.

14.1.3.3. EDIFICIO

Se instalará un edificio formado por elementos modulares prefabricados de hormigón armado con aislamiento térmico, realizándose in situ la cimentación y solera para el asiento y fijación de dichos elementos prefabricados y de los equipos interiores del edificio, así como la organización de las canalizaciones necesarias para el tendido de cables de potencia y control.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Este edificio constará de una sola planta y se distribuirá de la siguiente manera:

- Sala de Control. Irán ubicados en ella los equipos correspondientes al control, protección y servicios auxiliares en BT.
- Sala de Celdas. Se ubicarán en ellas las celdas de AT (45kV)
- Sala de SS.AA., donde se instalará el transformador de servicios auxiliares.
- Almacén.

Exteriormente, el edificio irá rematado con una acera perimetral de 0,70m de anchura como mínimo.

Para el acceso exterior a las distintas salas se instalarán cuatro puertas metálicas de dimensiones adecuadas para el paso de los equipos a montar.

El edificio estará dotado de un sistema de climatización por bomba de calor con termostato situado en la zona de control del edificio que permitirá conservar unas condiciones uniformes de temperatura en el interior del edificio.

También estará dotado de un sistema de detección de incendios a base de detectores termovelocimétricos y ópticos, y en un sistema de alarmas mediante pulsadores manuales localizados en puntos estratégicos con el fin de que el personal que primero localicé un incendio pue- da dar la alarma sin esperar la actuación del sistema de detección. El edificio también estará dotado de sistema de antiintrusismo con alarma.

El sistema de extinción consistirá en un sistema de extintores móviles de 5 Kg de capacidad de C02 en el interior del edificio.

Se ha previsto dotar al edificio de los sistemas de alumbrado adecuados con los niveles luminosos reglamentarios.

14.1.3.4. ESTRUCTURA METÁLICA

Para el desarrollo y ejecución de la instalación proyectada es necesario el montaje de una estructura metálica que sirva de apoyo y soporte del aparellaje.

Todo el aparellaje de la instalación eléctrica de intemperie irá sobre soportes metálicos.

Tanto la estructura del pórtico como los soportes del aparellaje se realizarán en base a estructuras de perfiles normalizados (UPN, HEB...)

Toda la estructura metálica prevista será sometida a un proceso de galvanizado en caliente, una vez construida, con objeto de asegurar una eficaz protección contra la corrosión, cumpliendo con un espesor no inferior a 90 micras.

Estas estructuras se completan con herrajes y tornillería auxiliares para fijación de caja de centralización sujeción de cables y otros elementos accesorios.

Las estructuras de soporte se suministrarán, como ya se ha dicho, galvanizadas y totalmente construidas y taladradas, no admitiéndose realización de ningún tipo de taladro sobre las mismas, en la propia obra. Tampoco se permitirá el escariado de taladros, eliminación de aristas producto del galvanizado ni tratamientos autogalvanizantes posteriores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La estructura metálica necesaria consta en esencia de:

- Tres (3) soportes para transformador de tensión inductivos 45kV
- 3 x un (1) soporte para seccionador tripolar 45 kV
- 3 x Tres (3) soportes para transformadores de intensidad 45 kV
- 3 x Un (1) soporte para interruptor tripolar 45 kV incluida plataforma
- 3 x Tres (3) soportes para aisladores de apoyo y/o autoválvulas de 45 kV
- Un (1) soporte salida MT del transformador de potencia
- 3 x Un (1) soportes para aisladores de barras
- Un (1) soporte para la reactancia de puesta a tierra.
- Dos (2) soportes para alumbrado

14.2. Parque de 45 kV

14.2.1. Descripción

El parque de 45 kV será intemperie de simple barra y estará formado por:

- Una (1) posición de transformador compuesta por:
  - Un (1) Seccionador tripolar dos columnas giratorias con apertura central.
  - Tres (3) Transformadores de Intensidad + red.
  - Tres (3) Transformadores de Tensión inductivos
  - Un (1) Interruptor tripolar de corte en SF6
  - Tres (3) Autoválvulas

- Una posición de entrada
  - Un (1) Seccionador tripolar dos columnas giratorias con apertura central.
  - Tres (3) Transformadores de Intensidad + red.
  - Un (1) Interruptor tripolar de corte en SF6
  - Tres (3) Autoválvulas

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Una posición de salida
  - Un (1) Seccionador tripolar dos columnas giratorias con apertura central.
  - Tres (3) Transformadores de Intensidad
  - Un (1) Interruptor tripolar de corte en SF6
  - Tres (3) Autoválvulas

Como criterio general, el tendido de cables por el parque de la subestación se realizará siguiendo las siguientes indicaciones:

- Los circuitos de los transformadores irán en zanjas separadas de los de las líneas. Igual ocurrirá si existen circuitos de acoplamiento entre edificios o Containers.
- Existirá un único circuito de Transformador por zanja o canal.
- Siguiendo el mismo criterio de separación de circuitos por zanjas, los circuitos de cables de potencia irán en zanjas independientes de los circuitos de control. En el caso de que no se pudiera cumplir esta condición, podrán discurrir por la misma zanja siempre que esos últimos estén debidamente protegidos mediante tabiques de separación o en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.
- Los cables se instalarán siempre en configuración de triángulo dentro de tubulares, embebidos en prisma de hormigón, permitiéndose la colocación de 1 circuito por zanja o como máximo dos circuitos por zanja de acuerdo con las zanjas tipo, recogidas en el documento KRZ001, "Especificaciones Técnicas Particulares para Líneas Subterráneos de Alta Tensión".

En el siguiente cuadro se indican los cables normalizados para la conexión entre el transformador de potencia y su celda AT, según la norma de referencia SDE001. Las características de los conductores toman como referencia la norma de EDE KNE001.

Tensión (kV)	*Potencia (MVA)*	*Cable*	*Ø Tubo*
45 kV	16 / 25	1x3x400 mm² Al	160 mm
	40	2x3x400 mm² Al	
	63/80	2x3x630 mm² Cu	
	100	3x3x630 mm² Cu	
50 kV/ 66 kV	16 / 25 / 40 / 63	1x3x630 mm² Al	160 mm
	80	2x3x630 mm² Al	
	125	2x3x1000 mm² Al	
110 kV/132 kV	16 / 25 /40 /63	1x3x630mm² Al	200 mm
	160	2x3x630 mm² Al	
	200	2x3x1200 mm² Al	

Tabla 36 Cables y Tubos AT

En nuestro caso a tener una tensión de 45 kV y una potencia nominal de 6,3 MVA se usará unas ternas de cable unipolar de 630 mm2 Al bajo tubo de 160 mm de diámetro.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

14.2.2. Características de los componentes.

Los valores normalizados para los niveles de tensión utilizados en EDE son:

Tensión Nominal U_n (kV)	Niveles aislamiento $U_m/U_f/U_l$ (kV)	I_{ter} kA (1 seg) *	Valor cresta I_{cc} (kA)
220	245/460/1050	40/50/63	100/125/158
132	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
110	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
66	72,5/140/325	25/31,5	63/80
50	72,5/140/325	25/31,5	63/80
45	52/95/250	25/31,5	63/80
30	36/70/170	25/31,5	63/80
25	36/70/170	25/31,5	63/80
20	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
15	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
13,2	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
11	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
10	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80

Tabla 37 Niveles aislamiento e intensidad de cortocircuito

(*) La elección de la Iter vendrá determinada por la potencia de cortocircuito en el punto de conexión de la instalación. Este valor será facilitado por EDE.

(**) Se utilizará Iter=16kA en aquellas instalaciones en las que la aparamenta de media tensión instalada esté limitada a esta intensidad (Apartado 7.3.5. SISTEMAS DE MEDIA TENSIÓN. Container). En este caso se contemplará, además, un tiempo de defecto de 0.5 segundos.

Un: Tensión nominal

Um: Tensión más elevada para el material

Uf: Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef)

Ul: Tensión soportada con onda de choque tipo rayo (kV cresta)

Iter: Intensidad térmica de cortocircuito

Icc: Intensidad de cortocircuito

De la anterior tabla obtenemos las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Esquema	Simple barra	
Tensión nominal de la red	45	kV
Tensión más elevada para el material	52	kV
Tensión soportada de corta duración a f.i. (valor eficaz)	95	kV
Tensión soportada con impulsos tipo rayo (valor de cresta)	250	kV
Frecuencia	50	Hz
Corriente en servicio continúo salida de línea, transformador y acoplamiento	2.000	A
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	50	kA
Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración	80	kA
Línea de fuga mínima	1.920	mm

Tabla 38 Características asignadas comunes

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

14.2.3. Características del interruptor

Los interruptores automáticos que se instalen en nuevas subestaciones estarán constituidos por:

- Tres polos, con una cámara propia de extinción por polo, cuyo fluido de extinción será preferentemente SF6. En su defecto también podrá ser utilizado, en acuerdo con EDE, el vacío u otros gases no incluidos en el Anexo I de gases regulados del Reglamento UE 517/2014 sobre gases fluorados de efecto invernadero o normativa que lo sustituya.
- Un mecanismo de accionamiento electromecánico tripolar alimentado en corriente continua.
- Dispositivos y circuitos auxiliares de señalización, eléctricos y mecánicos.
- Un bastidor común para los tres polos y mecanismo de accionamiento.

La apertura y cierre del interruptor se efectuará por la acción de resortes tensados cuya tensión de alimentación será siempre en corriente continua de 125V +10% -15%.

El interruptor estará dotado de dos bobinas independientes para la apertura, suficientes cada una de ellas para producir la actuación de los mecanismos de accionamiento. Para el cierre contará con una única bobina.

Se instalará una caja de control donde estarán alojados los equipos auxiliares y de control, así como el accionamiento. Será posible la maniobra de forma manual, local o remota. El circuito de mando dispondrá de un sistema antibombeo.

Las características asignadas a los interruptores tomarán como referencia las indicadas en la norma EDE GSH001. En el caso de interruptores de 45kV será de referencia la norma EDE SNE039.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión más elevada para el material	52	kV
Tipo de fluido para aislamiento y corte	SF6	
Corriente en servicio continúo salida de línea, transformador y acoplamiento	2.000	A
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	50	kA
Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración (limite dinámico)	80	kA
Secuencia de maniobra	O-0,3s-CO-1min-CO	msec
Tiempo de apertura	< 50	msec
Tiempo de cierre	< 150	msec
Tiempo de cierre-apertura	< 150	msec
Tensión auxiliar alimentación motor	125 +10% -15%	Vcc
Tensión auxiliar bobinas de apertura	125 +10% -30%	Vcc
Tensión auxiliar bobinas de cierre	125 +10% -15%	Vcc

Tabla 39 Características asignadas del interruptor automático

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

14.2.4. Características de los seccionadores

Las características funcionales y constructivas de los seccionadores serán las siguientes:

- Los seccionadores serán de tres polos de dos columnas giratorias cada uno, con apertura central.
- En ampliaciones de subestaciones existentes los seccionadores podrán ser de dos o tres columnas por polo.
- En 132-110 kV la maniobra será preferentemente manual, pudiendo ser también eléctrica tripolar simultánea. El accionamiento de las cuchillas de puesta a tierra será siempre manual.
- En el resto de niveles de tensión todos los seccionadores, incluyendo los de puesta a tierra, serán de accionamiento manual.
- Los seccionadores que tengan cuchillas de puesta a tierra, dispondrán de un dispositivo de enclavamiento mecánico entre éstas y las cuchillas principales.

En caso de haber cuchillas de puesta a tierra, éstas deberán soportar los efectos de la intensidad térmica y dinámica de cortocircuito y no existirá posibilidad alguna de que estas cuchillas puedan abrirse o cerrarse intempestivamente, aunque las cuchillas principales estén abiertas.

Tanto la maniobra de las cuchillas principales como de las cuchillas de puesta a tierra se realizará de forma simultánea en los tres polos del seccionador.

Las características asignadas a los seccionadores tomarán como referencia lo indicado en la norma EDE GSH003. En el caso del parque de 45kV será de referencia la norma EDE SNE034.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión más elevada para el material	52	kV
Corriente asignada	1.250	A
Tensión soportada frecuencia industrial	140	kV
Tensión soportada rayo Accionamiento	325	kV
Cuchillas principales	Manual	

Tabla 40 Características asignadas de los seccionadores

14.2.5. Características de los pararrayos

Con objeto de limitar las sobretensiones y los efectos producidos por éstas, se situarán en la entrada de las líneas AT, junto a las bornas AT y MT de los transformadores y en los neutros AT (excepto si éstos están conectados rígidamente a tierra o en aquellos casos en los que, siendo el neutro aislado, el aislamiento del transformador es pleno).

Los pararrayos estarán constituidos por:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Resistencia no lineal, de óxido de cinc, conectada en serie sin explosores.
- Un contador de descargas.

Los pararrayos estarán constituidos como máximo por un elemento, excepto en 220kV que podrá ser como máximo de dos elementos.

Las características asignadas de los pararrayos tomarán como referencia lo indicado en la norma EDE GSH005. En el caso del parque de 45kV será de referencia la norma EDE SNE020.

14.3. Parque de 30 kV

14.3.1. Descripción

El parque de 30 kV será interior de simple barra y constará de un número determinado de celdas dispuestas de forma contigua una al lado de la otra formando una sola fila. En cualquier caso, deberá permitir una ampliación futura por uno de los extremos.

El alcance de las celdas a instalar será el siguiente:

- Una (1) celda de transformador
- Una (1) celda de línea
- Una (1) celda de servicios auxiliares
- Una (1) celda de medida
- Una (1) celda de condensadores

La composición de los diferentes tipos de celdas que constituyen el conjunto de la instalación blindada de simple barra con aislamiento de hexafluoruro de azufre (SF6) es la siguiente:

Celda de transformador.

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones para seccionamiento de barras y para puesta a tierra.
- 1 Interruptor tripolar automático.
- 3 Conectores enchufables para la conexión de cable subterráneo de hasta 2x 400 mm2 por fase
- 3 Transformadores de intensidad.
- 3 Detectores de control de presencia de tensión.
- 1 Compartimento para elementos de control.
- 3 Transformadores de tensión

Celdas de línea.

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones para seccionamiento de barras y para puesta a tierra.
- 1 Interruptor tripolar automático.
- 3 Conectores enchufables para la conexión de cable subterráneo de hasta 1x240 mm2 por fase.
- 2 Transformadores de intensidad
- 3 Detectores de control de presencia de tensión.
- 1 Compartimento para elementos de control.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Celda de servicios auxiliares.

- 1 Interruptor-Seccionador tripolar de funcionamiento asociado con fusibles.
- 3 Fusibles
- 3 Conectores enchufables para la conexión de cable subterráneo de hasta 1x95 mm2 por fase.
- 3 Detectores de control de presencia de tensión.
- 1 Relé multifunción

Celda de condensadores.

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones para seccionamiento de barras y para puesta a tierra.
- 1 Interruptor tripolar automático.
- 3 Conectores enchufables para la conexión de cable subterráneo de hasta 1x240 mm2 por fase.
- 2 Transformadores de intensidad
- 3 Detectores de control de presencia de tensión.
- 1 Compartimento para elementos de control.

14.3.2. Características de los componentes

Características asignadas comunes:

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal de la red	30	kV
Tensión más elevada para el material	36	kV
Tensión soportada de corta duración a f.i.(valor eficaz)	70	kV
Tensión soportada con impulsos tipo rayo (valor de cresta)	170	kV
Frecuencia	50	Hz
Corriente en servicio continúo salida de línea	630	A
Corriente en servicio continuo transformador	1250	A
Corriente en servicio continuo barras	1250	A
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	31,5	kA
Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración	80	kA

Tabla 41 Características asignadas comunes

Características asignadas de los componentes:

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión más elevada para el material	36	kV
Tipo de fluido para aislamiento y corte	SF6	
Corriente asignada en servicio continuo transformadores	1.250	A
Corriente asignada en servicio continuo líneas	630	
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	31,5	kA
Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración (limite dinámico)	80	kA
Secuencia de maniobra	O-0,3s-CO-15 seg-CO	msec
Tiempo de apertura	< 65	msec
Tiempo de cierre	< 150	msec

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tiempo de cierre-apertura	< 65	msec

Tabla 42 Características asignadas de los interruptores

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión más elevada para el material	36	kV
Relación de transformación Potencias y clases de precisión	SF30:√3/0,11:√3-0,11:√3	kV
1º Arrollamiento	25 VA cl.0,2	
2º Arrollamiento	25 VA cl 0,5-3P	
Factor de tensión	1,2 continuo – 1,5 30 seg	

Tabla 43 Características asignadas de los transformadores de tensión

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión más elevada para el material	36	kV
Tipo	Toroidal	
Relación de transformación celda transformador Potencias y clases de precisión	200-400-800/5-5-5A	A
1º Arrollamiento	10 VA cl.0,2S	
2º Arrollamiento	10 VA cl.5P20	
3º Arrollamiento	10 VA cl.5P20	
Relación de transformación celda línea	300-600/5-5A	A
1º Arrollamiento	10 VA cl.0,2S	
2º Arrollamiento	20 VA cl.5P20	

Tabla 44 Características asignadas de los transformadores de intensidad

14.3.3. Conductores

Las conexiones de MT entre los distintos equipos de las subestaciones se realizarán como se resume a continuación y siguiendo las normas de referencia: SND013, SND015, DND001 y NFI006 “Criterios funcionales y de diseño para el tendido de cables subterráneos de media tensión en subestaciones”.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

CABLES SUBTERRÁNEOS				
CONEXIÓN	**SECCIÓN (mm^2)**	**Nº TERNAS**	**INSTALACIÓN**	**INTENSIDAD (A)**
M.T. TRAFO 40MVA	630 Cu	2	ENTERRADA	2x850
B.T. TRAFO 60MVA	500 Cu 630 Cu	3 2	ENTERRADA	3x760 2x850
TRAFO-RESISTENCIA/REACTANCIA	240 Al	1	ENTERRADA	-
U. BARRAS TRANSVERSAL	630 Cu	2 3	AIRE	2x975 3x975
CABINAS SALIDA RED	240 Al (400 Al)*	1	ENTERRADA	345 445
TRAFO SERVICIOS AUXILIARES	95 Al	1	ENTERRADA	205
BATERÍA DE CONDENSADORES	240 Al	1	ENTERRADA	345

(*): Uso excepcional, grandes clientes,...

Tabla 45 Conexión cables subterráneos

El tendido por el parque será en zanja, con protección de arena u hormigón, según la norma de referencia NFI006.

La conexión del transformador de potencia en MT kV con su correspondiente cabina se realizará con conductor aislado de las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal de la red	30	kV
Tensión asignada del cable (Uo/U)	18/30	kV
Sección	630	mm2
Naturaleza del conductor	Aluminio	
Nº de conductores por fase	1	
Sección mínima de la pantalla	16	mm2

Tabla 46 Características conductor conexión con transformador de potencia

El cable elegido para la conexión del transformador de Servicios Auxiliares es:

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal de la red	30	kV
Tensión asignada del cable (Uo/U)	18/30	kV
Sección	95	mm2
Naturaleza del conductor	Aluminio	
Nº de conductores por fase	1	
Sección mínima de la pantalla	16	mm2

Tabla 47 Características conductor conexión con transformador de SSAA

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Mientras que para las líneas MT

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal de la red	30	kV
Tensión asignada del cable (Uo/U)	18/30	kV
Sección	95	mm2
Naturaleza del conductor	Aluminio	
Nº de conductores por fase	1	

Tabla 48 Características línea MT

Y para las líneas de los condensadores

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Tensión nominal de la red	30	kV
Tensión asignada del cable (Uo/U)	18/30	kV
Sección	240	mm2
Naturaleza del conductor	Aluminio	
Nº de conductores por fase	1	

14.4. Transformación

Para la elección de los transformadores se tomarán como referencia los criterios definidos en la norma EDE GST002.

Como referencia para el diseño de los nuevos transformadores AT/MT a instalar se tomarán las siguientes potencias estandarizadas: 6.3 MVA, 16MVA, 25MVA, 40MVA ó 63MVA.

Además, el valor de la impedancia de cada transformador seleccionado se elegirá de entre los normalizados de manera que cumpla que el máximo valor de cortocircuito en el lado de MT sea 16 kA.

Se instalarán siempre muros cortafuegos para reducir el riesgo de incendio, salvo en aquellos casos en los que la distancia entre transformadores AT/MT, definida en la IE6C 61936-1, así lo permita.

En la salida de MT se instalarán pararrayos para proteger dichos devanados. Estos pararrayos podrán estar instalados en un bastidor (bornas al aire del transformador) o directamente sobre el transformador (pararrayos Pfisterer).

El transformador de intensidad (TI) de la puesta a tierra AT del neutro se instalará sólo en aquellos casos en que así lo requiera la correspondiente protección de neutro.

14.4.1. Descripción

Se instalará un transformador 45/30 kV de 6.3 MVA. El neutro de MT kV se conectará a tierra a través de una reactancia.

14.4.2. Características de los componentes

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
AT	45.000	V
MT (Triangulo)	30.000	V

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Potencia nominal	6.3	MVA
Grupo de conexión AT/BT	YNd11	
Regulación en el primario (En carga)	+10x1%	
Clase de refrigeración	ONAN-ONAF	

Tabla 49 Características asignadas transformador de potencia 45/30 kV

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Instalación	Exterior	
Tensión nominal de la red	30	kV
Tensión asignada de la reactancia	36	kV
Intensidad homopolar(10s)	500	A
Conexión arrollamientos	Zig-Zag	
Refrigeración	ONAN	

Tabla 50 Características asignadas reactancia de puesta tierra

14.5. Distancias de aislamiento nominales para materiales

14.5.1. Distancias en el aire fase-fase y fase-tierra

Las distancias en el aire fase a fase y fase a tierra son determinadas de acuerdo al nivel de aislamiento al impulso tipo rayo seleccionado en el punto anterior. En las siguientes tablas se muestran las distancias mínimas en el aire de acuerdo al nivel de aislamiento al impulso tipo rayo para los equipos de grupo A y B extraídas de la ITC-RAT 12.

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
				Lista 1		Lista 2	
		Lista 1	Lista 2	instalación en interior	instalación en exterior	instalación en interior	instalación en exterior
3,6	10	20		60	120		
			40			60	120
7,2	20	40		60	120		
			60			90	120
12	28	60		90	150		
			75			120	150
17,5	38	75		120	160		
			95			160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

Tabla 51 Distancia mínima de asilamiento en aire fase a tierra y entre fases

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185	450	900
	230	550	1100
145	185	450	900
	230	550	1100
	275	650	1300
170	230	550	1100
	275	650	1300
	325	750	1500
245	325	750	1500
	360	850	1700
	395	950	1900
	460	1050	2100

Tabla 52 Distancia mínima de asilamiento en aire fase a tierra y entre fases

14.5.2. Distancias en pasillos y zonas de protección en instalaciones de interior

De acuerdo con el punto 6.1.1. de la ITC-RAT 14, sobre instalaciones de interior, la anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos.

Esta anchura no será inferior a la que a continuación se indica según los casos:

a) Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado 1,0 m.

b) Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados 1,2 m.

c) Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado 0,8 m.

d) Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados 1,0 m.

En cualquier otro caso, la anchura de los pasillos de maniobra no será inferior a 1,0 m, y la de los pasillos de inspección a 0,8 m.

Estos valores deben ser aplicados en las instalaciones de la caseta de control y equipamiento de celdas de media tensión de la subestación.

De acuerdo con el punto 6.1.2 de la ITC-RAT-14, los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima «h» sobre el suelo medida en centímetros, igual a 250 + d. El valor de la distancia “d” es la distancia mínima de aislamiento fase-tierra para instalaciones de interior, expresada en cm, según la tabla siguiente:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tensión nominal de la instalación kV (U_r)	≤ 20	30	45	66	110	132	220	400
«d» en centímetros	22	32	48	63	110	130	210	340

Tabla 53 Distancia a pasillos y zonas de protección en instalaciones interiores

14.5.3. Distancias en pasillos y zonas de protección en instalaciones de exterior

Para la anchura de los pasillos de servicio es válido lo dicho en el apartado 6.1.1 de la ITC-RAT 14, indicados en el punto anterior de este documento.

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "H" sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H= 250+d=250+48=298$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de la tabla 2 de la ITC-RAT-12, dada en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación.

En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos, no inferior a:

$$T = d+10=48+10=58 \text{ cm}$$

En las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 298 cm.

14.5.4. Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, que a continuación se indica:

De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura k ≥ 220 cm.

$$G = d + 150=198 \text{ cm}$$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.

Si la altura sobre el suelo a la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores, es inferior a 230 cm, no podrán establecerse pasillos de servicio, a no ser que se disponga de una protección situada entre los aparatos y el cierre exterior de la instalación, de modo que se cumpla simultáneamente lo indicado en el apartado 4.2 sobre zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

14.6. Protecciones

Las posiciones que se van a especificar en este documento son:

Posiciones AT:

- Circuitos
- Barras

Transformadores:

- Transformadores AT/MT

Posiciones MT:

- Circuitos
- Medida
- Acoplamiento
- Servicios Auxiliares
- Batería de condensadores

En general, los relés multifunción de las posiciones de AT se alojarán en los armarios de protecciones. En el caso de la MT, el relé multifunción estará incorporado en la propia celda, salvo casos particulares, e incorporará además de las funciones protectivas correspondientes, funciones de control de la posición.

14.6.1. Circuitos AT

Las funciones protectivas se agruparán en dos niveles y se usarán, a ser posible, mediante dos únicos relés multifunción. Estos relés multifunción deberán ser de diferente marca y modelo. En el caso de una línea-cable se deberá aplicar:

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87L	Diferencial longitudinal, fases segregadas
21	Distancia
25	Sincronismo
79	Reenganchador
49	Imagen Térmica
51	Máxima intensidad no direccional de fases
67N	Máxima intensidad direccional de tierras
51N	Máxima intensidad no direccional de tierras
3	Vigilancia de bobinas
	Localizador de defectos
	Oscilografía

Tabla 54 Funciones protectivas primarias circuitos AT

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
21	Distancia
51	Máxima intensidad no direccional de fases
67N	Máxima intensidad direccional de tierras
51N	Máxima intensidad no direccional de tierras
25	Sincronismo
79	Reenganchador
49	Imagen Térmica
3	Vigilancia de bobinas
	Localizador de defectos
	Discordancia de polos
	Oscilografía

Tabla 55 Funciones protectivas secundarias circuitos AT

Las funciones 51 y 51N serán protecciones exclusivamente de apoyo ante faltas entre fases (51) y entre fase y tierra (51N), según características I/t. Solo podrán ser utilizadas en posiciones de distribución cuya explotación sea de tipo radial, no interconectadas con generación o conectadas con generación débil.

Para aquellas líneas cuya longitud sea inferior a 10 Km, deberá estar siempre habilitada, tanto como función principal como secundaria, la función diferencial longitudinal (87L) utilizando para ello, si fuese necesario, un equipo multifunción 1 como equipo multifunción 2. Con motivo de prestar apoyo remoto, se deberá activar en ambos equipos la función distancia (21) y, utilizando las vías de comunicación existentes, se dotará a esta función de comunicación.

Para líneas de mayor distancia, se podrá optar por los siguientes esquemas protectivos siguiendo ese orden de preferencia:

Opción A:

- Funciones protectivas principales: función 87L y, como apoyo remoto, la función 21 con comunicación.
- Funciones protectivas secundarias: función 87L (utilizando RMF1 como RMF2 en caso de ser necesario) y, como apoyo remoto, la función 21 con comunicación.

Opción B:

- Funciones protectivas principales: función 87L y, como apoyo remoto, la función 21 con comunicación. En caso de no ser posible la activación de la 87L, se quedará como reserva activándose como principal la función 21 con comunicación.
- Función protectiva secundaria: función 21 con comunicación.

Sin perjuicio de lo anterior, como función protectiva de apoyo y siempre y cuando exista interruptor de acoplamiento, podrá activarse la función 21 Tacón con direccionalidad a espaldas, es decir hacia la subestación local, cuya orden de disparo se hará exclusivamente sobre dicho interruptor de acoplamiento.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Los relés multifunción con función 87L se interconectarán mediante fibra óptica directa punto a punto. Adicionalmente, sobre el mismo soporte, dichos relés podrían transmitir/recibir órdenes de teledisparo por actuación funciones 50S-62 y/o 87B.

14.6.2. Barras AT y Acoplamiento transversal AT

Se tendrán dos grupos de funciones protectivas y se usarán, a ser posible, dos únicos relés multifunción.

FUNCIONES DE PROTECCIÓN DE BARRAS	
87B	Diferencial de barras
50s-62	Fallo de Interruptor
	Oscilografía

Tabla 56 Funciones protección de barras

FUNCIONES DE PROTECCIÓN DE INTERRUPTOR	
3	Vigilancia de bobinas
25	Sincronismo
	Oscilografía

Tabla 57 Funciones protección de interruptor

El relé multifunción de protección de barras podrá ser de tecnología concentrada (máximo 6+1 posiciones) o distribuida.

Para la captación y telemedida de las tensiones procedentes de los transformadores de tensión de barras, se utilizan UCPs de medida.

Estas protecciones se instalarán en todas las nuevas subestaciones, si bien se podrá analizar la no instalación en aquellas de Esquema Simplificado. En los parques que se requiera, se aplicará la función 21 (acoplamiento), realizada por la función 21 “Reverse” de alguno de los relés multifunción de circuitos AT. En cada instalación se indicarán los circuitos implicados.

14.6.3. Baterías de condensadores AT

Las funciones protectivas se agruparán en dos niveles y se usarán, a ser posible, mediante dos únicos relés multifunción. Estos relés multifunción deberán ser de diferente marca y modelo.

En el caso de las baterías de condensadores se deberá aplicar:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
51	Máxima intensidad no direccional de fases
51, TD	Máxima intensidad no direccional de fases, tiempo definido
50	Máxima intensidad no direccional de fases, instantánea
51N	Máxima intensidad no direccional de neutro
51N TD	Máxima intensidad no direccional de neutro, tiempo definido
50N	Máxima intensidad no direccional de neutro, instantánea
51TD	Desequilibrio neutro entre estrellas BBCCEE, detección 3I0/Tierra resistente
27	Subtensión compuesta a tiempo definido
59	Sobretensión compuesta a tiempo definido
59N	Sobretensión homopolar a tiempo definido
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

Tabla 58 Funciones protectivas primarias baterías de condensadores

FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
51	Máxima intensidad no direccional de fases
51, TD	Máxima intensidad no direccional de fases, tiempo definido
50	Máxima intensidad no direccional de fases, instantánea
51N	Máxima intensidad no direccional de neutro
51N TD	Máxima intensidad no direccional de neutro, tiempo definido
50N	Máxima intensidad no direccional de neutro, instantánea
51TD	Desequilibrio neutro entre estrellas BBCCEE, detección 3I0/Tierra resistente
27	Subtensión compuesta a tiempo definido
59	Sobretensión compuesta a tiempo definido
59N	Sobretensión homopolar a tiempo definido
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

Tabla 59 Funciones protectivas secundarias baterías de condensadores

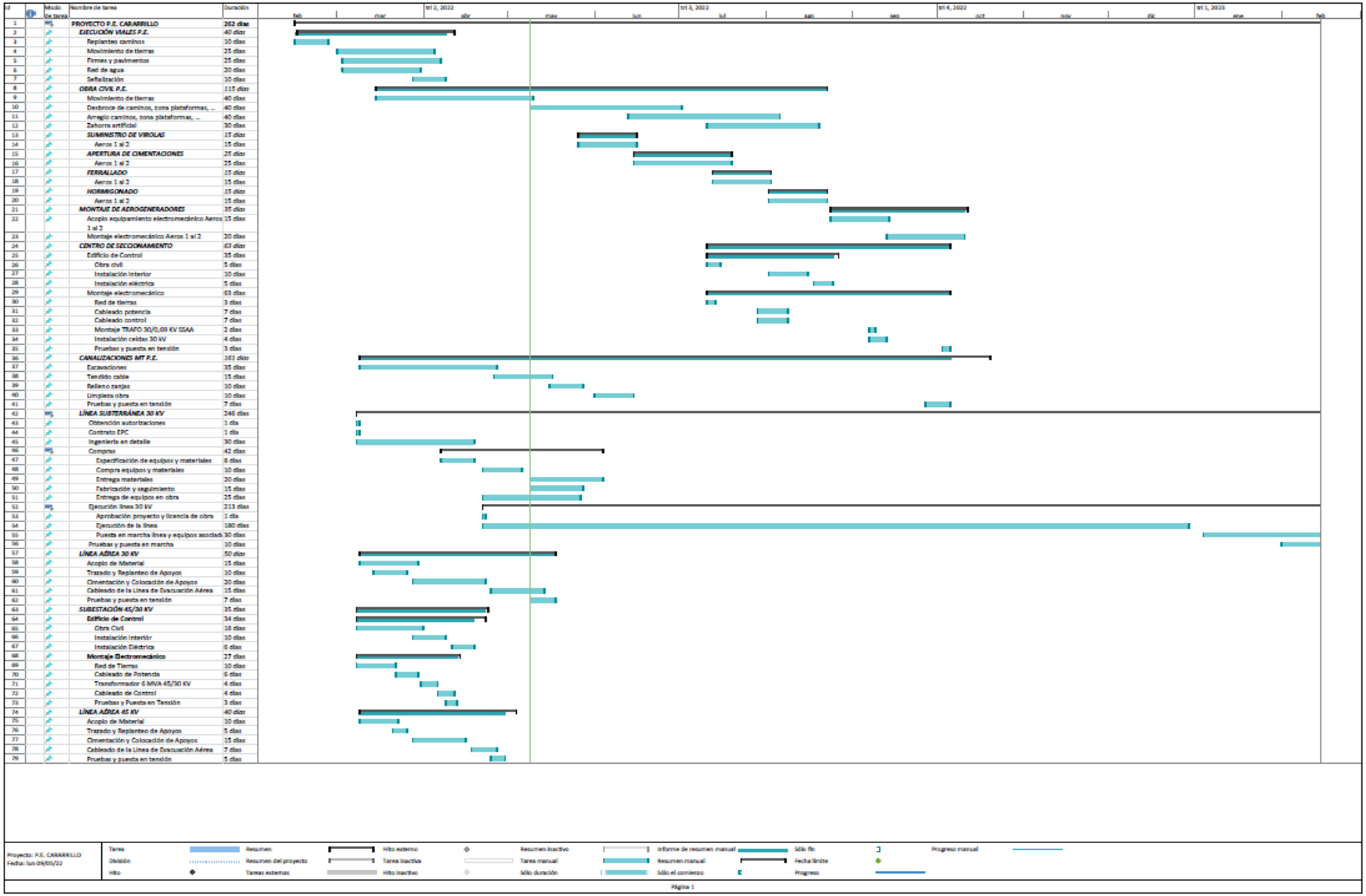
En las baterías de condensadores, existirá el denominado Bloqueo de conexión interruptores (86BC). Éste se energizará cuando alguna de las protecciones críticas de máxima intensidad y desequilibrio haya actuado.

Cada elemento condensador tendrá un sistema de descarga que reduzca la tensión entre bornes a un valor inferior o igual a 75 V desde su desconexión al cabo de 10 minutos para baterías de condensadores de tensión asignada superior a 1 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

15. CRONOGRAMA

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

CAPÍTULO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. RESUMEN PRESUPUESTO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

	P.E. CARARRILLO				€
1	**Parque Eólico**	**Unidad**	**Mediciones**	**€**	**2.205.197,92 €**
1.1	Maquinaria y equipos				1.900.000,00 €
1.1.1	Aerogenerador 3 MW	Unidades	2,00	950.000,00	1.900.000,00 €
1.2	Obra civil				272.802,20 €
1.2.1	Montaje de aerogenerador	Unidades	2,00	47.500,00	95.000,00 €
1.2.2	Plataformas (50mx50m):	Unidades	2,00	46.000,00	92.000,00 €
	- Desmonte y terraplenado de terrenos				
	- Uso de zahorras				
1.2.3	Cimentaciones de Aerogenerador:	Unidades	2,00	10.000,00	20.000,00 €
	- Diámetros de 16,4 m				
1.2.4	Viales	m2	7.344,80	4,00	29.379,20 €
	- Desmonte y terraplenado de terrenos				
	- Uso de zahorras				
1.2.5	Zanjas 0,60 x 1,00 m	m	729,16	50,00	36.423,00 €
	- Movimiento de Tierra				
	- Arquetas registables				
1.3	Instalación eléctrica				32.395,72 €
1.3.1	Sistema colector	m	729,16	15,00	10.937,40 €
	- Conductor terna RH5Z1 95 mm2 Al				
1.3.2	Sistema de comunicación	m	729,16	2,00	1.458,32 €
	- Fibra óptica				
1.3.3	Sistema de tierras	unidades	1,00	20.000,00	20.000,00 €
2	**Línea de Evacuación**	**Unidad**	**Mediciones**	**€**	**2.172.521,94 €**
2.1	Conductores y zanjas				2.172.521,94 €
2.1.1	Línea aérea 30 kV	m	0,30	67.327,00	20.179,92 €
	- Conductor LA-56	m	0,30		
	- Cimentación apoyo	unidades	4,00		
	- Movimiento de tierras apoyo	unidades	4,00		
	- Herrajes	unidades	12,00		
	- Cadena de aisladores	unidades	12,00		
	- Autoválvulas - Pararrayos	unidades	3,00		
2.1.2	Linea subterránea 30 kV	km	14,81	144.914,00	2.145.741,60 €
	-RH5Z1 (S) 18/30 kV 1x95 mm2 Al	km	14,81		
	Zanja 0,6 x 1,00 m	km	14,81		
	- Movimiento de tierras	km	14,81		
2.1.3	Línea aérea doble circuito 45 kV	m	0,0506	130.443,00	6.600,42 €
	- Conductor LA-180	m	0,0506		
	- Cimentación apoyo	unidades	2,00		
	- Movimiento de tierras apoyo	unidades	4,00		
	- Herrajes	unidades	12,00		
	- Cadena de aisladores	unidades	12,00		
	- Autoválvulas - Pararrayos	unidades	6,00		
3	**CSE**	**Unidad**	**Mediciones**	**€**	**100.490,00 €**
3.1	Maquinaria y equipos				**83.520,00 €**
3.1.1	Celdas 30 kV	Unidades	1,00	65.520,00	65.520,00 €
3.1.2	Edificio	Unidades	1,00	18.000,00	18.000,00 €
3.2	Obra civil				16.970,00 €
1.3.2.1	Construccion y montaje de CSE	Unidades	1,00	16.970,00 €	16.970,00 €
4	**Subestación Elevadora**	**Unidad**	**Mediciones**	**€**	**482.616,00 €**
4.1	Maquinaria y equipos				**332.616,00 €**
4.1.1	Parque de 30 kV	Posiciones	1,00	71.342,00	71.342,00 €
4.1.2	Parque de 45 kV	Posiciones	2,00	71.342,00	142.684,00 €
4.1.3	Transformador 6 MVA	Unidades	1,00	118.590,00	118.590,00 €
4.2	Obra civil				150.000,00 €
4.2.1	Construccion y montaje de SET	Unidades	1,00	150.000,00 €	150.000,00 €

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	21.532 €

TOTAL PROYECTO DE EJECUCION MATERIAL (PEM)	**4.960.825,86 €**
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS	**4.156.041,94 €**
TOTAL OBRA CIVIL	**439.772,20 €**
TOTAL INSTALACION ELECTRICA	**32.395,72 €**

TOTAL	**4.982.357,86 €**

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 3. ANEXOS

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ANEXO I RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS (RBDA)

A continuación, se presenta la relación actualizada de todos los datos de las parcelas afectadas por el parque eólico y su sistema de evacuación.

DATOS PARCELA					
Nº	PROVINCIA	TERMINO MUNICIPAL	POLÍGONO	PARCELA	REF. CATASTRAL
1	Teruel	Rillo	2	155	44207A00200155
2	Teruel	Rillo	2	165	44207A00200165
3	Teruel	Rillo	3	190	44207A00300190
4	Teruel	Rillo	2	112	44207A00200112
5	Teruel	Rillo	3	88	44207A00300088
6	Teruel	Rillo	2	9001	44207A00209001

Tabla 60 RBDA

A continuación, se presenta la relación actualizada de todos los datos de las parcelas afectadas por su sistema de evacuación.

DATOS PARCELA					
N.º	PROVINCIA	TERMINO MUNICIPAL	POLÍGONO	PARCELA	REF. CATASTRAL
1	Teruel	Rillo	2	155	44207A00200155
2	Teruel	Rillo	3	190	44207A00300190
3	Teruel	Rillo	2	9001	44207A00209001
4	Teruel	Pancrudo	301	6	44186A30100006
5	Teruel	Pancrudo	301	7	44186A30100007
6	Teruel	Pancrudo	301	8	44186A30100008
7	Teruel	Pancrudo	301	9	44186A30100009
8	Teruel	Pancrudo	301	10	44186A30100010
9	Teruel	Pancrudo	301	11	44186A30100011
10	Teruel	Pancrudo	301	21	44186A30100021
11	Teruel	Pancrudo	301	23	44186A30100023
12	Teruel	Pancrudo	301	27	44186A30100027
13	Teruel	Pancrudo	301	28	44186A30100028
14	Teruel	Pancrudo	301	29	44186A30100029
15	Teruel	Pancrudo	301	33	44186A30100033
16	Teruel	Pancrudo	301	38	44186A30100038
17	Teruel	Pancrudo	301	39	44186A30100039
18	Teruel	Pancrudo	301	50	44186A30100050
19	Teruel	Pancrudo	301	52	44186A30100052
20	Teruel	Pancrudo	301	53	44186A30100053
21	Teruel	Pancrudo	301	57	44186A30100057
22	Teruel	Pancrudo	301	58	44186A30100058
23	Teruel	Pancrudo	301	59	44186A30100059
24	Teruel	Pancrudo	301	60	44186A30100060
25	Teruel	Pancrudo	301	61	44186A30100061
26	Teruel	Pancrudo	301	62	44186A30100062
27	Teruel	Pancrudo	301	63	44186A30100063
28	Teruel	Pancrudo	301	64	44186A30100064

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

29	Teruel	Pancrudo	301	66	44186A30100066
30	Teruel	Pancrudo	301	67	44186A30100067
31	Teruel	Pancrudo	301	142	44186A30100142
32	Teruel	Pancrudo	301	143	44186A30100143
33	Teruel	Pancrudo	302	69	44186A30200069
34	Teruel	Pancrudo	302	70	44186A30200070
35	Teruel	Pancrudo	302	71	44186A30200071
36	Teruel	Pancrudo	302	74	44186A30200074
37	Teruel	Pancrudo	302	84	44186A30200084
38	Teruel	Pancrudo	302	209	44186A30200209
39	Teruel	Pancrudo	302	230	44186A30200230
40	Teruel	Pancrudo	302	231	44186A30200231
41	Teruel	Pancrudo	302	232	44186A30200232
42	Teruel	Pancrudo	302	234	44186A30200234
43	Teruel	Pancrudo	302	235	44186A30200235
44	Teruel	Pancrudo	302	237	44186A30200237
45	Teruel	Pancrudo	302	238	44186A30200238
46	Teruel	Pancrudo	302	239	44186A30200239
47	Teruel	Pancrudo	302	240	44186A30200240
48	Teruel	Pancrudo	306	2	44186A30600002
49	Teruel	Pancrudo	306	41	44186A30600041
50	Teruel	Pancrudo	306	42	44186A30600042
51	Teruel	Pancrudo	306	46	44186A30600046
52	Teruel	Pancrudo	306	47	44186A30600047
53	Teruel	Pancrudo	306	49	44186A30600049
54	Teruel	Pancrudo	306	55	44186A30600055
55	Teruel	Pancrudo	306	59	44186A30600059
56	Teruel	Pancrudo	306	103	44186A30600103
57	Teruel	Pancrudo	306	107	44186A30600107
58	Teruel	Pancrudo	306	109	44186A30600109
59	Teruel	Pancrudo	306	113	44186A30600113
60	Teruel	Pancrudo	306	115	44186A30600115
61	Teruel	Pancrudo	306	116	44186A30600116
62	Teruel	Pancrudo	307	1	44186A30700001
63	Teruel	Pancrudo	307	79	44186A30700079
64	Teruel	Pancrudo	301	9003	44186A30109003
65	Teruel	Pancrudo	302	9001	44186A30209001
66	Teruel	Pancrudo	302	9003	44186A30209003
67	Teruel	Pancrudo	306	9007	44186A30609007
68	Teruel	Pancrudo	306	9008	44186A30609008
69	Teruel	Pancrudo	306	9015	44186A30609015
70	Teruel	Pancrudo	306	9016	44186A30609016
71	Teruel	Utrillas	1	85	44251A00100085
72	Teruel	Utrillas	1	236	44251A00100236
73	Teruel	Utrillas	1	245	44251A00100245
74	Teruel	Utrillas	1	253	44251A00100253
75	Teruel	Utrillas	1	679	44251A00100679
76	Teruel	Utrillas	105	1	44251A10500001

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

77	Teruel	Utrillas	105	5	44251A10500005
78	Teruel	Utrillas	105	24	44251A10500024
79	Teruel	Utrillas	105	25	44251A10500025
80	Teruel	Utrillas	105	48	44251A10500048
81	Teruel	Utrillas	105	49	44251A10500049
82	Teruel	Utrillas	105	52	44251A10500052
83	Teruel	Utrillas	105	53	44251A10500053
84	Teruel	Utrillas	105	88	44251A10500088
85	Teruel	Utrillas	105	90	44251A10500090
86	Teruel	Utrillas	105	92	44251A10500092
87	Teruel	Utrillas	105	93	44251A10500093
88	Teruel	Utrillas	105	98	44251A10500098
89	Teruel	Utrillas	105	99	44251A10500099
90	Teruel	Utrillas	105	105	44251A10500105
91	Teruel	Utrillas	105	111	44251A10500111
92	Teruel	Utrillas	105	119	44251A10500119
93	Teruel	Utrillas	105	141	44251A10500141
94	Teruel	Utrillas	105	146	44251A10500146
95	Teruel	Utrillas	107	84	44251A10700084
96	Teruel	Utrillas	107	85	44251A10700085
97	Teruel	Utrillas	107	86	44251A10700086
98	Teruel	Utrillas	107	89	44251A10700089
99	Teruel	Utrillas	107	90	44251A10700090
100	Teruel	Utrillas	107	103	44251A10700103
101	Teruel	Utrillas	107	112	44251A10700112
102	Teruel	Utrillas	107	113	44251A10700113
103	Teruel	Utrillas	107	130	44251A10700130
104	Teruel	Utrillas	109	44	44251A10900044
105	Teruel	Utrillas	109	45	44251A10900045
106	Teruel	Utrillas	109	46	44251A10900046
107	Teruel	Utrillas	109	47	44251A10900047
108	Teruel	Utrillas	109	48	44251A10900048
109	Teruel	Utrillas	109	49	44251A10900049
110	Teruel	Utrillas	109	50	44251A10900050
111	Teruel	Utrillas	109	134	44251A10900134
112	Teruel	Utrillas	109	161	44251A10900161
113	Teruel	Utrillas	109	165	44251A10900165
114	Teruel	Utrillas	109	166	44251A10900166
115	Teruel	Utrillas	109	180	44251A10900180
116	Teruel	Utrillas	109	188	44251A10900188
117	Teruel	Utrillas	109	190	44251A10900190
118	Teruel	Utrillas	109	191	44251A10900191
119	Teruel	Utrillas	109	192	44251A10900192
120	Teruel	Utrillas	110	17	44251A11000017
121	Teruel	Utrillas	110	73	44251A11000073
122	Teruel	Utrillas	110	74	44251A11000074
123	Teruel	Utrillas	110	95	44251A11000095
124	Teruel	Utrillas	110	96	44251A11000096

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

125	Teruel	Utrillas	110	146	44251A11000146
126	Teruel	Utrillas	110	147	44251A11000147
127	Teruel	Utrillas	1	9005	44251A00109005
128	Teruel	Utrillas	105	9001	44251A10509001
129	Teruel	Utrillas	105	9003	44251A10509003
130	Teruel	Utrillas	107	9002	44251A10709002
131	Teruel	Utrillas	107	9006	44251A10709006
132	Teruel	Utrillas	109	9001	44251A10909001
133	Teruel	Utrillas	109	9005	44251A10909005
134	Teruel	Utrillas	109	9006	44251A10909006
135	Teruel	Utrillas	1	84	44251A00100084
136	Teruel	Utrillas	1	85	44251A00100085
137	Teruel	Utrillas	1	86	44251A00100086
138	Teruel	Utrillas	109	4	44251A10900004
139	Teruel	Utrillas	109	49	44251A10900049
140	Teruel	Utrillas	109	50	44251A10900050
141	Teruel	Utrillas	109	51	44251A10900051
142	Teruel	Utrillas	109	54	44251A10900054
143	Teruel	Utrillas	107	9002	44251A10709002
144	Teruel	Utrillas	109	9005	44251A10909005

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

ANEXO II CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. CÁLCULOS ELECTRICOS PARQUE EÓLICO

Los aerogeneradores del Parque Eólico Cararrillo se enlazan en un solo circuito subterráneo de media tensión hasta el centro de seccionamiento eléctrico. Esta red subterránea será en régimen permanente, con corriente alterna trifásica, a 50 Hz de frecuencia y a la tensión nominal de 30 kV.

Dado que en el punto de conexión a la red la tensión deberá de ser de 45 kV (30 kV antes de elevar tensión) y en la evacuación de la energía de los aerogeneradores hasta el punto de conexión existe una caída de tensión debido a la resistencia y reactancia del conductor, la tensión de salida del aerogenerador deberá de ser superior para compensar esta caída de tensión. Puesto que el secundario del transformador permite una regulación de la tensión de un $\pm$ 7,5%, y la caída de tensión del sistema colector y de la línea de evacuación es de 1450,34 V calculados en apartados posteriores, la tensión de salida de los aerogeneradores será superior a la nominal y de valor aproximado de 31.450,34 V. Este valor se encuentra dentro de los límites tanto de la regulación del transformador, como de la tensión más elevada de la red, permitiendo así una compensación de la caída de tensión en el sistema colector y en la línea de evacuación, permitiendo tener una tensión de 45 kV en la subestación de conexión a red.

1.1. Cálculos de conductores (aislados B.T. y M.T)

1.1.1. Intensidades Nominales

Corrientes de los aerogeneradores

Para el cálculo de la intensidad del aerogenerador se ha realizado mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot Cos\ \varphi}$$

Donde:

- P = potencia evacuada generada por el Aerogenerador
- V = tensión del aerogenerador
- $Cos\ \varphi$= factor de potencia (se ha considerado un valor de 0,95)

Se tendrá las siguientes corrientes para el aerogenerador.

Potencia (kW)	Tensión BT (V)	Tensión MT (kV)	Corriente BT (A)	Corriente MT (A)
3.000	690	30	2.642,34	60,77

Intensidad de todos los Aerogeneradores (MT 30kV):

Sumando la corriente de cada aerogenerador se obtiene una intensidad del circuito de:

$$I_T = Nº\ Aero \cdot I_{MT} = 2 \cdot 60{,}77 = 121{,}54\ A$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

1.2. Sección de conductores

1.2.1. Criterios de cálculo

Para Media tensión, los cálculos de las secciones de los conductores se realizarán según los siguientes criterios:

- Intensidad permanente máxima admisible.
- Caída de tensión.
- Intensidad de cortocircuito máxima admisible.
- Pérdidas máximas por efecto de Joule (RI2):
  - En línea de M.T., interconexión Generador – "trafo" <1%.
  - En líneas colectoras de M.T. <1.6

1.2.2. Línea de interconexión Generador - "trafo" en B.T. (690 V)

El fabricante suministrará un cable que se ajuste a estas características.

Intensidad máxima admisible superior a los 2.642,34 A, calculados.

Caída de tensión cercana al 0,1%

Corriente de cortocircuito superior a 84,18 kA

1.2.3. Línea de interconexión Trafo – celdas de M.T. (30kV)

Como se ha indicado la tensión de alimentación es de 30 KV, y se pretende comprobar que la interconexión de media tensión es la correcta. Se instalarán 3 cables unipolares designación UNE RH5Z1 18/30 KV de 95 mm² Al, campo radial.

El cálculo de la línea de M.T. se realizará según los criterios enunciados anteriormente:

1.2.3.1. Intensidad permanente máxima admisible.

La intensidad máxima admisible para el cable UNE RH5Z1 18/30 KV es de 205 A para el conductor de sección 95 mm² en Al al aire y a 90ºC según ITC LAT 06 Tabla 13:

Imax = 205 A

Muy superior a los 121,55 A, calculados, que corresponden a 6.000 kW para 30.000 V.

1.2.3.2. Caída de tensión

La caída de tensión se calculará según la fórmula:

$$u\% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I(R \cdot Cos\ \varphi + X \cdot Sen\ \varphi) \cdot 100}{U \cdot 1000}$$

Siendo:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- R = 4,03 x 10 -1 Ω/km
- X = 1,3 x 10 -1 Ω /km
- L = 130 m
- Cos φ = 0.95
- Sen φ = 0.31
- U = 30kV
- I = 130,05 A

Obteniéndose una caída porcentual:

µ% = 0,020% equivalente a 5,89 V de caída.

Caída de tensión prácticamente despreciable.

1.2.3.3. Perdidas por efecto Joule.

Son despreciables al ser tan baja la caída de tensión.

1.2.4. Líneas colectoras de Media Tensión y alimentación centro control

Se han previsto 2 líneas colectoras, con sección determinada, por los cables de 95, 120, 150, 180, 240, 300, 400,500, 630 y 800 mm2, en aluminio, UNE RH5Z1 18/30 KV. La línea de evacuación la formarán los cables desde el centro de seccionamiento hasta la SET.

Para su cálculo, se han adoptado los criterios enunciados anteriormente

Las potencias, distancia y secciones a comprobar se reflejan en el Esquema unifilar del parque.

1.2.4.1. Intensidades permanentes, Caídas de tensión y pérdidas por efecto Joule

Según ITC LAT 06 tabla 6 las intensidades permanentes máximas admisibles, para cable directamente enterrado a 25ºC serán:

Ternas	Factor	Al 95 mm2	Al 150mm2	Al 240mm2	Al 400mm2	Al 500mm2
1	1,000	205	260	345	445	590
2	0,820	168	213	283	365	484
3	0,730	150	156	252	325	431
4	0,680	139	106	235	303	401
5	0,640	131	68	221	285	378
6	0,610	125	41	210	271	360
7	0,590	121	24	204	263	348

Para los cables de secciones no contempladas en el reglamento se atenderá a especificaciones de los fabricantes.

La fórmula aplicada para la caída de tensión será:

$$u\% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I(R \cdot Cos\ \varphi + X \cdot Sen\ \varphi) \cdot 100}{U \cdot 1000}$$

Siendo:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

u% = Caída de tensión en %.

L = Longitud en Km

R = Resistencia del cobre en Ω/km

X = Reactancia del cobre en Ω/km

U = Tensión nominal en V

I = Corriente nominal (incrementada en un 7% para cálculos)

Cos φ = 0,95

Sen φ = 0,31

Con lo anteriormente expuesto se han confeccionado unas tablas de cálculo en las que se comprueban que las líneas colectoras, con las distintas magnitudes expuestas por columnas, resuelven sobradamente los criterios de cálculo indicados, más el de pérdidas máximas por "efecto de Joule". Seguidamente se exponen, los resultados obtenidos de:

- Intensidad permanente máxima admisible.
- Caída de tensión.
- Pérdidas de potencia por "efecto de Joule" (en el circuito).

Circuito 1													
Sub circuito	DE	A	U (kV)	Pot. Acum. (kW)	Long. Cable (km)	Ternas Zanjas	Sección (mm²)	Intensidad (A)	Int max (A)	Caída de tensión		Perdidas de potencia	
										V	%	kW	%
1	AE1	AE2	30	3.000	0,541	1	95	60,77	234,19	24,53	0,082	2,46	0,041
2	AE2	CSE	30	6.000	0,187	1	95	121,55	234,19	16,96	0,138	3,40	0,098
Caída de tensión máxima												0,138	
Perdidas de potencia línea												5,86	
Pérdidas totales Parque												5,86	

1.2.4.2. Intensidad de cortocircuito máxima admisible–cables M.T. (Al)

El cable estará protegido en cada C.T. de aerogenerador por un interruptor con tiempo de desconexión por cortocircuito inferior a 0,1 sg. Para este tiempo con una temperatura inicial de 90ºC y final de 250 ºC las corrientes máximas admisibles para las distintas secciones de cable en aluminio enterrado, según ITC LAT 06 tabla 26 son:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVA29058224 A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA. Colegiado nº 0026543
VISADO

Cable Al	Sección	ρ 0,1 s A/mm2	kA
XLPE o EPR	95	298	28,31
XLPE o EPR	150	298	44,70
XLPE o EPR	240	298	71,52
XLPE o EPR	400	298	119,20
XLPE o EPR	500	298	149,00

Las secciones de cables seleccionadas cumplirán con las corrientes de cortocircuito presentadas para el caso más desfavorable, de modo que en cada caso sean inferiores a las que aparecen en la tabla mostrada con anterioridad.

De igual forma, se realizarán los cálculos de cortocircuito pertinentes en los apartados posteriores, con el fin de comprobar que el cable escogido cumple con la intensidad de cortocircuito máxima del tramo.

1.3. Cálculos de aislamiento

1.3.1. Nivel de Aislamiento a 30kV (Aerogenerador)

1.3.1.1. Transformadores, aparellaje y celdas M.T.

Según la MIE-RAT 12, tabla 1, los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del Grupo A, en este caso la tensión más elevada sería 36kV:

Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (lista 2) 170 KV-cresta.

Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial 70 KV-efic.

Las características eléctricas del transformador, aparellaje y celdas cumplen estos niveles de aislamiento.

1.3.1.2. Cables de Media Tensión (norma CEI/287)

Tensión nominal

Aunque el secundario de los transformadores de 30kV y del de potencia es en triángulo, el neutro de la red de M.T. está conectado a tierra a través de una reactancia que limita la intensidad de defecto a tierra (ver proyecto SET).

La tensión simple de la red fase-neutro, será: $U = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17{,}32\ kV$

La red según CEI (publicación 183) es de 1ªcategoría, porque la duración de un defecto entre fasetierra, no sobrepasa en general 1h., incluso admite para cables de campo radial un máximo de 8h.; el tiempo real de desconexión para en la red prevista no superará 1sg.

Se adoptará según Normas un cable para M.T. de:

UO/U = 18/30 KV

1.3.2. Distancias y zonas de protección a 30KV

Las distancias mínimas a respetar por los conductores activos desnudos para la tensión más elevada del material de 36KV-170KV-cr., según ITC-RAT-12, tabla 1 son:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Distancia mínima fase – tierra en al aire, exige 32cm.
- Distancia mínima entre fases en el aire, exige 32cm.
- La distancia real será de 500cm. (distancia en bornas en el trafo SSAA)

Pasillos de servicios (interior centro de seccionamiento)

Según la ITC-RAT 14 6 las anchuras de los pasillos de servicio serán de 0.8, 1 y 1.2m como mínimo según sean pasillos de inspección, maniobra a un solo lado o de maniobra a ambos lados.

La anchura real será de 3 m como mínimo.

La distancia de los elementos en tensión a tabiques no conductores será de un mínimo de 27cm

La distancia de los elementos en tensión a tabiques conductores será de un mínimo de 30cm

La distancia de los elementos en tensión a pantallas o enrejados será de un mínimo de 37cm

La distancia de los elementos en tensión a barreras (barandillas listones cadenas etc.) será de un mínimo de 80 cm

Para las pantallas, tabiques macizos y enrejados, la distancia vertical del borde superior de la protección al suelo será de 1,80m. En el caso de existencia de borde inferior vertical, esta tendrá una distancia máxima al suelo de 0,4m.

1.4. Cálculos justificativos del sistema de puesta a tierra

Como se ha expresado anteriormente se proyecta un sistema total de tierra, para las instalaciones de Alta (220kV), Media (30KV) y Baja Tensión (690 V), que interesa resaltar es único, incluso para las tierras de protección y de servicio; estando compuesta por:

- Puesta a tierra de aerogeneradores (anillo de 5m de diámetro de cable de cobre desnudo de 50mm2 de sección alrededor de cada aerogenerador por encima de la cimentación, unido diametralmente a dos picas de cobre de 2m de longitud y de 2cm de diámetro.
- Anillo de puesta a tierra de Centro de Seccionamiento y Celdas M.T (no se considera en los cálculos de resistencia de tierra)

Cuando se produce un defecto a tierra en la instalación, se provoca una elevación del potencial del electrodo, a través del cual circula la corriente hacia tierra, apareciendo sobre el terreno gradientes de potencial.

Por lo tanto, al diseñar los electrodos de puesta a tierra deben de tener en cuenta los siguientes aspectos:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Seguridad de las personas en relación con las elevaciones de potencial: Tensiones de paso y de contacto.
- Sobretensiones peligrosas para las instalaciones.
- Valor de la intensidad de defecto que haga funcionar las protecciones, asegurado la eliminación de la falta.

Se definen, por tanto, en el apartado correspondiente posterior, la justificación del sistema de tierras escogido.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2. CÁLCULOS LÍNEA SUBTERRÁNEA

Para el cálculo de una línea de media tensión el proyectista justificará los siguientes apartados según las características de la línea a proyectar:

1. Intensidades máximas admisibles para el cable
2. Caída de tensión de tensión
3. Capacidad de transporte
4. Pérdidas de potencia.

2.1. Características eléctricas del conductor

A continuación, se justifican y se determinan las características eléctricas del conductor que se precisaran para los cálculos justificativos de la línea.

Resistencia eléctrica

La resistencia R del conductor, en ohmios por kilómetro, varía con la temperatura θ de funcionamiento de la línea. El incremento de resistencia en función de la temperatura viene determinado por la expresión:

$$R = R_{20ºC} * \left(1 + \alpha * (\theta - 20ºC)\right)$$

Siendo:

α = 0,00403 para el aluminio.

θ = Temperatura máxima del conductor, se adopta el valor correspondiente a 90° C.

Para los conductores normalizados en el presente proyecto las resistencias serán:

Sección	Resistencia a 90ºC (Ω/Km)
Al 95 mm2	0,41
Al 150 mm2	0,264
Al 240 mm2	0,16
Al 400 mm2	0,0997
Al 630 mm2	0,067

Reactancia eléctrica

La reactancia depende de la geometría y diseño del conductor. Las reactancias de los cables especificados para disposición las tres fases por un mismo tubo y dispuestos en triángulo son:

Sección	Reactancia a 90ºC (Ω/Km)2
Al 95 mm2	0,132
Al 150 mm2	0,123
Al 240 mm2	0,106
Al 400 mm2	0,106
Al 630 mm2	0,092

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2.2. Intensidades máximas admisibles.

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc., el proyecto justificará y calculará la intensidad máxima permanente del conductor, con el fin de no superar la temperatura máxima asignada.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para aislamiento seco en polietileno reticulado XLPE, son las que figuran en la siguiente tabla:

Tipo de aislamiento en seco	Servicio permanente θcc	Cortocircuito θcc (t ≤ 5s)
Polietileno reticulado XLPE	90 ºC	250ºC

Intensidad máxima admisible en servicio permisible

Los conductores de XLPE de aluminio directamente enterrados y bajo tubo podrán admitir una intensidad permanente según se muestra en la tabla proporcionada por el fabricante:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con XLPE (Voltalene) sin armadura.

Sección nominal mm²	Tensión nominal (Temperatura máxima en el conductor 90 °C) 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			Conductores de Cu			
10	-	-	-	-	-	-
16	115	105	100	91	98	90
25	155	140	130	120	125	115
35	185	170	155	145	150	140
50	220	205	180	170	175	160
70	275	255	225	205	220	200
95	335	305	265	245	260	235
120	385	345	300	280	290	265
150	435	395	340	315	325	300
185	500	445	380	355	370	335
240	590	525	440	415	425	395
300	680	600	490	460	475	445
400	790	-	560	520	-	-
500	930	-	635	605	-	-
630	1095	-	715	675	-	-
			Conductores de Al			
16	92	80	78	74	76	70
25	120	110	100	94	95	90
35	145	130	120	110	115	105
50	170	155	140	130	135	125
70	210	195	170	160	165	155
95	**255**	235	**205**	**190**	200	180
120	295	270	235	215	225	205
150	**335**	305	**260**	**245**	255	230
185	385	345	295	280	285	260
240	**455**	405	**345**	**320**	330	305
300	520	465	390	365	375	345
400	**610**	-	**445**	**415**	-	-
500	715	-	505	480	-	-
630	830	-	575	545	-	-

* Un único circuito enterrado a 1 metro de profundidad, temperatura del terreno de 25ºC y resistividad del terreno de 1,5 K·m/W.

En el presente proyecto el circuito se compondrá de tres conductores unipolares de aluminio homogéneo de tensión nominal de 30 kV, cuya denominación es:

RH5Z1 (S) 18/30 kV 1x(3x95mm2) k Al

Según la tabla anterior, un conductor de aluminio de 95 mm2 directamente enterrado de sección le corresponde una intensidad máxima admisible Imáxadm = 205 A.

A este valor se le aplicarán los coeficientes de corrección correspondientes en función de la temperatura, resistividad térmica del terreno, agrupación de conductores y profundidad de la instalación, según el apartado 6.1.2.2 de la ITC-LAT-06.

Para diferentes condiciones de instalación deberán añadirse coeficientes de corrección.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Temperatura del terreno (Fct)

Para una Temperatura de servicio Permanente de 90º y una temperatura del terreno de 30º el factor de corrección referente a la temperatura del terrero según la tabla 07 de la ITC-LAT 06 es de **0,96.**

Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

Temperatura °C Servicio Permanente θs	Temperatura del terreno, θ_t, en °C								
	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

Resistividad térmica del terreno (Fcrt)

Se aplicarán los coeficientes de la tabla 08 ITC-LAT 06.

Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.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

Suponiendo que en la zona por la que concurre nuestra línea, en este caso Granada, es de 1 K·m/W, el coeficiente de corrección referente a la resistividad térmica del terreno de la tabla 08 ITC-LAT 06 para cables bajo tubo es de **1,19.**

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Corrección por distancias entre ternos o cables tripolares (Fdis)

Se aplicarán los coeficientes de la tabla 10 ITC-LAT 6.

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	-	-	-	-

Como por nuestra zanja solo discurre una terna este factor no aplica.

Profundidades de instalación (Fcp)

Se aplicarán los coeficientes de la tabla 11 ITC-LAT 6.

La profundidad de la instalación será de 1 m, por lo que se aplica un factor de corrección de **1,00**.

Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 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

Luego la intensidad admisible permanente del conductor se calculará por la siguiente expresión:

$$I_{adm} = I * Fct * Fcrt * Fids * Fcp$$

Dónde:

Iadm = Intensidad máxima admisible en servicio permanente, en A.

I = Intensidad del conductor sin coeficientes de corrección, en A.

Fct = Factor de corrección debido a la temperatura del terreno,

Fcrt = Factor de corrección debido a la resistividad del terreno,

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Fca = Factor de corrección debido a la agrupación de circuitos,

Fdis = Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares,

Fcp = Factor de corrección debido a la profundidad de soterramiento.

Para el tipo de instalación objeto de este proyecto la intensidad máxima admisible permanente en cada conductor será:

$$I_{máxadm} = 205 * 0{,}96 * 1{,}19 * 1{,}00 * 1{,}00 = 234{,}192\ A$$

Esta es la intensidad máxima admisible del cable, es decir, la intensidad máxima que es capaz de soportar el cable con los distintos factores de corrección, no obstante, en el apartado 2.5 se justificará con la intensidad real que circula por la línea contemplando todas las cargas existentes en el anillo del que forma parte.

2.3. Intensidad de cortocircuito máxima admisible.

En primer lugar, el proyectista determinará el valor de la intensidad de cortocircuito de la línea a la cual se integrará la red subterránea. Este valor vendrá determinado posteriormente en el apartado correspondiente.

Este valor puede ser conocido directamente o bien proporcionado indirectamente a partir de la potencia máxima de cortocircuito de la red, en este caso la corriente de cortocircuito por ser más desfavorable, se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$Icc_3 = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Dónde:

Icc3 =Intensidad de cortocircuito trifásica, en kA.

Scc = Potencia de cortocircuito de la red, en MVA.

U = Tensión de línea, en kV,

En cualquier caso, el valor de la Intensidad de Cortocircuito (Icc), en el punto del tramo objeto, deberá ser confirmado por REE.

2.4. Intensidad de cortocircuito máxima admisible en el conductor.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito soportada por el conductor se tendrá en cuenta que el conductor utilizado es de aluminio, que la temperatura inicial de servicio es de 90 ºC, la temperatura final deberá ser inferior a 250 ºC, la sección del conductor y tiempo máximo de duración del cortocircuito, dato que deberá ser proporcionado por REE.

La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión, según norma UNE 21192:1992:

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

Donde:

- I: es la intensidad de cortocircuito admisible.

- IAD: es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- ε: es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes. En régimen adiabático ε = 1.

Intensidad de cortocircuito adiabático

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

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

Donde:

- I_{AD} es la intensidad de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito) calculada en una hipótesis adiabática (A).

- t: es la duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 1 s.

- K: es la constante que depende del material del componente conductor de corriente.

  - o Para el aluminio se utilizará un valor de 148 As-1/2/mm2.
  - o Para el cobre se utilizará un valor de 226 As-1/2/mm2.

- S: es la sección geométrica del componente conductor de corriente; para los conductores se tomará la sección nominal, y para las pantallas la sección de 1 alambre.

- θ_f: es la temperatura final (ºC). En el conductor se utilizarán 250 ºC y en la pantalla se utilizarán 210ºC.

- θ_i: es la temperatura inicial (ºC). En el conductor se utilizarán 90 ºC y en la pantalla se utilizarán 80ºC.

- β: es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a ºC (K);

  - o Para el aluminio se utilizará un valor de 228 ºC (K).
  - o Para el cobre se utilizará un valor de 234,5 ºC (K).

Intensidad de cortocircuito máxima admisible en las pantallas del cable

Para el cálculo de las intensidades de cortocircuitos máximas admisibles en las pantallas de cable de aislamiento seco, se seguirá la Norma UNE 211003 y aplicando el método indicado en la norma UNE 21192. El dimensionamiento mínimo será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1000 A durante 1 segundo.

No se considerará la influencia de la lámina metálica adherida a la cubierta del cable ni la influencia de los flejes equipotenciales dispuestos helicoidalmente. Se calculará para un alambre tomado individualmente y se multiplicará después por el número de alambres para obtener el valor total de la intensidad de cortocircuito. Por lo tanto, se utilizará en todas las fórmulas la sección de un alambre tomado individualmente.

Para el conductor 1x95 mm2 Al RH5Z1 18/30 kV, la pantalla metálica tendrá una sección de 16 mm2 y está compuesta por hilos de cobre.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2.5. Intensidades circulantes por la línea.

La intensidad máxima que transporta la línea será la aportada por la totalidad de la energía generada por la planta fotovoltaica, siendo la siguiente:

$$I_{máxcabecera} = \frac{6 * 10^6}{\sqrt{3} * 30 * 10^3 * 0{,}9} = 128{,}30\ A$$

Siendo:

Imáx cabecera = Intensidad máxima dada en cabecera de subestación, en A.

2.6. Potencia a transportar.

En el presente proyecto la potencia máxima a transportar será la potencia generada por el conjunto del Parque Eólico "Cararrillo", que como máximo será de 6 MW.

La potencia a transportar por el cable deberá ser inferior en todo momento a la potencia máxima admisible, según la intensidad máxima admisible del cable, que en este caso es de:

Tensión (kV)	I máxadm	Cos φ	Padm (MW)	≥	Ptot real (MW)	Condición
30	234,19	1	9,59		6	CUMPLE

2.7. Caídas de tensión.

Los cálculos de la caída de tensión se realizarán conforme a la potencia total que circula por el tramo.

La caída de tensión se calculará como:

$$\Delta U = L * I * \sqrt{3} * [(R_{50} * cos\varphi) + (X * sin\varphi)]V$$

Dónde:

L = Longitud de la línea, en km,

U = Tensión nominal de la línea, en kV,

R90 = Resistencia del conductor a 90ºC, incluido el efecto piel y el efecto proximidad, en Ω/km

X = Reactancia de la línea, en Ω/km.

cos φ = Coseno de fi de la instalación, admi.

sin φ = Seno de fi de la instalación, admi.

Para nuestro caso tenemos:

L = Longitud, en km

Imáxcabecera = Intensidad máxima de la instalación, en A

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Sección	Reactancia a 90ºC (Ω/Km)2	Imax (enterrado)
Al 95 mm2	0,132	205
Al 150 mm2	0,123	260
Al 240 mm2	0,106	345
Al 400 mm2	0,106	445
Al 630 mm2	0,092	575

Dado que existen diversos tramos de la línea tanto en aéreo como en subterráneo, es necesario estudiar la caída de tensión de cada tramo, de forma que la caída de tensión total de la instalación será la suma de los diferentes tramos.

Así, el **Tramo 1** tiene disposición subterránea. Seguidamente, el **Tramo 2** tiene disposición aérea. El **Tramo 3** tiene disposición subterránea de nuevo hasta la SET y, finalmente, el **Tramo 4** es un vano aéreo de conexión al apoyo.

TRAMO 1

Dado que este primer tramo es subterráneo, considerando un factor de potencia de 0,9 obtenemos una caída de tensión:

$$\Delta U = 711{,}56\ V$$

Donde la caída de tensión porcentual es de:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U\ (V)}{U(V)} = \frac{711{,}56\ V}{30.000\ V} * 100 = 2{,}37\ \%$$

TRAMO 2

Dado que el segundo tramo es aéreo, la caída de tensión viene determinada en los cuadros de resultados de cálculo de la línea aérea, que a modo de resumen se indican a continuación:

$$\Delta U = 44{,}55\ V$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U\ (V)}{U(V)} = \frac{44{,}55\ V}{30.000\ V} * 100 = 0{,}15\ \%$$

TRAMO 3

Dado que este tercer tramo es subterráneo, considerando un factor de potencia de 0,9 obtenemos una caída de tensión:

$$\Delta U = 691{,}94\ V$$

Donde la caída de tensión porcentual es de:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U\ (V)}{U(V)} = \frac{691{,}94\ V}{30.000\ V} * 100 = 2{,}31\ \%$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

TRAMO 4

Dado que el cuarto tramo es aéreo, la caída de tensión viene determinada en los cuadros de resultados de cálculo de la línea aérea, que a modo de resumen se indican a continuación:

$$\Delta U = 2{,}29\ V$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U\ (V)}{U(V)} = \frac{2{,}29\ V}{30.000\ V} * 100 = 0{,}01\ \%$$

De esta forma, a modo de resumen la caída de tensión de cada tramo es:

TRAMO	TIPO	TENSIÓN	CAÍDA DE TENSIÓN (V)	CAÍDA DE TENSIÓN (%)
TRAMO 1	Subterráneo	30 kV	711,56	2,37
TRAMO 2	Aéreo	30 kV	44,55	0,15
TRAMO 3	Subterráneo	30 kV	691,94	2,31
TRAMO 4	Aéreo	30 kV	2,29	0,01
Caída de tensión (30 kV)			1450,34	4,84 %
Caída de tensión máxima			4,84 %	

Obteniendo una caída de tensión, inferior al 7% de la tensión de servicio de la línea, según indica el artículo 104 en su punto 3 del Real Decreto 1955/2000.

2.8. Pérdidas de potencia.

Los cálculos de la caída de tensión se realizarán conforme a la potencia total que circula por el tramo.

Las pérdidas de potencia de una línea vendrán dadas por la siguiente expresión:

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

Dónde:

ΔP = Pérdida de potencia, en W,

L = Longitud de la línea, en km,

R90 = Resistencia del conductor a 90ºC, incluido el efecto piel y el efecto proximidad, en Ω/km,

I = Intensidad de la línea, en A.

Sustituyendo valores tenemos, para el total de la línea de evacuación, las pérdidas de potencia serán:

$$\Delta P = 398{,}7\ kW$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3. CÁLCULO DE LÍNEA DE EVACUACIÓN - LÍNEA AÉREA

3.1. TRAMO 1 – CRUCE RÍO EN LAS PARRAS

3.1.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

La reactancia kilométrica de la línea viene dada por la siguiente ecuación.

$$X_K = \omega L_K = 2\pi f L_K$$

(A.C 1)

En donde:

- X_K: Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km.
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica.
- L_K: Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.
- f: *Frecuencia de la red en Hz.*

Para calcular el coeficiente de autoinducción por kilómetro de la línea utilizamos la expresión.

$$L_K = \frac{1}{n_{Cir}} * \left[\frac{\mu}{2 * n} + 4{,}605 * log_{10}\frac{DMG}{r_{eq}}\right] * 10^{-4}$$

(A.C.2)

En donde:

- L_K: Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.
- n_{cir}: Número de circuitos de la línea.
- μ: Permeabilidad magnética del conductor. Que para el cobre, aluminio, aluminio-acero tiene un valor de 1.
- n: Número de conductores por fase.
- DMG: Separación media geométrica en milímetros.
- r_{eq}: Radio equivalente del conductor en milímetros.

3.1.1.1. Intensidad máxima admisible en el conductor

De acuerdo con el punto 4.2.1 de la ITC-LAT 07, para el conductor utilizado en la presente línea eléctrica de sección 54,60 mm2 la densidad máxima de corriente permitida es de 3,651 A/mm2. Por tanto la intensidad máxima admitida por el conductor se obtendrá mediante la ecuación.

$$I_{Máx.} = \delta * S$$

(A.C.3)

En donde:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$i_{Máx.}$: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

δ: Densidad máxima de corriente en A/mm^2.

S: Sección del conductor en milímetros.

3.1.1.2. Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea, despreciando la capacidad viene dada por:

$$\Delta V = I\left[R_K cos(\varphi) + X_K cos(\varphi)\right]L$$

(A.C.4)

En donde:

ΔV: Caída de tensión en voltios.

I: Intensidad de la línea en A.

R_K: Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km.

X_K: Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km.

φ: Factor de potencia.

L: Longitud de la línea en km.

3.1.1.3. Potencia máxima por intensidad máxima admisible en el conductor

Para calcular la potencia que máxima que se puede transportar por la línea por intensidad se utilizará el valor de intensidad máxima obtenido según el apartado 0, ecuación (A.C.3) del presente anexo, por tanto para calcular la potencia aparente se utilizará la expresión:

$$S_{Máx} = \sqrt{3} * I_{Máx} * V$$

(A.C.5)

En donde:

$S_{Máx.}$: Potencia aparente máxima por límite térmico en kVA.

$I_{Máx.}$: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

V: Tensión eléctrica de la línea en kV.

Y para la potencia aparente:

$$P_{Máx} = \sqrt{3} * I_{Máx} * V * cos(\varphi)$$

(A.C.6)

En donde:

$P_{Máx.}$: Potencia activa máxima por límite térmico en kW.

$I_{Máx.}$: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

V: Tensión eléctrica de la línea en kV.

3.1.1.4. Potencia máxima a transportar por caída de tensión

Para comprobar la potencia que se puede transportar con la longitud de la línea con una determinada caída de tensión. Para ello utilizaremos el momento eléctrico, que nos ofrece la siguiente ecuación.

$$P_{Max} = \frac{U^2 * u\%}{\left(R_K + X_k * tg(\varphi)\right) * L_{Línea} * 100}$$

(A.C.7)

En donde:

$P_{Máx.}$: Potencia activa máxima por caída de tensión en kW.

U: Tensión eléctrica de la línea en kV.

u: Caída de tensión porcentual en %.

R_K: Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km.

X_K: Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km.

φ: Factor de potencia.

L_{Linea}: Longitud de la línea en km.

3.1.2. CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO

3.1.2.1. Cadenas de suspensión

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena:

Tipo de cadena: Cadena de vidrio y suspensión simple y protección avifauna para conductor LA-56 y 30 kV

Código de la cadena: LA56-30kV-SUS-SIM-VID-AVI

Nº de elementos: 4 Uds

Tipo de elementos: U40BS

Longitud: 817,000 mm

Peso: 9,006 daN

Línea de fuga: 740,000 mm

Carga de destrucción electromecánica: 2500,000 daN

3.1.2.2. Cadenas de suspensión de cruce

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Este tipo de cadena solo se usará en apoyos de alineación con seguridad reforzada por cruzamiento de accidentes que así lo precisen, como: carreteras, ríos, ramblas, ferrocarril, casas, naves, invernaderos, etc.

Doble cadena y varilla preformada, cada cadena estará compuesta por:

No hay cadeanas de este tipo en la línea

3.1.2.3. Cadenas de anclaje-amarre

Doble cadena, cada cadena estará compuesta por:

Tipo de cadena: Cadena de vidrio y anclaje simple y protección avifauna para conductor LA-56 y 30 kV de

Código de la cadena: LA56-30kV-ANC-SIM-VID-AVI

Nº de elementos: 4 Uds

Tipo de elementos: U40BS

Longitud: 1041,000 mm

Peso: 9,976 daN

Línea de fuga: 740,000 mm

Carga de destrucción electromecánica: 4000,000 daN

3.1.2.4. Cadenas de anclaje-amarre de cruce

Doble cadena, cada cadena estará compuesta por:

No hay cadeanas de este tipo en la línea

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

3.1.3.1. Descripción

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero de 54,60 mm² de sección total, con las características que a continuación se citan.

Conductor LA-56 (54,60 mm²):

- Designación: LA-56
- Sección (mm²): 54,60
- Diámetro (mm): 9,449
- Carga de rotura (daN): 1666
- Peso (daN/m): 0,189
- Módulo de elasticidad (daN/mm²): 8100
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,00001901
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,614

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

- Composición: 6+1

3.1.3.2. Cálculo mecánico de los conductores

El trazado de la línea esta comprendido entre las cotas 1086,0 m. y 1073,8 m. por lo que según el vigente Reglamento esta línea se encuentra en ZONA C.

Constante de catenaria para el trazado de la línea

La constante de catenaria viene definida por la siguiente expresión:

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

(A.C.8)

En donde:

C: Constante de la catenaria en m.

T: Tensión mecánica en daN.

p: Peso del conductor en daN/m.

Para el trazado de la línea se deberá utilizar la curva catenaria que produzca las flechas verticales máximas, dichas flechas máximas se producirán en cada zona en las hipótesis que muestra la siguiente tabla:

Zona	Hipótesis
A	- Temperatura considerada con el peso propio del conductor
B	- Temperatura considerada con el peso propio del conductor - 0° más la sobrecarga de hielo
C	- Temperatura considerada con el peso propio del conductor - 0° más la sobrecarga de hielo

La constante menor y más vertical determinará la constante con la que se dibujara la línea eléctrica. Estas dos constantes son.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$c_{Temp\,.} = \frac{T_{Temp\,.}}{p_{Cond}}$$

(A.C.9)

$$c_{0+H} = \frac{T_{0+H}}{S_H}$$

(A.C.10)

En donde:

C: Constante de la catenaria en m.

T_{Temp}: Tensión mecánica en las condiciones de temperatura máxima fijada para el conductor en daN.

p: Peso del conductor sin sobrecarga en daN/m.

T: Tensión mecánica en las condiciones de 0° y la sobrecarga de hielo en daN.

S_H: Peso del conductor mas el manguito de hielo considerado en las zonas B y C en daN/m.

Se escogerá la menor constante de las hipótesis anteriores, que por otra parte será la que produzca una curva más vertical, o más cerrada, que origina unas flechas máximas mayores y tensiones menores. Esta constante es aproximada y posteriormente se calculará la constante real en cada alineación o vano de regulación existentes en la línea. Este valor de la constante de catenaria real en cada alineación figura en la tabla del anexo de cálculos.

Vano de regulación

Los tramos de línea que se encuentran entre apoyos con de amarre y anclaje, de alineación ao ángulo y final/principio de línea, que proporcionan puntos fuertes a la línea, tramos entre los cuales se encuentran colocados apoyos de alineación-suspensión o ángulo-suspensión, que deben tener las cadenas perfectamente verticales, se deben igualar las componentes horizontales de la tensión en cada uno de los vanos para que estas cadenas no sufran desviación alguna. Si varían las condiciones de equilibrio aparecen diferencias entre las componentes horizontales de la tensión en los distintos vanos, situación que queda en la realidad compensada por la desviación de las cadenas, que en estas condiciones dejan de estar perfectamente en equilibrio. Por tanto como se puede demostrar las condiciones de equilibrio al modificarse hacen que las componentes horizontales de los vanos que componen la alineación varíen en la misma magnitud, del mismo modo que lo harían las componentes horizontales de un vano con una longitud ficticia denominado vano de regulación. El cálculo de este vano de regulación se realiza para cada una de las alineaciones de las que está compuesta la línea eléctrica, para este cálculo utilizamos la siguiente ecuación.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$a_r = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_i^2}{a_i}} * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} a_i^3}{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

(A.C.11)

En donde:

- a_r: Longitud del vano de regulación en m.
- b_i: Longitud real de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación en m.
- a_i: Longitud proyectada de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación en m.

Componente horizontal máxima

Cuando se ha realizado el trazado de la línea utilizando la constante de catenaria de flechas máximas para trazado elegida, se calcularan las componentes horizontales máximas para cada una de las alineaciones de que consta la línea. Para ello utilizaremos la siguiente ecuación.

$$T_0 = \frac{\left(T_A - \frac{p * |h|}{2}\right) + \sqrt{\left(T_A - \frac{p * |h|}{2}\right)^2 - \frac{b^2 * p^2}{2}}}{2 * \frac{b}{a}}$$

(A.C.12)

En donde:

- T_0: Componente horizontal máxima en daN.
- T_A: Tensión en el punto mas elevado de fijación del conductor, correspondiente a la carga de rotura del conductor dividida por un coeficiente de seguridad de la línea en daN.
- a: Longitud proyectada del vano en m.
- b: Longitud real del vano en m.
- h: Desnivel del vano en m.
- p_Z: Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo en daN/m.

Esta ecuación se aplicará a cada uno de los vanos que componen cada alineación, escogiendo en cada una de las alineaciones el valor más pequeño de la componente horizontal de la tensión, ya que esta componente horizontal de valor menor dará lugar a tensiones menores y por tanto a flechas verticales mayores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Ecuación de cambio de condiciones

Para el cálculo de las tensiones en la línea eléctrica se utilizará la ecuación de cambio de condiciones, dicha ecuación es la siguiente.

$$\delta * a * (t - t_0) + \frac{a}{S * E} * (T - T_0) = \frac{a^3}{24} * \left(\frac{p^2}{T^2} - \frac{p_0^2}{T_0^2}\right)$$

(A.C.13)

En donde:

- *δ:* Coeficiente de dilatación lineal en °C^{-1}.
- *a:* Longitud proyectada del vano en m.
- *t:* Temperatura en las condiciones finales de cálculo de la tensión en °C.
- t_0: Temperatura de correspondiente a la zona de cálculo en °C.
- *S:* Sección del conductor en mm^2.
- *E:* Módulo de elasticidad en daN/mm^2.
- *T:* Componente horizontal en las condiciones finales de cálculo en daN.
- T_0: Componente horizontal máxima en cada alineación en daN.
- *p:* Peso del conductor en las condiciones finales de cálculo en daN/m.
- p_0: Sobrecarga correspondiente a la sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo en daN/m.

Operando con la ecuación de cambio de condiciones se puede obtener otra ecuación que permita el cálculo de la tensión buscada, como resultado se obtiene la siguiente ecuación.

$$T^2 * (T + A) = B$$

(A.C.14)

Ecuación en la que los coeficientes A y B se pueden obtener fácilmente de la ecuación de cambio de condiciones aplicándose las siguientes ecuaciones.

$$A = \delta * (t - t_0) * S * E - T_0 + \frac{a^2 * p_0^2}{24 * T_0^2} * S * E$$

(A.C.15)

$$B = \frac{a^2 * p^2}{24} * S * E$$

(A.C.16)

Resolviendo la ecuación de tercer grado se obtienen tres soluciones, dos imaginarias conjugadas y una tercera real que corresponderá al valor de la tensión en las condiciones de cálculo buscadas.

Cálculo de flechas

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Para el cálculo de flechas se utiliza la longitud real del vano, la ecuación que permite el cálculo de la flecha se obtiene a partir del desarrollo en serie por la fórmula de Mac Laurin de la función.

$$y = c * ch\frac{x}{c}$$

(A.C.17)

En donde:

X: Longitud en m.

C: Constante de la catenaria.

Desarrollando esta ecuación por Mac Laurin hasta el tercer término se obtiene la expresión a utilizar para el cálculo de flechas en las hipótesis de cálculo requeridas y cuya forma es.

$$f = \frac{a * b * p}{8 * T} * \left(1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2}\right)$$

(A.C.18)

En donde:

f: Valor de la flecha en metros.

p: Peso del conductor en la hipótesis de cálculo en daN/m.

a: Longitud proyectada del vano en metros.

b: Longitud real del vano en metros.

T: Valor de la tensión en las condiciones de cálculo en daN.

El resumen de cálculos de tensiones y flechas, tanto para las hipótesis Reglamentarias, como para la tabla de tendido, figuran en las tablas del anexo de cálculos.

3.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS

Descripción de los apoyos

Creo que aquí hay que hacer una parte para media con apoyos RU y otra para los apoyos de transporte

Cálculo mecánico de los apoyos

Aquí pasa igual que en el caso anterior la introducción esta hecha para RU, habría que hacer una para cada uno e introducirlo desde el programa.

Como es conocido en los apoyos metálicos construidos sobre la base de perfiles laminados en los cuales sus características resistentes están determinadas por los esfuerzos que pueden soportar en dos direcciones perpendiculares, que como es lógico coinciden con la dirección de los dos ejes de simetría del apoyo, y que coinciden con la dirección de la línea y su perpendicular.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Si algún esfuerzo a los que se somete el apoyo no coincide con estas dos direcciones, no se podría utilizar la hipótesis de que el esfuerzo se reparte por igual en las caras de apoyo, dando como resultado en los montantes un esfuerzo superior al que estaría sometido el apoyo si dicho esfuerzo tuviera la dirección de alguno de los ejes de simetría. Por tanto se deberá obtener el esfuerzo equivalente dirigido según el eje de simetría que produzca el mismo esfuerzo aplicado sobre el montante más cargado. Este esfuerzo equivalente se puede calcular con la siguiente expresión.

$$F = F'\left(\cos(\alpha) + \frac{d_1}{d_2} sen(\alpha)\right) = F_X^{'} + \frac{d_1}{d_2} F_Y^{'}$$

(A.C.19)

En donde:

F: Esfuerzo equivalente en la dirección del eje de simetría en daN.

F': Esfuerzo actuante en daN que no se encuentra en la dirección del eje de simetría.

d_1 y d_2: Distancia entre perfiles en las caras del apoyo en m.

F_X' y F_Y': Componentes del esfuerzo en los ejes de simetría del apoyo en daN.

α: Ángulo formado por el esfuerzo con el eje de simetría.

En la línea objeto del proyecto se han utilizado apoyos metálicos de sección cuadrada, apoyos en los cuales d_1 es igual a d_2, por tanto la ecuación anterior como es fácil de deducir para apoyos metálicos de sección cuadrada queda.

$$F = F_X^{'} + F_Y^{'}$$

(A.C.20)

Esfuerzos verticales que actúan sobre los apoyos

Para el cálculo de las cargas verticales se deberán distinguir dos hipótesis, la de viento y la de hielo, y la opcional de viento y hielo combinadas en líneas de categoría no especial y obligatoria en las de categoría especial, por tanto para cada una de ellas utilizaremos una ecuación diferente.

La ecuación de viento se utilizará en todas las hipótesis de cálculo de apoyos en la zona A y la primera hipótesis de las zonas B y C. Por el contrario la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo se utilizará para el cálculo de las hipótesis 2ª, 3ª y 4ª de las hipótesis de cálculo de apoyos reglamentarias para las zonas B y C.

Si la hipótesis de viento mas hielo está presente, se utilizará en la segunda correspondiente en las zonas B y C, en las 3ª y 4ª de las líneas de categoría especial.

Veamos las ecuaciones a utilizar en el cálculo de las cargas verticales o permanentes que gravitan sobre el apoyo.

Hipótesis de viento

Para esta hipótesis de viento tendremos:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V_{Viento} = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + c_V * [tg(n_1) \pm tg(n_2)]\right) + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.21)

En donde:

- V_{Viento}: Cargas verticales por conductor y fase en daN.
- p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.
- C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.
- n_1: Pendiente del vano anterior.
- n_2: Pendiente del vano posterior.
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Se debe recordar en este punto la ecuación de cálculo de la constante de la catenaria.

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

(A.C.22)

En donde:

- C: Constante de la catenaria en m.
- T: Tensión mecánica en daN.
- p: Peso del conductor en daN/m.

Que para las condiciones de cálculo de la hipótesis de viento quedará en la siguiente forma.

$$C_V = \frac{T_V}{p_V}$$

(A.C.23)

En donde:

- C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como minino, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.
- T_V: Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

p_V: *Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.*

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$p_V = \sqrt{p^2 + (v * d)^2}$$

(A.C.24)

En donde:

p_V: Sobrecarga de viento en daN/m.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

d: Diámetro en m del conductor.

Para el cálculo de las dos tangentes utilizaremos las siguientes expresiones:

$$tg(n_1) = \frac{h_1}{a_1}$$

(A.C.25)

$$tg(n_2) = \frac{h_2}{a_2}$$

(A.C.26)

En donde:

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

h_1: Desnivel del vano anterior al apoyo en m.

h_2: Desnivel del vano posterior al apoyo en m.

Hipótesis de hielo

Para la hipótesis de hielo tendremos:

$$V_{Hielo} = p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * [tg(n_1) \pm tg(n_2)] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.27)

En donde:

V_{Hielo}: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El cálculo de la sobrecarga de hielo se obtiene utilizando las siguientes expresiones para las zonas B y C.

$$p_H = p + M_H * \sqrt{d}$$

(A.C.28)

En donde:

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

M_H: Manguito de hielo mínimo según zona en daN.

d: Diámetro del conductor en mm.

El manguito de hielo tendrá un valor mínimo de 0,18 daN/m y 0,36 daN/m para las zonas B y C respectivamente, por último d es el valor del diámetro del conductor.

Para altitudes superiores a 1500 m, ha de justificarse el valor del manguito de hielo mediante estudios realizados sobre la zona por donde transcurre la línea, no pudiendo en ningún caso considerar valores inferiores a los indicados anteriormente.

Hipótesis combinada de viento y hielo

En este caso utilizaremos.

$$V_{V+H} = p_H * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + c_{VH} * [tg(n_1) \pm tg(n_2)]\right) + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.29)

En donde:

V_{V+H}: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta ocasión la constante de catenaria se tendrá que calcular en las condiciones de viento mas hielo según sigue:

$$C_V = \frac{T_{VH}}{p_{VH}}$$

(A.C.30)

En donde:

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como minino, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

p_{VH}: Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento y hielo combinado según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

La sobrecarga de viento mas hielo, se obtiene como muestra la siguiente ecuación:

$$p_{VH} = \sqrt{p_H^2 + (V_{VH} * d_{MH})^2}$$

(A.C.31)

En donde:

p_{VH}: Sobrecarga de viento mas hielo en daN/m.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

d_{MH}: Diámetro en m del manguito de hielo en m.

Esfuerzos producidos por la acción de los conductores sobre los apoyos

Esfuerzo del viento

El esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea eléctrica se considera que actúa en la dirección perpendicular a esta, la ecuación que permite el cálculo del esfuerzo del viento sobre los conductores es la siguiente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$E_V = \frac{a_1 + a_2}{2} * v * d + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.32)

En donde:

E_V: Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Esta ecuación es válida para apoyos que tengan sus vanos orientados en la dirección de la línea como ocurre en los apoyos de alineación en suspensión, amarre y ángulo, además de principio/final de línea. Pero en los apoyos de ángulo la acción del viento no se produce en la dirección perpendicular a la línea eléctrica sino que lo hace en la dirección de la bisectriz del ángulo que forma la línea. Por tanto será necesario en estos casos multiplicar el esfuerzo anterior por un coeficiente modificándose por tanto la ecuación para el cálculo del esfuerzo del viento en la siguiente forma para los apoyos de ángulo.

$$E_V = \frac{a_1+a_2}{2} * v * d * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.33)

En donde:

E_V: Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Desequilibrio de tracciones

El desequilibrio de tracciones actúa en la dirección de la línea y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$D_T = \%P * T$$

(A.C.34)

En donde:

D_T: Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

P: Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 8% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 15% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión, 15% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 25% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre, 100% para apoyos de final/principio de línea y 50% para apoyos de anclaje.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Los apoyos de amarre y anclaje, tanto en alineación como ángulo dividen dos alineaciones sucesivas de la línea por lo cual en cada uno de sus lados existe una componente horizontal diferente de la tensión, de esta forma el criterio de cálculo seguido en estos tipos de apoyos es utilizar en la ecuación anterior el valor de la componente horizontal de la tensión máxima mayor de las dos alineaciones anterior y posterior al apoyo en cuestión, obteniendo así el esfuerzo mayor que se podría producir por desequilibrio de tracciones.

Esta ecuación solo es válida para apoyos metálicos de sección cuadrada que son los utilizados en esta línea.

Rotura de conductores

Según lo indicado anteriormente en esta memoria se puede prescindir del cálculo del esfuerzo de torsión de rotura de conductores para los apoyos de suspensión y amarre, si se cumplen las condiciones impuestas en la ITC-LAT 07 en su punto 3.5.3. Por el contrario si se calculan para los apoyos de anclaje, final/principio de línea en todas las ocasiones.

Como indica el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5, se deberá calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de un conductor, para calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores utilizaremos la siguiente expresión.

$$R_C = \%P * T_0$$

(A.C.35)

En donde:

R_C: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

P: Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 100% para apoyos de final/principio de línea, 100% para apoyos de anclaje, 100% para apoyos de amarre y 50% para apoyos de suspensión de ángulo o alineación.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Resultante de ángulo

En los apoyos de ángulo es necesario calcular la resultante de ángulo para las hipótesis 1ª y 2ª, correspondiente a las condiciones de viento, hielo y en caso de estar presente en viento mas hielo. También será necesario en la 3ª y 4ª hipótesis. Las ecuaciones de cálculo de la resultante de ángulo son las siguientes.

Hipótesis de viento

Esta ecuación se aplicará en la 1ª hipótesis de la zona A, B y C, así como en la 3ª y 4ª hipótesis de la zona A. La ecuación es la siguiente.

$$R_{AV} = \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.36)

En donde:

R_{AV}: Resultante de ángulo en las condiciones de viento en daN.

T_V: Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5ºC, -10ºC y -15ºC, como mínimo en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Hipótesis de hielo

En esta caso la expresión que sigue a continuación será aplicable en la 2ª hipótesis de hielo en las zonas B y C, así como en la 3ª y 4ª hipótesis en líneas de categoría no especial en zonas B y C.

$$R_{AH} = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.37)

En donde:

R_{AH}: Resultante de ángulo en las condiciones de hielo en daN.

T_H: Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura –15ºC como mínimo y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona B, y –20ºC como mínimo y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona C

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Hipótesis combinada de viento más hielo

Si esta hipótesis es considerada en líneas de categoría no especial, se aplicará la ecuación de cálculo en la 2ª hipótesis de viento más hielo en zonas B y C. En líneas de categoría especial, se aplicará además de la anteriormente mencionada de 2ª hipótesis de viento mas hielo en la 3ª y 4ª para línea situadas en zonas B y C.

$$R_{AVH} = \sqrt{\left[(T_{VH1} + T_{VH2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{VH1} - T_{VH2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.38)

En donde:

R_{AH}: Resultante de ángulo en las condiciones de viento mas hielo en daN.

T_{VH}: Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura –15ºC como mínimo y sobrecarga debida al viento mas hielo según zona para la zona B, y –20ºC como mínimo y sobrecarga debida al viento mas hielo según zona para la zona C en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación-suspensión por la acción del viento

Es necesario calcular el ángulo máximo que se desvían las cadenas de aisladores del tipo suspensión bajo la acción del viento para que los conductores y sus partes en tensión nunca superen la distancia mínima a los apoyos.

Para el cálculo de esta desviación de las cadenas de aisladores se considerará según ITC-LAT 07 apartado 5.4.2 del Reglamento una presión debida a la mitad de la acción del viento, la ecuación que proporciona el ángulo que se desvían las cadenas de alineación debido a la acción del viento en los apoyos de alineación es la siguiente.

$$tan(\gamma) = \frac{\frac{v}{2} * d * \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{E_{VCad}}{2}}{p * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{VM} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right) + \frac{P_{Cad}}{2}}$$

(A.C.39)

En donde:

γ: Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{VM}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de –5ºC, –10ºC y –15ºC, para las zonas A, B y C respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

E_{Vcad}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

Desviación de la cadena de aisladores en apoyos de ángulo-suspensión por la acción del viento

En este caso la ecuación a aplicar es.

$$tan(\gamma) = \frac{2 * T_{VM} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + \frac{v}{2} * d * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + \frac{E_{VCad}}{2}}{p * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{VM} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right) + \frac{P_{Cad}}{2}}$$

(A.C.40)

En donde:

γ: Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{VM}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de –5ºC, –10ºC y –15ºC, para las zonas A, B y C respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

E_{Vcad}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Cálculo de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos

En este apartado se va a tratar el cálculo de los apoyos con sus diferentes hipótesis según fija el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.5.3. Para ello se van a exponer el cálculo de los diferentes tipos de apoyos que fija este artículo del Reglamento.

En estos apartados se van a desarrollar los esfuerzos para el conductor de fase, si la línea estuviera construida con conductor de tierra, los cálculos serian análogos, simplemente con cambiar los parámetros del conductor de tierra por los del conductor de fase.

Apoyo de alineación-suspensión

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_V * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.41)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.42)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no esta presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.43)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_H: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Los esfuerzos transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento más hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.44)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue.

$$T = d_M * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD60} * N_{CAD}$$

(A.C.45)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo, en líneas de categoría no especial, y como la 2ª hipótesis de viento mas hielo en las líneas de categoría especial.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 15% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{8}{100} * T_0$$

(A.C.46)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.47)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * T_0$$

(A.C.48)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo de alineación-amarre

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.49)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.50)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.51)

En donde:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_{HF} * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.52)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue.

$$T = d_M * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD60} * N_{CAD}$$

(A.C.53)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.54)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * T_0$$

(A.C.55)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = T_0$$

(A.C.56)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo de alineación-anclaje

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.57)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.58)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.59)

En donde:

- V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.
- p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.
- T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.
- T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.
- n_1: Pendiente del vano anterior.
- n_2: Pendiente del vano posterior.
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_{HF} * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.60)

En donde:

- V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.
- p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue.

$$T = d_M * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD60} * N_{CAD}$$

(A.C.61)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

$$L = \frac{50}{100} T_0$$

(A.C.62)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias, en función de si la línea es o no de categoría especial.

Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

(A.C.63)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo de ángulo-suspensión

1ª hipótesis viento

La hipótesis de viento se tendrá que calcular en la tres zonas de cálculo reglamentarias, en las condiciones de –5ºC, -10ºC y -15ºC de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento.

En primer lugar según la ITC-LAT 07 3.5.3 del Reglamento se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, para ello utilizaremos la ecuación correspondiente a la hipótesis de viento.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_V * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.64)

En donde:

- *V:* Cargas verticales por conductor y fase en daN.
- *p:* Peso por metro lineal del conductor en daN/m.
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.
- C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.
- n_1: Pendiente del vano anterior.
- n_2: Pendiente del vano posterior.
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. Además en este caso al ser un apoyo de ángulo será necesario valorar también la resultante de ángulo, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + 2 * T_V * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.65)

En donde:

- *T:* Esfuerzo transversal en daN.
- *d:* Diámetro del conductor en m.
- *v:* Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.
- T_V: Componente horizontal en las condiciones de viento en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis hielo

La segunda hipótesis de cálculo para apoyos de ángulo solo será necesario su cálculo en las zonas B y C reglamentarias ya que en la zona A no existe la hipótesis de hielo. En primer lugar se tendrán que calcular las cargas permanentes aplicando la ecuación correspondiente a las condiciones de hielo.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.66)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Al ser un apoyo de ángulo si aplica el esfuerzo transversal, que en este caso será.

$$T = 2 * T_H * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.67)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_H: Componente horizontal de la tensión en condiciones de hielo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2ª hipótesis viento más hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.68)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal, que combinará el esfuerzo por viento sobre el manguito de hielo más la resultante de ángulo correspondiente, y deberá calcular como sigue.

$$T = d_{MH} * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD\,60} * N_{CAD} + 2 * T_{VH} * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.69)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{VH}: Componente horizontal en las condiciones de viento mas hielo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo, en líneas de categoría no especial, y como la 2ª hipótesis de viento mas hielo en las líneas de categoría especial.

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

$$T = 2 * T_0 * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.70)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 15% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{8}{100} * T_0$$

(A.C.71)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.72)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * T_0$$

(A.C.73)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Los esfuerzos verticales y transversales serán los mismos que para la tercera hipótesis.

Apoyo de ángulo-amarre

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.74)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. En este caso habrá que combinarlo con la acción de la resultante de ángulo que se produce en este tipo de apoyos, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.75)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{V1}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{V2}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.76)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

$$T = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.77)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{H1}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{H2}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_{HF} * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.78)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue, combinando el esfuerzo del viento sobre el manguito de hielo mas la resultante de ángulo correspondiente.

$$T = d_{MH} * v_{F60} * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD\ 60} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{VH1} + T_{VH2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{VH1} - T_{VH2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.79)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{VH1}:Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{VH2}:Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En cuanto al esfuerzo transversal será en correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de esta tercera hipótesis, según sigue:

$$T = \sqrt{\left[(T_{01} + T_{02}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{01} - T_{02}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.80)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{01}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{02}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.81)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * T_0$$

(A.C.82)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

4ª hipótesis rotura de conductores

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = T_0$$

(A.C.83)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Los esfuerzos verticales y transversales serán los mismos que para la tercera hipótesis.

Apoyo de ángulo-anclaje

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.84)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. En este caso habrá que combinarlo con la acción de la resultante de ángulo que se produce en este tipo de apoyos, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.85)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{V1}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{V2}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.86)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

$$T = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.87)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{H1}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{H2}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.88)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue, combinando el esfuerzo del viento sobre el manguito de hielo mas la resultante de ángulo correspondiente.

$$T = d_{MH} * v_{F60} * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD\ 60} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{VH1} + T_{VH2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{VH1} - T_{VH2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.89)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{VH1}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{VH2}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En cuanto al esfuerzo transversal será en correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de esta tercera hipótesis, según sigue:

$$T = \sqrt{\left[(T_{01} + T_{02}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{01} - T_{02}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.90)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{01}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{02}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

$$L = \frac{50}{100} T_0$$

(A.C.91)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias, en función de si la línea es o no de categoría especial.

Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

(A.C.92)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo principio/final de línea

1ª hipótesis viento

Como en los demás apoyos la primera hipótesis de cálculo será aplicable en las tres zonas de cálculo, pero en este caso como ocurría con el apoyo de ángulo actúan dos esfuerzos simultáneamente como se verá mas adelante. En primer lugar se deberá calcular el esfuerzo vertical debido a la acción del viento sobre conductores y cadenas de aisladores, a la temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, para las zonas A, B y C, cuya expresión es la que sigue.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Principio de línea.

$$V = p * \left[\frac{a_2}{2} - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.93)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

- Final de línea.

$$V = p * \left[\frac{a_1}{2} + C_{V1} * tan(n_1)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.94)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Como se dijo anteriormente en esta hipótesis se dan simultáneamente dos esfuerzos que son la presión del viento sobre conductores y cadena de aisladores y el desequilibrio de tracciones. En primer lugar calcularemos el esfuerzo transversal debido a la acción del viento, para los conductores utilizaremos la ecuación que sigue.

$$T = d * v * \frac{a}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.95)

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a: Longitud proyectada del vano en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Seguidamente tendremos que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones, que en este caso de la primera hipótesis se tendrá que calcular bajo las condiciones de –5ºC, -10ºC y -15ºC de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento, por otra parte el porcentaje a aplicar en este tipo de apoyos según al ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.4 del Reglamento será del cien por cien de las tracciones unilaterales de los conductores, así pues la ecuación quedará en la forma.

$$L = \%P * T_0$$

(A.C.96)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en la hipótesis en daN.

2ª hipótesis hielo

La segunda hipótesis para el apoyo final/principio de línea difiere un poco de las de los demás apoyos ya que en ella se integra el cálculo del esfuerzo debido al desequilibrio de tracciones. En primer lugar se tendrá que calcular los esfuerzos verticales que gravitan sobre el apoyo, como en anteriores casos utilizaremos la ecuación propuesta para el caso de la hipótesis de hielo, dicha ecuación es la que sigue.

- Principio de línea.

$$V = \left[p_H * \frac{a_2}{2} - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.97)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

- Final de línea.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1}{2} + T_{H1} * tan(n_1)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.98)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Aquí tenemos también que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones de acuerdo a la siguiente expresión.

$$L = \%P * T_0$$

(A.C.99)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión a aplicar en la hipótesis en daN.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

- Principio de línea.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V = p_H * \left[\frac{a_2}{2} - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.100)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1}{2} + C_{VH1} * tan(n_1)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.101)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue, combinando el esfuerzo del viento sobre el manguito de hielo mas la resultante de ángulo correspondiente.

$$T = d_{MH} * v_{60} * \frac{a}{2} + E_{VCAD\,60} * N_{CAD}$$

(A.C.102)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

d_{MH}: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a: Longitud proyectada del vano en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Aquí tenemos también que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones de acuerdo a la siguiente expresión.

$$L = T_0$$

(A.C.103)

En donde:

L: Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión a aplicar en la hipótesis en daN.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

Esta hipótesis queda anulada en este tipo de apoyos ya que como se ha visto en anteriores apartados queda integrada dentro de la primera y segunda hipótesis por tanto ya esta calculada y el Reglamento prescinde de ella.

4ª hipótesis rotura de conductores

Esta hipótesis es de obligado cálculo en las tres hipótesis reglamentarias, en primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, que para el caso de la zona A se procederá de la igual forma que en la primera hipótesis y para las zonas B y C de igual forma que en la segunda hipótesis de cálculo en las líneas de categoría no especial y como la segunda de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

El porcentaje a aplicar en el cálculo de esta hipótesis según dicta el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4, es del cien por cien, por tanto la ecuación a utilizar es la siguiente.

$$L = T_0$$

(A.C.104)

En donde:

L: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El número de conductores que actúan sobre el apoyo será de uno, excepto en el caso del montaje tresbolillo que serán dos, ya que al romper el conductor que se encuentra solo en uno de los lados, son dos conductores los que no encuentran equilibrio, por tanto son los que producen momento de torsión sobre el apoyo, por tanto en este caso del montaje tresbolillo la rotura de conductores se obtendrá.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$L = T_0 * 2$$

(A.C.105)

En donde:

L: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

En el anexo de cálculo, se ilustran los resultados de cálculo para la presente línea, que definen el árbol de cargas específicas, resultantes de las condiciones de trabajo de cada unos de los apoyos utilizados en este proyecto, de los cuales la empresa fabricante suministradora, ha de certificar y garantizar que sus productos elegidos a tal efecto han de cumplir con dichas especificaciones.

Cimentaciones de los apoyos

Cimentaciones monobloque

Sobre el apoyo se producen dos momentos flectores que debe soportar el macizo de cimentación que sustenta al apoyo. En primer lugar se produce el momento flector debido a la acción del tiro de conductores y que se calculará mediante la siguiente expresión.

$$M_{VC} = E_{Cond} * \left(H_{RC} + \frac{2}{3} * h\right)$$

(A.C.106)

En donde:

M_{VC}: Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

E_p: Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores en daN.

H_{RC}: Altura del punto de aplicación del esfuerzo en metros.

h: Altura del macizo de cimentación en metros.

El segundo momento de vuelco que actúa sobre el apoyo es el debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo, que se calculará con la ecuación.

$$M_{VV} = E_{VApoyo} * \left(\frac{H_T}{2} + \frac{2}{3} * h\right)$$

(A.C.107)

En donde:

M_{VV}: Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

E_{VApoyo}: Esfuerzo producido por el viento sobre la superficie del apoyo en daN.

H_T: Altura de la silueta del apoyo expuesta al viento en metros.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

h: Altura del macizo de cimentación en metros.

Para el cálculo de la cimentación se utiliza el método utilizado por la asociación de ingenieros suizos, el método se basa en la ecuación de Sulzberger. Según la ITC-LAT 07 apartado 3.6.1 del Reglamento, se fija un coeficiente de seguridad para las hipótesis normales de 1,5.

$$M_{VC} + M_{VV} \leq \frac{M_{ABS}}{1{,}5}$$

(A.C.108)

En donde:

M_{VC}: Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

M_{VV}: Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

M_{ABS}: Momento estabilizador absorbido por la cimentación en daNm.

Se adopta como forma para el cimiento del apoyo un prisma de sección cuadrada, prolongándose este 20 cm por encima del nivel del terreno de forma que sirva de protección para el apoyo. Por otra parte se establece un ángulo de giro máximo para el cimiento definido por su tangente de 0,01.

El momento estabilizador del cimiento esta formado por dos componentes, el primero es el debido al empotramiento lateral del macizo en el terreno y el segundo es el que ofrece la reacción del terreno debido al peso del macizo de cimentación, apoyos, cables y cadenas de aisladores con sus herrajes correspondientes. Estos dos momentos dan lugar al momento estabilizador de la cimentación según la ecuación de Sulzberger.

$$M_{ABS} = 139 * C_2 * a * h^4 + a^3 * (h + S) * R_H * \left(0{,}5 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{1{,}1 * h}{10 * a * C_2}}\right)$$

(A.C.109)

En donde:

M_{ABS}: Momento estabilizador absorbido por la cimentación en daNm.

a: Anchura del cimiento en metros.

b: Largo del cimiento en metros.

h: Profundidad del cimiento en metros.

C_2: Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad en daN/cm3.

Tierras

Todas las estructuras metálicas de los apoyos, irán unidas directamente a tierra mediante conductores de 50 mm^2 de cobre y picas de cobre.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Dada la naturaleza del terreno, y no pudiendo prever la resistencia de difusión de la puesta a tierra que se obtendrá en cada uno de los apoyos, se ha proyectado esta instalación de acuerdo con la ITC-LAT 07 en su apartado 7.

Asimismo, en los apoyos emplazados en zonas de pública concurrencia, las tomas de tierra se dispondrán en anillo cerrado y enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro de distancia de las aristas del macizo de la cimentación.

De esta forma también será ejecutada la instalación de toma de tierra en anillo en aquellos apoyos que soporten elementos de maniobra de cualquier tipo.

Teniendo en cuenta que el sistema de protecciones existente en todas las Subestaciones de esta Empresa suministradora, está concebido de tal forma que los relés de protección están tarados para una intensidad de arranque del 6% de la intensidad nominal del transformador de intensidad y puesto que los transformadores de intensidad usados son los de relación 400/5 ó 200/5 A, en el caso más desfavorable, el de relación 400/5 A, el umbral de funcionamiento es de 0,06 x 400 = 24 A.

Como la intensidad de defecto a tierra está limitada a 300 A. en las líneas de distribución (por la resistencia de puesta a tierra del transformador), el 50% de esta intensidad es de 150 A, valor muy superior a los 24 A de intensidad de arranque del sistema de protecciones.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será totalmente reglamentaria la existencia de resistencias de difusión a tierra con valores superiores a 20 Ω en aquellos apoyos que no estén en zonas de pública concurrencia, ni soporten aparatos de maniobra.

Los cálculos de la puesta a tierra se dan en los anexos de cálculo correspondientes.

3.1.5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Distancia de los conductores al terreno

Según la ITC-LAT 07 apartado 5.5 del Reglamento los apoyos deben tener una altura suficiente para que los conductores cuando se produzca su flecha máxima vertical, queden siempre por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegable, dicha altura mínima viene fijada por la siguiente ecuación:

$$5{,}3 + d_{el}\,(m)$$

(A.C.110)

En donde:

d_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disrruptiva ente conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Puede ser tanto interna como externa, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

Con un mínimo de 6 metros, para el caso del proyecto que nos ocupa será de 6,00.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 8,24 m m, en el caso mas desfavorable de este proyecto.

Distancia entre conductores

Viene definida por la longitud del vano, para cada caso se define, según el programa, la separación de crucetas más adecuada.

El Reglamento de líneas en su ITC-LAT 07 apartado 5.4 obliga a que los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, la distancia tiene que ser suficiente para que no exista riesgo de cortocircuito entre fases ni a tierra. Teniendo siempre presentes los efectos de oscilación de los conductores debidos a la acción del viento y al desprendimiento de la nieve que se pueda acumular en la superficie de estos. La expresión que calcula según Reglamento esta distancia mínima entre conductores es la que sigue:

$$D = K * \sqrt{F + L} + K^{'} * D_{PP}$$

(A.C.111)

En donde:

- *D:* Separación entre conductores en metros.
- *K:* Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.
- *F:* Flecha máxima en metros según ITC-LAT 07 apartado 3.2.3 del Reglamento de líneas.
- *L:* Longitud de la cadena de suspensión en metros. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores fijos esta longitud de cadena será de cero metros.
- *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 líneas.
- D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido

Para el cálculo del coeficiente K, se utilizará la siguiente expresión en la zona A:

$$tg(\gamma) = \frac{v * d}{p}$$

(A.C.112)

En donde:

- *v:* Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16mm.
- *d:* Diámetro en metros del conductor.
- *P:* Peso del conductor en daN/m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Y para las zonas B y C:

$$tg(\gamma) = \frac{v * d}{S_H}$$

(A.C.113)

En donde:

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16mm.

d: Diámetro en metros del conductor.

S_H*:* Peso del conductor mas el manguito de hilo según zona en daN/m.

Con el valor del ángulo resultante del ángulo de oscilación y utilizando la tabla siguiente extraída de la ITC-LAT 07 apartado 5.4.1 del Reglamento se obtendrá el valor correspondiente para el coeficiente K a aplicar la ecuación del cálculo de la distancia entre conductores.

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65º	0,7	0,65
Comprendido entre 40 y 65º	0,65	0,6
Inferior a 40º	0,6	0,55

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 3,00 m, en el caso mas desfavorable de este proyecto.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

3.1.6. CUADROS DE RESULTADOS

Cuadro nº 1

Cálculo de conductores de fase - tensiones reglamentarias

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

	Zona A	Zona B	Zona C
	-5°C+V(120km/h)	-10°C+V(120km/h), -15°C+H, -15°C+H+V	-15°C+V(120km/h), -20°C+H, -20°C+H+V

Tramo		Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Reg.	Const. Caten.	Cálc.	E.D.S. Valor máxi.	T.H.F. Temp.	%	Tensiones y Flechas T.máxima viento	T.máxima hielo	T.máxima hielo+viento	T.Viento 1/2 (120km/h)	15ºC+V (120km/h)		0ºC+H		50ºC	
				(m)	(m)	(m)		%	%	ºC		T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1-	2	LA-56	C	53	-2,58	53	397	10,32	15,00	10	22,50	417	594	617	359	286	0,73	512	0,89	76	0,85
2-	3	LA-56	C	109	2,37	126	443	5,89	15,00	10	6,67	309	602	644	186	281	3,15	573	3,35	84	3,26
3-	4			138	1,87												5,06		5,38		5,24

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2

SERGIO PAREDES GARCIA, colegiado nº 0026543

VISADO

Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 54,60mm²

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo		Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas -5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC	
				(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1-	2	LA-56	C	52,59	-2,58	53,00	257	0,25	224	0,29	195	0,33	169	0,39	147	0,44	129	0,50
2-	3	LA-56	C	109,18	2,37	126,03	102	2,70	100	2,76	98	2,81	96	2,86	94	2,92	93	2,97
3-	4			137,96	1,87			4,33		4,42		4,51		4,59		4,68		4,76

Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 54,60mm²

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo		Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano	Tensiones y Flechas															
						Regulación	25ºC			30ºC			35ºC		40ºC		45ºC			50ºC		
				(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1-	2	LA-56	C	52,59	-2,58	53,00	115	0,57	104	0,63	95	0,69	87	0,74	81	0,80	76	0,85				
2-	3	LA-56	C	109,18	2,37	126,03	91	3,02	90	3,07	88	3,12	87	3,17	86	3,22	84	3,26				
3-	4			137,96	1,87			4,84		4,92		5,00		5,08		5,16		5,24				

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 7

Cálculo de apoyos nº1

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coeficien. de seguridad	Conduct.	1ª Hipótesis Viento			2ª Hipótesis Hielo			2ª Hipótesis Hielo+Viento			3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones			4ª Hipótesis Rotura de conductores Fases no afectadas			4ª Hipótesis Rotura de conductores Fases afectadas			Esf.tor. aplica.
					Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	daN
1	P.Línea	——	N	Fase	21	28	417	73	—	594	72	18	617	—	—	—	—	—	617	—	—	—	617
2	Ali-Ama	——	N	Fase	26	71	—	82	—	—	84	51	—	82	—	97	82	—	—	41	—	644	644
3	Ali-Sus	——	N	Fase	32	80	—	173	—	—	173	71	—	173	—	52	173	—	—	87	—	322	322
4	F.Línea	——	N	Fase	24	52	309	107	—	602	107	41	644	—	—	—	—	—	644	—	—	—	644

Cuadro nº 7

Cálculo de apoyos nº2

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo	Coeficien. de seguridad	Alt. cond. en perfil necesaria m	Altura conductor real m	Desviaci. cadena	Flecha máxima m	Separaci. conduct. m	Contrape. daN	Coeficientes L, N, S		
										Semi suma vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente ángulo S
1	P.Línea	——	N	12,81	15,00	—	0,89	0,82	———	26,50	-0,049	——
2	Ali-Ama	——	N	11,28	14,00	—	3,35	1,31	———	81,00	-0,070	——
3	Ali-Sus	——	N	14,96	17,18	56	5,38	1,67	———	123,50	0,008	——
4	F.Línea	——	N	10,06	13,00	—	5,38	1,58	———	69,00	-0,014	——

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A7776 en SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 9

Elección de apoyos

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra: Hipót.	Condu.	Esfuerzo Vertic. daN	Esfuerzo Trans. daN	Esfuerzo Longi. daN	Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo: Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo Vertic. daN	Esfuerzo Trans. daN	Esfuerzo Longi. daN	Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma. m	Altura de refere. m	Altura libre real m
1	P.Línea	—	N	C	12,81	Tres.	1ª	Fase	21	28	417	Andel A.T.	1ª	1,5	2,73	Fase	1000	28	2401	18,31	3,00	15,00	15,00
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				
						0,82		Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª	Fase	73	—	594	MU 9000-S.15.21	2ª	1,5	2,63	Fase	1300	—	2430	24,45			
							Hielo	Tie.1	—	—	—		Hielo			Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª	Fase	72	18	617		2ª	1,5	2,61	Fase	1300	18	2426	26,00			
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				
							Hielo	Tie.2	—	—	—		Hielo			Tie.2	—	—	—				
							3ª	Fase	—	—	—		3ª	1,2	—	Fase	—	—	—	—			
							Dese.	Tie.1	—	—	—		Dese.			Tie.1	—	—	—				
							trac.	Tie.2	—	—	—		trac.			Tie.2	—	—	—				
							4ª	Fase	—	—	617		4ª	1,2	2,17	Fase	—	—	3200	19,30			
							Rotu.	Tie.1	—	—	—		Rotu.			Tie.1	—	—	—				
							cond.	Tie.2	—	—	—		cond.			Tie.2	—	—	—				
2	Ali-Ama	—	N	C	11,28	Tres.	1ª	Fase	26	71	—	Andel A.T.	1ª	1,5	2,80	Fase	900	540	—	13,23	3,00	14,00	14,00
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				

1,31		Tie.2	—	—	—				Tie.2	—	—	—		
	2ª	Fase	82	—	—	MA	2ª	1,5	3,00	Fase	900	—	—	0,00
	Hielo	Tie.1	—	—	—	1500-S.15.20	Hielo			Tie.1	—	—	—	
		Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—	
	2ª	Fase	84	51	—		2ª	1,5	2,88	Fase	900	644	—	7,96
	Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—	
	Hielo	Tie.2	—	—	—		Hielo			Tie.2	—	—	—	
	3ª	Fase	82	—	97		3ª	1,2	2,25	Fase	900	—	795	12,16
	Dese.	Tie.1	—	—	—		Dese.			Tie.1	—	—	—	
	trac.	Tie.2	—	—	—		trac.			Tie.2	—	—	—	
	4ª	Fase	41/82	—	644		4ª	1,2	1,81	Fase	225/450	—	1300	49,57
	Rotu.						Rotu.							
	cond.	Tie.1	—	—	—		cond.			Tie.1	—	—	—	
		Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 9

Elección de apoyos

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra: Hipót.	Condu.	Esfuerzo Vertic. daN	Esfuerzo Trans. daN	Esfuerzo Longi. daN	Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo: Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Esfuerzo Vertic. daN	Esfuerzo Trans. daN	Esfuerzo Longi. daN	Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma. m	Altura de refere. m	Altura libre real m
3	Ali-Sus	—	N	C	14,96	Tres.	1ª	Fase	32	80	—	Andel A.T.	1ª	1,5	2,78	Fase	900	540	—	14,82	3,00	18,00	17,18
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				
						1,67		Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª	Fase	173	—	—	MA 1500-S.15.20	2ª	1,5	3,00	Fase	900	—	—	0,00			
							Hielo	Tie.1	—	—	—		Hielo			Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª	Fase	173	71	—		2ª	1,5	2,83	Fase	900	644	—	11,02			
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				
							Hielo	Tie.2	—	—	—		Hielo			Tie.2	—	—	—				
							3ª	Fase	173	—	52		3ª	1,2	2,32	Fase	900	—	795	6,48			
							Dese.	Tie.1	—	—	—		Dese.			Tie.1	—	—	—				
							trac.	Tie.2	—	—	—		trac.			Tie.2	—	—	—				
							4ª	Fase	87/173	—	322		4ª	1,2	2,10	Fase	225/450	—	1300	24,78			
							Rotu. cond.	Tie.1	—	—	—		Rotu. cond.			Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
4	F.Línea	—	N	C	10,06	Tres.	1ª	Fase	24	52	309		1ª	1,5	2,78	Fase	1000	52	2394	14,74	3,00	13,00	13,00

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A7776 en SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

	Vien.	Tie.1	—		—	—	Andel A.T.	Vien.			Tie.1	—		—	—	
1,58		Tie.2	—		—	—					Tie.2	—		—	—	
	2ª	Fase	107		—	602		2ª	1,5	2,63	Fase	1300		—	2430	24,76
	Hielo	Tie.1	—		—	—	MU	Hielo			Tie.1	—		—	—	
		Tie.2	—		—	—	9000-S.15.21				Tie.2	—		—	—	
	2ª	Fase	107		41	644		2ª	1,5	2,58	Fase	1300		41	2420	27,86
	Vien.	Tie.1	—		—	—		Vien.			Tie.1	—		—	—	
	Hielo	Tie.2	—		—	—		Hielo			Tie.2	—		—	—	
	3ª	Fase	—		—	—		3ª	1,2	—	Fase	—		—	—	—
	Dese.	Tie.1	—		—	—		Dese.			Tie.1	—		—	—	
	trac.	Tie.2	—		—	—		trac.			Tie.2	—		—	—	
	4ª	Fase	—		—	644		4ª	1,2	2,16	Fase	—		—	3200	20,14
	Rotu.	Tie.1	—		—	—		Rotu.			Tie.1	—		—	—	
	cond.	Tie.2	—		—	—		cond.			Tie.2	—		—	—	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

Cuadro nº 10

Cálculo de cadenas de aisladores

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo cm/kV	Calculado cm/kV	C. rotura daN	Pesos daN	T. máxima daN	C. normal.	C. anorma.
1	P.Línea	LA56-30kV-ANC-SIM-VID-AVI	1,80	2,06	4000	73	617	54,86	6,48
2	Ali-Ama	LA56-30kV-ANC-SIM-VID-AVI	1,80	2,06	4000	84	644	47,78	6,21
3	Ali-Sus	LA56-30kV-SUS-SIM-VID-AVI	1,80	2,06	2500	173	322	14,43	7,76
4	F.Línea	LA56-30kV-ANC-SIM-VID-AVI	1,80	2,06	4000	107	644	37,36	6,21

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 13

Mediciones según cálculo

Proyecto: PE Cararrillo.pro

1	Excavación para cimentación de apoyos	m³	32,02
2	Hormigonado para cimentación de apoyos	m³	34,65
3	Longitud total de la línea	m	300,96
4	Tipo de conductor		LA-56
5	Longitud de conductor	m	902,87
6	Peso total del conductor	kg	170,64
7	Cadenas de amarre de vidrio		12
8	Cadenas de amarre poliméricas		0
9	Cadenas de suspensión de vidrio		3
10	Cadenas de suspensión poliméricas		0
11	Toma de tierra con picas		4
12	Toma de tierra en anillo		0
13	Peso de los apoyos	kg	7069,00
14	Nº de tramos		2
15	Nº vanos de regulación		2
16	Tipo de apoyos (Andel)		Andel A.T.
17	Nº de apoyos a instalar		4
18	Zona de tendido A	m	0,00
19	Zona de tendido B	m	0,00
20	Zona de tendido C	m	300,96
21	Distancia mínima de seguridad adoptada		(V. nº 3)
			11,28

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 00265[illegible]
VISADO

Cuadro nº 14

Cálculos eléctricos

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Intensidad máxima								Caída de tensión						Potencias máximas		Pérdidas de potencia	
Densidad máxima corriente	Sección conduct.	Intensid.	Frecuenc. de la red	Distancia media geométr.	Diámetro del conduct.	Reactanc.	Resisten. eléctrica conduct.	Tensión de la línea	Intensid. de la Línea	Longitud de la línea	Factor de potencia	Caída de tensión Valor	Caída de tensión Porcenta.	Por intensid. máxima	Por c.tensión (5%)	Valor	Porcenta.
A/mm²	mm²	A	Hz	mm	mm	Ohm/km	Ohm/km	kV	A	km		V	%	kW	kW	kW	%
3,651	54,60	199,34	50	3797	9,449	0,436	0,614	30,00	115,5	0,300	0,898	44,55	0,15	9,3	54,4	7,36	0,14

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 15

Apoyos y crucetas normalizadas Andel S. A.

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

Apoyo nº	Apoyo elegido				Armado y cruceta elegida					
	Referencia del apoyo según catálogo del fabricante	Altura normaliz. m	Recrecido cabeza daN	Altura total daN	Armado base	Longitud crucetas m	Referenc. armado	Separación crucetas m	Separación conductores m	Referencia cruceta	Cruceta tipo
1	Andel A.T. MU.9000-S.15.21	15,00	—	15,00	(Cruceta fuera de catálogo, consulte fabricante.)						
2	Andel A.T. MA.1500-S.15.20	14,00	—	14,00	(Cruceta fuera de catálogo, consulte fabricante.)						
3	Andel A.T. MA.1500-S.15.20	18,00	—	18,00	(Cruceta fuera de catálogo, consulte fabricante.)						
4	Andel A.T. MU.9000-S.15.21	13,00	—	13,00	(Cruceta fuera de catálogo, consulte fabricante.)						

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 16

Relación de materiales para presupuesto - Apoyos

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

Cantidad	Apoyo elegido Referencia del apoyo según catálogo del fabricante	Altura normaliz. m	Recrecido cabeza daN	Altura total daN
1	Andel A.T. MA.1500-S.15.20	14,00	—	14,00
1	Andel A.T. MA.1500-S.15.20	18,00	—	18,00
1	Andel A.T. MU.9000-S.15.21	13,00	—	13,00
1	Andel A.T. MU.9000-S.15.21	15,00	—	15,00

Cuadro nº 17

Relación de materiales para presupuesto - Armados

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

Cantidad	Armado y cruceta elegida						
	Armado base	Referenc. armado	Longitud crucetas m	Separación crucetas m	Separación conductores m	Referencia cruceta	Cruceta tipo
2	Tresbolillo	S.15.20	2,00	1,50	3,00		
2	Tresbolillo	S.15.21	2,00	1,50	3,00		

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 18

Abaniqueos

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Vano	Separación de fases						Montajes elegidos	
	En el vano		Apoyo izquierdo		Apoyo derecho		Apoyo izquierdo	Apoyo derecho
	Necesaria (m)	Mínima (m)	Cálculo (m)	Necesaria (m)	Cálculo (m)	Necesaria (m)		

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 19

Cálculo de eolovanos y gravivanos

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Cota apoyo m	Altura libre m	Desni. poster. m	Vano poster. m	Tipo de condu.	Eolo-vano m	1ª Hipótesis viento Gravi. m	1ª Hipótesis viento P.ver. daN	1ª Hipótesis viento Tense daN	2ª Hipótesis Hielo Gravi. m	2ª Hipótesis Hielo P.ver. daN	2ª Hipótesis Hielo Tense daN	2ª Hipótesis Hielo+Viento Gravi. m	2ª Hipótesis Hielo+Viento P.ver. daN	2ª Hipótesis Hielo+Viento Tense daN	Hipótesis de flecha mínima Gravi. m	Hipótesis de flecha mínima P.ver. daN	Hipótesis de flecha mínima Tense daN
1	P.Línea	——	1081,62	12,81	-2,58	52,6	Fase	26,30	57,66	34,43	417,05	594,23	48,82	63,19	617,45	46,06	64,88	123,48	22,89	367,39
2	Ali-Ama	——	1080,58	11,28	2,37	109,2	Fase	80,89	39,25	23,44	308,71	601,64	48,27	62,45	644,40	52,00	73,21	-29,05	-5,38	108,91
3	Ali-Sus	——	1079,27	14,96	1,87	138,0	Fase	123,57	127,43	76,20	308,71	601,64	127,37	165,05	644,40	127,00	179,11	128,36	23,82	108,91
4	F.Línea	——	1086,04	10,06	—	—	Fase	68,98	75,98	45,48	—	—	75,28	97,67	—	74,67	105,44	76,27	14,17	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 20

Cálculo de puesta a tierra

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Apoyo nº	Tipo	Corriente de Falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resis. de puesta a tierra: Coef. de resisten. Ohm/(Ohm*m)	Resis. de puesta a tierra: Valor Ohm	Tensiones de contacto: Coef. de t. contac. V/(Ohm*m)	Tensiones de contacto: Tensión Reglam. V	Tensiones de contacto: T. cálculo apoyo V	Tensiones de contacto: Diseño válido	Tensiones de paso: Coef. de t. paso V/(Ohm*m)	Tensiones de paso: Tensión Reglam. V	Tensiones de paso: T. cálculo apoyo V	Tensiones de paso: Diseño válido	Tensiones de paso en el acceso: Coef. de t.p.acc. V/(Ohm*m)	Tensiones de paso en el acceso: Tensión Reglam. V	Tensiones de paso en el acceso: T. cálculo apoyo V	Tensiones de paso en el acceso: Diseño válido	Medidas correctoras adoptadas
1	P.Línea	25,87	933,05	0,12021	36,06	0,11021	499,80	7528,50	Incorr.	0,01661	42840,00	1134,36	Correc.	0,11021	26520	7528,50	Correc.	Sin adoptar
2	Ali-Ama	28,20	1138,51	0,13457	40,37	0,13110	499,80	8476,15	Incorr.	0,01493	42840,00	965,01	Correc.	0,13110	26520	8476,15	Correc.	Sin adoptar
3	Ali-Sus	37,95	1368,47	0,12021	36,06	0,11021	499,80	7528,50	Incorr.	0,01661	42840,00	1134,36	Correc.	0,11021	26520	7528,50	Correc.	Sin adoptar
4	F.Línea	44,17	1593,09	0,12021	36,06	0,11021	499,80	7528,50	Incorr.	0,01661	42840,00	1134,36	Correc.	0,11021	26520	7528,50	Correc.	Sin adoptar

Cuadro nº 25

Cálculo de distancias a partes metálicas

Proyecto: PE Cararrillo.pro

Apoyo nº	Tipo	Apoyos de ángulo					Apoyos de suspensión			
		Distancia eléctrica (del) m	Distancia latiguillo m	Ángulo mínimo posible (Sexa.)	Ángulo apoyo (Sexa.)	Ángulo desviación cadena máximo °	Ángulo desviación apoyo °	Distancia cruceta inferior m	Distancia cruceta superior m	Distancia a cabeza m
3	Ali-Sus	0,35	——	——	——	64,63	55,93	2,16	0,35	0,82

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.2. TRAMO 2 – VANO FLOJO CONEXIÓN A RED

3.2.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

La reactancia kilométrica de la línea viene dada por la siguiente ecuación.

$$X_K = \omega L_K = 2\pi f L_K$$

(A.C 114)

En donde:

X_K: Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km.

ω: Pulsación de la corriente eléctrica.

L_K: Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.

f: *Frecuencia de la red en Hz.*

Para calcular el coeficiente de autoinducción por kilómetro de la línea utilizamos la expresión.

$$L_K = \frac{1}{n_{Cir}} * \left[\frac{\mu}{2 * n} + 4{,}605 * log_{10}\frac{DMG}{r_{eq}}\right] * 10^{-4}$$

(A.C.115)

En donde:

L_K: Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.

n_{cir}: Número de circuitos de la línea.

μ: Permeabilidad magnética del conductor. Que para el cobre, aluminio, aluminio-acero tiene un valor de 1.

n: Número de conductores por fase.

DMG: Separación media geométrica en milímetros.

r_{eq}: Radio equivalente del conductor en milímetros.

Intensidad máxima admisible en el conductor

De acuerdo con el punto 4.2.1 de la ITC-LAT 07, para el conductor utilizado en la presente línea eléctrica de sección mm2 la densidad máxima de corriente permitida es de A/mm2. Por tanto la intensidad máxima admitida por el conductor se obtendrá mediante la ecuación.

$$I_{Máx.} = \delta * S$$

(A.C.116)

En donde:

$i_{Máx.}$: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

δ: Densidad máxima de corriente en A/mm^2.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

S: Sección del conductor en milímetros.

Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea, despreciando la capacidad viene dada por:

$$\Delta V = I\left[R_K cos(\varphi) + X_K cos(\varphi)\right]L$$

(A.C.117)

En donde:

ΔV.: Caída de tensión en voltios.

I: Intensidad de la línea en A.

R_K: Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km.

X_K: Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km.

φ: Factor de potencia.

L: Longitud de la línea en km.

Potencia máxima a transportar

Potencia máxima por intensidad máxima admisible en el conductor

Para calcular la potencia que máxima que se puede transportar por la línea por intensidad se utilizará el valor de intensidad máxima obtenido según el apartado 0, ecuación (A.C.3) del presente anexo, por tanto para calcular la potencia aparente se utilizará la expresión:

$$S_{Máx} = \sqrt{3} * I_{Máx} * V$$

(A.C.118)

En donde:

$S_{Máx.}$: Potencia aparente máxima por límite térmico en kVA.

$I_{Máx.}$: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

V: Tensión eléctrica de la línea en kV.

Y para la potencia aparente:

$$P_{Máx} = \sqrt{3} * I_{Máx} * V * cos(\varphi)$$

(A.C.119)

En donde:

$P_{Máx.}$: Potencia activa máxima por límite térmico en kW.

$I_{Máx.}$: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

V: Tensión eléctrica de la línea en kV.

Potencia máxima a transportar por caída de tensión

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Para comprobar la potencia que se puede transportar con la longitud de la línea con una determinada caída de tensión. Para ello utilizaremos el momento eléctrico, que nos ofrece la siguiente ecuación.

$$P_{Max} = \frac{U^2 * u\%}{\left(R_K + X_k * tg(\varphi)\right) * L_{Línea} * 100}$$

(A.C.120)

En donde:

$P_{Máx.}$: Potencia activa máxima por caída de tensión en kW.

U: Tensión eléctrica de la línea en kV.

u: Caída de tensión porcentual en %.

R_K: Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km.

X_K: Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km.

φ: Factor de potencia.

L_{Linea}: Longitud de la línea en km.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO

Tipos de cadenas

Cadenas de suspensión

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena:

Cadenas de suspensión de cruce

Este tipo de cadena solo se usará en apoyos de alineación con seguridad reforzada por cruzamiento de accidentes que así lo precisen, como: carreteras, ríos, ramblas, ferrocarril, casas, naves, invernaderos, etc.

Doble cadena y varilla preformada, cada cadena estará compuesta por:

Cadenas de anclaje-amarre

Doble cadena, cada cadena estará compuesta por:

Cadenas de anclaje-amarre de cruce

Doble cadena, cada cadena estará compuesta por:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

Descripción

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero de de sección total, con las características que a continuación se citan.

Cálculo mecánico de los conductores

El trazado de la línea esta comprendido entre las cotas m. y m. por lo que según el vigente Reglamento esta línea se encuentra en ZONA .

Constante de catenaria para el trazado de la línea

La constante de catenaria viene definida por la siguiente expresión:

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

(A.C.121)

En donde:

C: Constante de la catenaria en m.

T: Tensión mecánica en daN.

p: Peso del conductor en daN/m.

Para el trazado de la línea se deberá utilizar la curva catenaria que produzca las flechas verticales máximas, dichas flechas máximas se producirán en cada zona en las hipótesis que muestra la siguiente tabla:

Zona	Hipótesis
A	- Temperatura considerada con el peso propio del conductor
B	- Temperatura considerada con el peso propio del conductor - 0° más la sobrecarga de hielo
C	- Temperatura considerada con el peso propio del conductor - 0° más la sobrecarga de hielo

La constante menor y más vertical determinará la constante con la que se dibujara la línea eléctrica. Estas dos constantes son.

$$c_{Temp.} = \frac{T_{Temp.}}{p_{Cond}}$$

(A.C.122)

$$c_{0+H} = \frac{T_{0+H}}{S_H}$$

(A.C.123)

En donde:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

C: Constante de la catenaria en m.

T_{Temp}: Tensión mecánica en las condiciones de temperatura máxima fijada para el conductor en daN.

p: Peso del conductor sin sobrecarga en daN/m.

T: Tensión mecánica en las condiciones de 0° y la sobrecarga de hielo en daN.

S_H: Peso del conductor mas el manguito de hielo considerado en las zonas B y C en daN/m.

Se escogerá la menor constante de las hipótesis anteriores, que por otra parte será la que produzca una curva más vertical, o más cerrada, que origina unas flechas máximas mayores y tensiones menores. Esta constante es aproximada y posteriormente se calculará la constante real en cada alineación o vano de regulación existentes en la línea. Este valor de la constante de catenaria real en cada alineación figura en la tabla del anexo de cálculos.

Vano de regulación

Los tramos de línea que se encuentran entre apoyos con de amarre y anclaje, de alineación ao ángulo y final/principio de línea, que proporcionan puntos fuertes a la línea, tramos entre los cuales se encuentran colocados apoyos de alineación-suspensión o ángulo-suspensión, que deben tener las cadenas perfectamente verticales, se deben igualar las componentes horizontales de la tensión en cada uno de los vanos para que estas cadenas no sufran desviación alguna. Si varían las condiciones de equilibrio aparecen diferencias entre las componentes horizontales de la tensión en los distintos vanos, situación que queda en la realidad compensada por la desviación de las cadenas, que en estas condiciones dejan de estar perfectamente en equilibrio. Por tanto como se puede demostrar las condiciones de equilibrio al modificarse hacen que las componentes horizontales de los vanos que componen la alineación varíen en la misma magnitud, del mismo modo que lo harían las componentes horizontales de un vano con una longitud ficticia denominado vano de regulación. El cálculo de este vano de regulación se realiza para cada una de las alineaciones de las que está compuesta la línea eléctrica, para este cálculo utilizamos la siguiente ecuación.

$$a_r = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_i^2}{a_i}} * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} a_i^3}{\sum_{i=1}^{n} \frac{b_i^2}{a_i}}}$$

(A.C.124)

En donde:

a_r: Longitud del vano de regulación en m.

b_i: Longitud real de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación en m.

a_i: Longitud proyectada de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Componente horizontal máxima

Cuando se ha realizado el trazado de la línea utilizando la constante de catenaria de flechas máximas para trazado elegida, se calcularan las componentes horizontales máximas para cada una de las alineaciones de que consta la línea. Para ello utilizaremos la siguiente ecuación.

$$T_0 = \frac{\left(T_A - \frac{p * |h|}{2}\right) + \sqrt{\left(T_A - \frac{p * |h|}{2}\right)^2 - \frac{b^2 * p^2}{2}}}{2 * \frac{b}{a}}$$

(A.C.125)

En donde:

T_0: Componente horizontal máxima en daN.

T_A: Tensión en el punto mas elevado de fijación del conductor, correspondiente a la carga de rotura del conductor dividida por un coeficiente de seguridad de la línea en daN.

a: Longitud proyectada del vano en m.

b: Longitud real del vano en m.

h: Desnivel del vano en m.

p_Z: Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo en daN/m.

Esta ecuación se aplicará a cada uno de los vanos que componen cada alineación, escogiendo en cada una de las alineaciones el valor más pequeño de la componente horizontal de la tensión, ya que esta componente horizontal de valor menor dará lugar a tensiones menores y por tanto a flechas verticales mayores.

Ecuación de cambio de condiciones

Para el cálculo de las tensiones en la línea eléctrica se utilizará la ecuación de cambio de condiciones, dicha ecuación es la siguiente.

$$\delta * a * (t - t_0) + \frac{a}{S * E} * (T - T_0) = \frac{a^3}{24} * \left(\frac{p^2}{T^2} - \frac{p_0^2}{T_0^2}\right)$$

(A.C.126)

En donde:

δ: Coeficiente de dilatación lineal en $°C^{-1}$.

a: Longitud proyectada del vano en m.

t: Temperatura en las condiciones finales de cálculo de la tensión en °C.

t_0: Temperatura de correspondiente a la zona de cálculo en °C.

S: Sección del conductor en mm^2.

E: Módulo de elasticidad en daN/mm^2.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

T: Componente horizontal en las condiciones finales de cálculo en daN.

T_0: Componente horizontal máxima en cada alineación en daN.

p: Peso del conductor en las condiciones finales de cálculo en daN/m.

p_0: Sobrecarga correspondiente a la sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo en daN/m.

Operando con la ecuación de cambio de condiciones se puede obtener otra ecuación que permita el cálculo de la tensión buscada, como resultado se obtiene la siguiente ecuación.

$$T^2 * (T + A) = B$$

(A.C.127)

Ecuación en la que los coeficientes A y B se pueden obtener fácilmente de la ecuación de cambio de condiciones aplicándose las siguientes ecuaciones.

$$A = \delta * (t - t_0) * S * E - T_0 + \frac{a^2 * p_0^2}{24 * T_0^2} * S * E$$

(A.C.128)

$$B = \frac{a^2 * p^2}{24} * S * E$$

(A.C.129)

Resolviendo la ecuación de tercer grado se obtienen tres soluciones, dos imaginarias conjugadas y una tercera real que corresponderá al valor de la tensión en las condiciones de cálculo buscadas.

Cálculo de flechas

Para el cálculo de flechas se utiliza la longitud real del vano, la ecuación que permite el cálculo de la flecha se obtiene a partir del desarrollo en serie por la fórmula de Mac Laurin de la función.

$$y = c * ch\frac{x}{c}$$

(A.C.130)

En donde:

X: Longitud en m.

C: Constante de la catenaria.

Desarrollando esta ecuación por Mac Laurin hasta el tercer término se obtiene la expresión a utilizar para el cálculo de flechas en las hipótesis de cálculo requeridas y cuya forma es.

$$f = \frac{a * b * p}{8 * T} * \left(1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2}\right)$$

(A.C.131)

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En donde:

f: Valor de la flecha en metros.

p: Peso del conductor en la hipótesis de cálculo en daN/m.

a: Longitud proyectada del vano en metros.

b: Longitud real del vano en metros.

T: Valor de la tensión en las condiciones de cálculo en daN.

El resumen de cálculos de tensiones y flechas, tanto para las hipótesis Reglamentarias, como para la tabla de tendido, figuran en las tablas del anexo de cálculos.

3.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS

Descripción de los apoyos

Creo que aquí hay que hacer una parte para media con apoyos RU y otra para los apoyos de transporte

Cálculo mecánico de los apoyos

Aquí pasa igual que en el caso anterior la introducción esta hecha para RU, habría que hacer una para cada uno e introducirlo desde el programa.

Como es conocido en los apoyos metálicos construidos sobre la base de perfiles laminados en los cuales sus características resistentes están determinadas por los esfuerzos que pueden soportar en dos direcciones perpendiculares, que como es lógico coinciden con la dirección de los dos ejes de simetría del apoyo, y que coinciden con la dirección de la línea y su perpendicular.

Si algún esfuerzo a los que se somete el apoyo no coincide con estas dos direcciones, no se podría utilizar la hipótesis de que el esfuerzo se reparte por igual en las caras de apoyo, dando como resultado en los montantes un esfuerzo superior al que estaría sometido el apoyo si dicho esfuerzo tuviera la dirección de alguno de los ejes de simetría. Por tanto se deberá obtener el esfuerzo equivalente dirigido según el eje de simetría que produzca el mismo esfuerzo aplicado sobre el montante más cargado. Este esfuerzo equivalente se puede calcular con la siguiente expresión.

$$F = F'\left(\cos(\alpha) + \frac{d_1}{d_2} sen(\alpha)\right) = F_X' + \frac{d_1}{d_2} F_Y'$$

(A.C.132)

En donde:

F: Esfuerzo equivalente en la dirección del eje de simetría en daN.

F': Esfuerzo actuante en daN que no se encuentra en la dirección del eje de simetría.

d_1 y d_2: Distancia entre perfiles en las caras del apoyo en m.

F_X' y F_Y': Componentes del esfuerzo en los ejes de simetría del apoyo en daN.

α: Ángulo formado por el esfuerzo con el eje de simetría.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En la línea objeto del proyecto se han utilizado apoyos metálicos de sección cuadrada, apoyos en los cuales d_1 es igual a d_2, por tanto la ecuación anterior como es fácil de deducir para apoyos metálicos de sección cuadrada queda.

$$F = F_X^{'} + F_Y^{'}$$

(A.C.133)

Esfuerzos verticales que actúan sobre los apoyos

Para el cálculo de las cargas verticales se deberán distinguir dos hipótesis, la de viento y la de hielo, y la opcional de viento y hielo combinadas en líneas de categoría no especial y obligatoria en las de categoría especial, por tanto para cada una de ellas utilizaremos una ecuación diferente.

La ecuación de viento se utilizará en todas las hipótesis de cálculo de apoyos en la zona A y la primera hipótesis de las zonas B y C. Por el contrario la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo se utilizará para el cálculo de las hipótesis 2ª, 3ª y 4ª de las hipótesis de cálculo de apoyos reglamentarias para las zonas B y C.

Si la hipótesis de viento mas hielo está presente, se utilizará en la segunda correspondiente en las zonas B y C, en las 3ª y 4ª de las líneas de categoría especial.

Veamos las ecuaciones a utilizar en el cálculo de las cargas verticales o permanentes que gravitan sobre el apoyo.

Hipótesis de viento

Para esta hipótesis de viento tendremos:

$$V_{Viento} = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + c_V * [tg(n_1) \pm tg(n_2)]\right) + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.134)

En donde:

V_{Viento}: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Se debe recordar en este punto la ecuación de cálculo de la constante de la catenaria.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

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

(A.C.135)

En donde:

C: Constante de la catenaria en m.

T: Tensión mecánica en daN.

p: Peso del conductor en daN/m.

Que para las condiciones de cálculo de la hipótesis de viento quedará en la siguiente forma.

$$C_V = \frac{T_V}{p_V}$$

(A.C.136)

En donde:

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como minino, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

T_V: Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

p_V: *Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.*

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$p_V = \sqrt{p^2 + (v * d)^2}$$

(A.C.137)

En donde:

p_V: Sobrecarga de viento en daN/m.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

d: Diámetro en m del conductor.

Para el cálculo de las dos tangentes utilizaremos las siguientes expresiones:

$$tg(n_1) = \frac{h_1}{a_1}$$

(A.C.138)

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$tg(n_2) = \frac{h_2}{a_2}$$

(A.C.139)

En donde:

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

h_1: Desnivel del vano anterior al apoyo en m.

h_2: Desnivel del vano posterior al apoyo en m.

Hipótesis de hielo

Para la hipótesis de hielo tendremos:

$$V_{Hielo} = p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * [tg(n_1) \pm tg(n_2)] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.140)

En donde:

V_{Hielo}: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El cálculo de la sobrecarga de hielo se obtiene utilizando las siguientes expresiones para las zonas B y C.

$$p_H = p + M_H * \sqrt{d}$$

(A.C.141)

En donde:

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

M_H: Manguito de hielo mínimo según zona en daN.

d: Diámetro del conductor en mm.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El manguito de hielo tendrá un valor mínimo de 0,18 daN/m y 0,36 daN/m para las zonas B y C respectivamente, por último d es el valor del diámetro del conductor.

Para altitudes superiores a 1500 m, ha de justificarse el valor del manguito de hielo mediante estudios realizados sobre la zona por donde transcurre la línea, no pudiendo en ningún caso considerar valores inferiores a los indicados anteriormente.

Hipótesis combinada de viento y hielo

En este caso utilizaremos.

$$V_{V+H} = p_H * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + c_{VH} * [tg(n_1) \pm tg(n_2)]\right) + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.142)

En donde:

V_{V+H}: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta ocasión la constante de catenaria se tendrá que calcular en las condiciones de viento mas hielo según sigue:

$$C_V = \frac{T_{VH}}{p_{VH}}$$

(A.C.143)

En donde:

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como minino, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

p_{VH}: Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento y hielo combinado según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

La sobrecarga de viento mas hielo, se obtiene como muestra la siguiente ecuación:

$$p_{VH} = \sqrt{p_H^2 + (V_{VH} * d_{MH})^2}$$

(A.C.144)

En donde:

p_{VH}: Sobrecarga de viento mas hielo en daN/m.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

d_{MH}: Diámetro en m del manguito de hielo en m.

Esfuerzos producidos por la acción de los conductores sobre los apoyos

Esfuerzo del viento

El esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea eléctrica se considera que actúa en la dirección perpendicular a esta, la ecuación que permite el cálculo del esfuerzo del viento sobre los conductores es la siguiente.

$$E_V = \frac{a_1 + a_2}{2} * v * d + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.145)

En donde:

E_V: Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Esta ecuación es válida para apoyos que tengan sus vanos orientados en la dirección de la línea como ocurre en los apoyos de alineación en suspensión, amarre y ángulo, además de principio/final de línea. Pero en los apoyos de ángulo la acción del viento no se produce en la dirección perpendicular a la línea eléctrica sino que lo hace en la dirección de la bisectriz del ángulo que forma la línea. Por tanto será necesario en estos casos multiplicar el esfuerzo anterior por un coeficiente modificándose por tanto la ecuación para el cálculo del esfuerzo del viento en la siguiente forma para los apoyos de ángulo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$E_V = \frac{a_1+a_2}{2} * v * d * \cos\left(\frac{\beta-\alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.146)

En donde:

E_V: Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Desequilibrio de tracciones

El desequilibrio de tracciones actúa en la dirección de la línea y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$D_T = \%P * T$$

(A.C.147)

En donde:

D_T: Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

P: Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 8% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 15% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión, 15% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 25% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre, 100% para apoyos de final/principio de línea y 50% para apoyos de anclaje.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Los apoyos de amarre y anclaje, tanto en alineación como ángulo dividen dos alineaciones sucesivas de la línea por lo cual en cada uno de sus lados existe una componente horizontal diferente de la tensión, de esta forma el criterio de cálculo seguido en estos tipos de apoyos es utilizar en la ecuación anterior el valor de la componente horizontal de la tensión máxima mayor de las dos alineaciones anterior y

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

posterior al apoyo en cuestión, obteniendo así el esfuerzo mayor que se podría producir por desequilibrio de tracciones.

Esta ecuación solo es válida para apoyos metálicos de sección cuadrada que son los utilizados en esta línea.

Rotura de conductores

Según lo indicado anteriormente en esta memoria se puede prescindir del cálculo del esfuerzo de torsión de rotura de conductores para los apoyos de suspensión y amarre, si se cumplen las condiciones impuestas en la ITC-LAT 07 en su punto 3.5.3. Por el contrario si se calculan para los apoyos de anclaje, final/principio de línea en todas las ocasiones.

Como indica el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5, se deberá calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de un conductor, para calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores utilizaremos la siguiente expresión.

$$R_C = \%P * T_0$$

(A.C.148)

En donde:

R_C: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

P: Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 100% para apoyos de final/principio de línea, 100% para apoyos de anclaje, 100% para apoyos de amarre y 50% para apoyos de suspensión de ángulo o alineación.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Resultante de ángulo

En los apoyos de ángulo es necesario calcular la resultante de ángulo para las hipótesis 1ª y 2ª, correspondiente a las condiciones de viento, hielo y en caso de estar presente en viento mas hielo. También será necesario en la 3ª y 4ª hipótesis. Las ecuaciones de cálculo de la resultante de ángulo son las siguientes.

Hipótesis de viento

Esta ecuación se aplicará en la 1ª hipótesis de la zona A, B y C, así como en la 3ª y 4ª hipótesis de la zona A. La ecuación es la siguiente.

$$R_{AV} = \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.149)

En donde:

R_{AV}: Resultante de ángulo en las condiciones de viento en daN.

T_V: Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5ºC, -10ºC y -15ºC, como mínimo en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Hipótesis de hielo

En esta caso la expresión que sigue a continuación será aplicable en la 2ª hipótesis de hielo en las zonas B y C, así como en la 3ª y 4ª hipótesis en líneas de categoría no especial en zonas B y C.

$$R_{AH} = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.150)

En donde:

R_{AH}: Resultante de ángulo en las condiciones de hielo en daN.

T_H: Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura –15ºC como mínimo y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona B, y –20ºC como mínimo y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona C en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Hipótesis combinada de viento más hielo

Si esta hipótesis es considerada en líneas de categoría no especial, se aplicará la ecuación de cálculo en la 2ª hipótesis de viento más hielo en zonas B y C. En líneas de categoría especial, se aplicará además de la anteriormente mencionada de 2ª hipótesis de viento mas hielo en la 3ª y 4ª para línea situadas en zonas B y C.

$$R_{AVH} = \sqrt{\left[(T_{VH1} + T_{VH2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{VH1} - T_{VH2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.151)

En donde:

R_{AH}: Resultante de ángulo en las condiciones de viento mas hielo en daN.

T_{VH}: Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura –15ºC como mínimo y sobrecarga debida al viento mas hielo según zona para la zona B, y –20ºC como mínimo y sobrecarga debida al viento mas hielo según zona para la zona C en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación-suspensión por la acción del viento

Es necesario calcular el ángulo máximo que se desvían las cadenas de aisladores del tipo suspensión bajo la acción del viento para que los conductores y sus partes en tensión nunca superen la distancia mínima a los apoyos.

Para el cálculo de esta desviación de las cadenas de aisladores se considerará según ITC-LAT 07 apartado 5.4.2 del Reglamento una presión debida a la mitad de la acción del viento, la ecuación que proporciona el ángulo que se desvían las cadenas de alineación debido a la acción del viento en los apoyos de alineación es la siguiente.

$$tan(\gamma) = \frac{\frac{v}{2} * d * \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{E_{VCad}}{2}}{p * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{VM} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right) + \frac{P_{Cad}}{2}}$$

(A.C.152)

En donde:

γ: Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{VM}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de –5ºC, –10ºC y –15ºC, para las zonas A, B y C respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

E_{Vcad}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

Desviación de la cadena de aisladores en apoyos de ángulo-suspensión por la acción del viento

En este caso la ecuación a aplicar es.

$$tan(\gamma) = \frac{2 * T_{VM} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + \frac{v}{2} * d * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + \frac{E_{VCad}}{2}}{p * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{VM} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right) + \frac{P_{Cad}}{2}}$$

(A.C.153)

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En donde:

γ: Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{VM}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de –5ºC, –10ºC y –15ºC, para las zonas A, B y C respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

E_{Vcad}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Cálculo de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos

En este apartado se va a tratar el cálculo de los apoyos con sus diferentes hipótesis según fija el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.5.3. Para ello se van a exponer el cálculo de los diferentes tipos de apoyos que fija este artículo del Reglamento.

En estos apartados se van a desarrollar los esfuerzos para el conductor de fase, si la línea estuviera construida con conductor de tierra, los cálculos serian análogos, simplemente con cambiar los parámetros del conductor de tierra por los del conductor de fase.

Apoyo de alineación-suspensión

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_V * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.154)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.155)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no esta presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.156)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_H: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Los esfuerzos transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento más hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.157)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue.

$$T = d_M * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD60} * N_{CAD}$$

(A.C.158)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo, en líneas de categoría no especial, y como la 2ª hipótesis de viento mas hielo en las líneas de categoría especial.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 15% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{8}{100} * T_0$$

(A.C.159)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.160)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * T_0$$

(A.C.161)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo de alineación-amarre

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.162)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.163)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.164)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_{HF} * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.165)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue.

$$T = d_M * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD60} * N_{CAD}$$

(A.C.166)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV, por

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.167)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * T_0$$

(A.C.168)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = T_0$$

(A.C.169)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo de alineación-anclaje

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.170)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.171)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.172)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V = p_{HF} * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.173)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue.

$$T = d_M * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD60} * N_{CAD}$$

(A.C.174)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

$$L = \frac{50}{100} T_0$$

(A.C.175)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias, en función de si la línea es o no de categoría especial.

Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

(A.C.176)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo de ángulo-suspensión

1ª hipótesis viento

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La hipótesis de viento se tendrá que calcular en la tres zonas de cálculo reglamentarias, en las condiciones de –5ºC, -10ºC y -15ºC de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento.

En primer lugar según la ITC-LAT 07 3.5.3 del Reglamento se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, para ello utilizaremos la ecuación correspondiente a la hipótesis de viento.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_V * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.177)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. Además en este caso al ser un apoyo de ángulo será necesario valorar también la resultante de ángulo, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + 2 * T_V * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.178)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_V: Componente horizontal en las condiciones de viento en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis hielo

La segunda hipótesis de cálculo para apoyos de ángulo solo será necesario su cálculo en las zonas B y C reglamentarias ya que en la zona A no existe la hipótesis de hielo. En primer lugar se tendrán que calcular las cargas permanentes aplicando la ecuación correspondiente a las condiciones de hielo.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.179)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Al ser un apoyo de ángulo si aplica el esfuerzo transversal, que en este caso será.

$$T = 2 * T_H * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.180)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_H: Componente horizontal de la tensión en condiciones de hielo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento más hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH} * \left(tan(n_1) - tan(n_2)\right)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.181)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal, que combinará el esfuerzo por viento sobre el manguito de hielo más la resultante de ángulo correspondiente, y deberá calcular como sigue.

$$T = d_{MH} * v_{60} * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD\,60} * N_{CAD} + 2 * T_{VH} * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.182)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{VH}: Componente horizontal en las condiciones de viento mas hielo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo, en líneas de categoría no especial, y como la 2ª hipótesis de viento mas hielo en las líneas de categoría especial.

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

$$T = 2 * T_0 * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

(A.C.183)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 15% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{8}{100} * T_0$$

(A.C.184)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.185)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * T_0$$

(A.C.186)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Los esfuerzos verticales y transversales serán los mismos que para la tercera hipótesis.

Apoyo de ángulo-amarre

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.187)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. En este caso habrá que combinarlo con la acción de la resultante de ángulo que se produce en este tipo de apoyos, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.188)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{V1}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{V2}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.189)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$T = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.190)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{H1}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{H2}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_{HF} * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.191)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue, combinando el esfuerzo del viento sobre el manguito de hielo mas la resultante de ángulo correspondiente.

$$T = d_{MH} * v_{F60} * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD\ 60} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{VH1} + T_{VH2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{VH1} - T_{VH2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.192)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{VH1}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{VH2}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En cuanto al esfuerzo transversal será en correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de esta tercera hipótesis, según sigue:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

$$T = \sqrt{\left[(T_{01} + T_{02}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{01} - T_{02}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.193)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{01}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{02}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular es esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * T_0$$

(A.C.194)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * T_0$$

(A.C.195)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

4ª hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del Reglamento cumpliendo las siguientes condiciones.

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

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

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50 por ciento:

$$L = T_0$$

(A.C.196)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

Los esfuerzos verticales y transversales serán los mismos que para la tercera hipótesis.

Apoyo de ángulo-anclaje

1ª hipótesis viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$V = p * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} * tan(n_1) - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.197)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. En este caso habrá que combinarlo con la acción de la resultante de ángulo que se produce en este tipo de apoyos, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente.

$$T = d * v * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.198)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{V1}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{V2}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

2ª hipótesis hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 apartado 3.5.3 del

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} * tan(n_1) - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.199)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

También es necesario calcular el esfuerzo transversal debido a la resultante de ángulo, que este caso corresponde según sigue.

$$T = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.200)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{H1}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{H2}: Componente horizontal máxima de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

2ª hipótesis viento mas hielo

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{VH1} * tan(n_1) - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.201)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

C_{VH2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación posterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue, combinando el esfuerzo del viento sobre el manguito de hielo mas la resultante de ángulo correspondiente.

$$T = d_{MH} * v_{F60} * \frac{a_1 + a_2}{2} * cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD\ 60} * N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{VH1} + T_{VH2}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{VH1} - T_{VH2}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.202)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_M: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

T_{VH1}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{VH2}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de viento mas hielo en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para las zonas B y C se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo para líneas de categoría no especial y la 2ª de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

En cuanto al esfuerzo transversal será en correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de esta tercera hipótesis, según sigue:

$$T = \sqrt{\left[(T_{01} + T_{02}) * cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{01} - T_{02}) * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

(A.C.203)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

T_{01}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación anterior al apoyo en daN.

T_{02}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la tercera hipótesis en el vano de regulación posterior al apoyo en daN.

α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$L = \frac{50}{100} T_0$$

(A.C.204)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4ª hipótesis rotura de conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias, en función de si la línea es o no de categoría especial.

Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

(A.C.205)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo. Y el vertical será el mismo que para la tercera hipótesis.

Apoyo principio/final de línea

1ª hipótesis viento

Como en los demás apoyos la primera hipótesis de cálculo será aplicable en las tres zonas de cálculo, pero en este caso como ocurría con el apoyo de ángulo actúan dos esfuerzos simultáneamente como se verá mas adelante. En primer lugar se deberá calcular el esfuerzo vertical debido a la acción del viento sobre conductores y cadenas de aisladores, a la temperatura de –5ºC, -10ºC y -15ºC, para las zonas A, B y C, cuya expresión es la que sigue.

- Principio de línea.

$$V = p * \left[\frac{a_2}{2} - C_{V2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.206)

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

- Final de línea.

$$V = p * \left[\frac{a_1}{2} + C_{V1} * tan(n_1)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.207)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p: Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10°C y -15°C, en zonas A, B y C respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Como se dijo anteriormente en esta hipótesis se dan simultáneamente dos esfuerzos que son la presión del viento sobre conductores y cadena de aisladores y el desequilibrio de tracciones. En primer lugar calcularemos el esfuerzo transversal debido a la acción del viento, para los conductores utilizaremos la ecuación que sigue.

$$T = d * v * \frac{a}{2} + E_{VCAD} * N_{CAD}$$

(A.C.208)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d: Diámetro del conductor en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

a: Longitud proyectada del vano en m.

E_{VCAD}*:* Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

N_{CAD}*:* Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Seguidamente tendremos que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones, que en este caso de la primera hipótesis se tendrá que calcular bajo las condiciones de –5ºC, -10ºC y -15ºC de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento, por otra parte el porcentaje a aplicar en este tipo de apoyos según al ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.4 del Reglamento será del cien por cien de las tracciones unilaterales de los conductores, así pues la ecuación quedará en la forma.

$$L = \%P * T_0$$

(A.C.209)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0*:* Componente horizontal máxima de la tensión en la hipótesis en daN.

2ª hipótesis hielo

La segunda hipótesis para el apoyo final/principio de línea difiere un poco de las de los demás apoyos ya que en ella se integra el cálculo del esfuerzo debido al desequilibrio de tracciones. En primer lugar se tendrá que calcular los esfuerzos verticales que gravitan sobre el apoyo, como en anteriores casos utilizaremos la ecuación propuesta para el caso de la hipótesis de hielo, dicha ecuación es la que sigue.

- Principio de línea.

$$V = \left[p_H * \frac{a_2}{2} - T_{H2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.210)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h*:* Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_2*:* Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{H2}*:* Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_2*:* Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}*:* Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

- Final de línea.

$$V = \left[p_H * \frac{a_1}{2} + T_{H1} * tan(n_1)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.211)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior en daN.

n_1: Pendiente del vano anterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Aquí tenemos también que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones de acuerdo a la siguiente expresión.

$$L = \%P * T_0$$

(A.C.212)

En donde:

L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión a aplicar en la hipótesis en daN.

2ª hipótesis viento mas hielo

Está hipótesis es opcional en las líneas de categoría no especial, y obligatoria en las de categoría especial. Si está presente, se tendrán que calcular los esfuerzos verticales según.

- Principio de línea.

$$V = p_H * \left[\frac{a_2}{2} - C_{VH2} * tan(n_2)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.213)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h: Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior en daN.

n_2: Pendiente del vano posterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

$$V = p_H * \left[\frac{a_1}{2} + C_{VH1} * tan(n_1)\right] + P_{CAD} * N_{CAD}$$

(A.C.214)

En donde:

V: Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h; Peso por metro lineal del conductor mas la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

C_{VH1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15ºC y -20ºC, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento mas hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07 en el vano de regulación anterior.

n_1: Pendiente del vano anterior.

P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

En esta hipótesis también aplica el esfuerzo transversal que se deberá calcular como sigue, combinando el esfuerzo del viento sobre el manguito de hielo mas la resultante de ángulo correspondiente.

$$T = d_{MH} * v_{60} * \frac{a}{2} + E_{VCAD\,60} * N_{CAD}$$

(A.C.215)

En donde:

T: Esfuerzo transversal en daN.

d_{MH}: Diámetro del conductor con el manguito de hielo en m.

v_{60}: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1, a una velocidad mínima de 60 km/h.

a: Longitud proyectada del vano en m.

E_{VCAD60}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores a 60 km/h mínimo en daN.

N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase.

Aquí tenemos también que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones de acuerdo a la siguiente expresión.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$L = T_0$$

(A.C.216)

En donde:

L: Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión a aplicar en la hipótesis en daN.

3ª hipótesis desequilibrio de tracciones

Esta hipótesis queda anulada en este tipo de apoyos ya que como se ha visto en anteriores apartados queda integrada dentro de la primera y segunda hipótesis por tanto ya esta calculada y el Reglamento prescinde de ella.

4ª hipótesis rotura de conductores

Esta hipótesis es de obligado cálculo en las tres hipótesis reglamentarias, en primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, que para el caso de la zona A se procederá de la igual forma que en la primera hipótesis y para las zonas B y C de igual forma que en la segunda hipótesis de cálculo en las líneas de categoría no especial y como la segunda de viento mas hielo en líneas de categoría especial.

El porcentaje a aplicar en el cálculo de esta hipótesis según dicta el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4, es del cien por cien, por tanto la ecuación a utilizar es la siguiente.

$$L = T_0$$

(A.C.217)

En donde:

L: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

El número de conductores que actúan sobre el apoyo será de uno, excepto en el caso del montaje tresbolillo que serán dos, ya que al romper el conductor que se encuentra solo en uno de los lados, son dos conductores los que no encuentran equilibrio, por tanto son los que producen momento de torsión sobre el apoyo, por tanto en este caso del montaje tresbolillo la rotura de conductores se obtendrá.

$$L = T_0 * 2$$

(A.C.218)

En donde:

L: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

T_0: Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

En el anexo de cálculo, se ilustran los resultados de cálculo para la presente línea, que definen el árbol de cargas específicas, resultantes de las condiciones de trabajo de cada unos de los apoyos utilizados en este proyecto, de los cuales la empresa

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

fabricante suministradora, ha de certificar y garantizar que sus productos elegidos a tal efecto han de cumplir con dichas especificaciones.

Cimentaciones de los apoyos

Cimentaciones monobloque

Sobre el apoyo se producen dos momentos flectores que debe soportar el macizo de cimentación que sustenta al apoyo. En primer lugar se produce el momento flector debido a la acción del tiro de conductores y que se calculará mediante la siguiente expresión.

$$M_{VC} = E_{Cond} * \left(H_{RC} + \frac{2}{3} * h\right)$$

(A.C.219)

En donde:

M_{VC}: Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

E_p: Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores en daN.

H_{RC}: Altura del punto de aplicación del esfuerzo en metros.

h: Altura del macizo de cimentación en metros.

El segundo momento de vuelco que actúa sobre el apoyo es el debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo, que se calculará con la ecuación.

$$M_{VV} = E_{VApoyo} * \left(\frac{H_T}{2} + \frac{2}{3} * h\right)$$

(A.C.220)

En donde:

M_{VV}: Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

E_{VApoyo}: Esfuerzo producido por el viento sobre la superficie del apoyo en daN.

H_T: Altura de la silueta del apoyo expuesta al viento en metros.

h: Altura del macizo de cimentación en metros.

Para el cálculo de la cimentación se utiliza el método utilizado por la asociación de ingenieros suizos, el método se basa en la ecuación de Sulzberger. Según la ITC-LAT 07 apartado 3.6.1 del Reglamento, se fija un coeficiente de seguridad para las hipótesis normales de 1,5.

$$M_{VC} + M_{VV} \leq \frac{M_{ABS}}{1{,}5}$$

(A.C.221)

En donde:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

M_{VC}: Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

M_{VV}: Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

M_{ABS}: Momento estabilizador absorbido por la cimentación en daNm.

Se adopta como forma para el cimiento del apoyo un prisma de sección cuadrada, prolongándose este 20 cm por encima del nivel del terreno de forma que sirva de protección para el apoyo. Por otra parte se establece un ángulo de giro máximo para el cimiento definido por su tangente de 0,01.

El momento estabilizador del cimiento esta formado por dos componentes, el primero es el debido al empotramiento lateral del macizo en el terreno y el segundo es el que ofrece la reacción del terreno debido al peso del macizo de cimentación, apoyos, cables y cadenas de aisladores con sus herrajes correspondientes. Estos dos momentos dan lugar al momento estabilizador de la cimentación según la ecuación de Sulzberger.

$$M_{ABS} = 139 * C_2 * a * h^4 + a^3 * (h + S) * R_H * \left(0{,}5 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{1{,}1 * h}{10 * a * C_2}}\right)$$

(A.C.222)

En donde:

M_{ABS}: Momento estabilizador absorbido por la cimentación en daNm.

a: Anchura del cimiento en metros.

b: Largo del cimiento en metros.

h: Profundidad del cimiento en metros.

C_2: Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad en daN/cm3.

Tierras

Todas las estructuras metálicas de los apoyos, irán unidas directamente a tierra mediante conductores de 50 mm^2 de cobre y picas de cobre.

Dada la naturaleza del terreno, y no pudiendo prever la resistencia de difusión de la puesta a tierra que se obtendrá en cada uno de los apoyos, se ha proyectado esta instalación de acuerdo con la ITC-LAT 07 en su apartado 7.

Asimismo, en los apoyos emplazados en zonas de pública concurrencia, las tomas de tierra se dispondrán en anillo cerrado y enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro de distancia de las aristas del macizo de la cimentación.

De esta forma también será ejecutada la instalación de toma de tierra en anillo en aquellos apoyos que soporten elementos de maniobra de cualquier tipo.

Teniendo en cuenta que el sistema de protecciones existente en todas las Subestaciones de esta Empresa suministradora, está concebido de tal forma que los

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

relés de protección están tarados para una intensidad de arranque del 6% de la intensidad nominal del transformador de intensidad y puesto que los transformadores de intensidad usados son los de relación 400/5 ó 200/5 A, en el caso más desfavorable, el de relación 400/5 A, el umbral de funcionamiento es de 0,06 x 400 = 24 A.

Como la intensidad de defecto a tierra está limitada a 300 A. en las líneas de distribución (por la resistencia de puesta a tierra del transformador), el 50% de esta intensidad es de 150 A, valor muy superior a los 24 A de intensidad de arranque del sistema de protecciones.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será totalmente reglamentaria la existencia de resistencias de difusión a tierra con valores superiores a 20 Ω en aquellos apoyos que no estén en zonas de pública concurrencia, ni soporten aparatos de maniobra.

Los cálculos de la puesta a tierra se dan en los anexos de cálculo correspondientes.

3.2.5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Distancia de los conductores al terreno

Según la ITC-LAT 07 apartado 5.5 del Reglamento los apoyos deben tener una altura suficiente para que los conductores cuando se produzca su flecha máxima vertical, queden siempre por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegable, dicha altura mínima viene fijada por la siguiente ecuación:

$$5{,}3 + d_{el}\,(m)$$

(A.C.223)

En donde:

d_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disrruptiva ente conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Puede ser tanto interna como externa, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

Con un mínimo de 6 metros, para el caso del proyecto que nos ocupa será de .

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: m, en el caso mas desfavorable de este proyecto.

Distancia entre conductores

Viene definida por la longitud del vano, para cada caso se define, según el programa, la separación de crucetas más adecuada.

El Reglamento de líneas en su ITC-LAT 07 apartado 5.4 obliga a que los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, la distancia tiene que ser suficiente para que no exista riesgo de cortocircuito entre fases ni a tierra. Teniendo siempre presentes los efectos de oscilación de los conductores debidos a la acción del viento y al desprendimiento de la nieve que se pueda acumular en la superficie de estos. La

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

expresión que calcula según Reglamento esta distancia mínima entre conductores es la que sigue:

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{PP}$$

(A.C.224)

En donde:

D: Separación entre conductores en metros.

K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

F: Flecha máxima en metros según ITC-LAT 07 apartado 3.2.3 del Reglamento de líneas.

L: Longitud de la cadena de suspensión en metros. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores fijos esta longitud de cadena será de cero metros.

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 líneas.

D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido

Para el cálculo del coeficiente K, se utilizará la siguiente expresión en la zona A:

$$tg(\gamma) = \frac{v * d}{p}$$

(A.C.225)

En donde:

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16mm.

d: Diámetro en metros del conductor.

P: Peso del conductor en daN/m.

Y para las zonas B y C:

$$tg(\gamma) = \frac{v * d}{S_H}$$

(A.C.226)

En donde:

v: Presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. Este valor será de 60 daN/m^2 para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m^2 para conductores con un diámetro superior a 16mm.

d: Diámetro en metros del conductor.

S_H: Peso del conductor mas el manguito de hilo según zona en daN/m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Con el valor del ángulo resultante del ángulo de oscilación y utilizando la tabla siguiente extraída de la ITC-LAT 07 apartado 5.4.1 del Reglamento se obtendrá el valor correspondiente para el coeficiente K a aplicar la ecuación del cálculo de la distancia entre conductores.

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65º	0,7	0,65
Comprendido entre 40 y 65º	0,65	0,6
Inferior a 40º	0,6	0,55

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: m, en el caso mas desfavorable de este proyecto.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.2.6. CUADROS DE RESULTADOS

Cuadro nº 1

Cálculo de conductores de fase - tensiones reglamentarias

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

Zona A	Zona B	Zona C
-5°C+V(120km/h)	-10°C+V(120km/h), -15°C+H, -15°C+H+V	-15°C+V(120km/h), -20°C+H, -20°C+H+V

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Reg.	Const. Caten.	Cálc.	E.D.S. Valor máxi.	Temp.	T.H.F.	Tensiones y Flechas T.máxima viento	T.máxima hielo	T.máxima hielo+viento	T.Viento 1/2 (120km/h)	15ºC+V (120km/h)		0ºC+H		50ºC	
			(m)	(m)	(m)		%	%	ºC	%	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-180	C	51	8,63	51	466	11,69	22,00	10	22,50	1374	1670	1689	1330	794	0,46	1314	0,54	308	0,71

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 181,60mm²

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas -5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-180	C	50,60	8,63	51,00	1073	0,20	958	0,23	849	0,26	747	0,29	654	0,33	573	0,38

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 181,60mm²

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas 25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-180	C	50,60	8,63	51,00	504	0,43	447	0,49	401	0,54	364	0,60	334	0,65	308	0,71

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

Cuadro nº 7

Cálculo de apoyos nº1

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coeficien. de seguridad	Conduct.	1ª Hipótesis Viento			2ª Hipótesis Hielo			2ª Hipótesis Hielo+Viento			3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones			4ª Hipótesis Rotura de conductores Fases no afectadas			4ª Hipótesis Rotura de conductores Fases afectadas			Esf.tor. aplica.
					Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	Vertic. daN	Trans. daN	Longi. daN	daN
1	P.Línea	——	N	Fase	-101	41	1374	-205	—	1670	-195	22	1689	—	—	—	—	—	1689	—	—	—	1689
2	F.Línea	——	N	Fase	180	41	1374	360	—	1670	351	22	1689	—	—	—	—	—	1689	—	—	—	1689

Cuadro nº 7

Cálculo de apoyos nº2

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo	Coeficien. de seguridad	Alt. cond. en perfil necesaria m	Altura conductor real m	Desviaci. cadena	Flecha máxima m	Separaci. conduct. m	Contrape. daN	Coeficientes L, N, S		
										Semi suma vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente ángulo S
1	P.Línea	——	N	8,86	10,31	—	0,71	1,03	———	25,50	0,169	——
2	F.Línea	——	N	14,42	16,27	—	0,71	1,03	———	25,50	-0,169	——

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87BQ en SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 9

Elección de apoyos

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Coe. de seg.	Zona	Altura libre m	Monta. y sep. condu.	Esfuerzo por fase y tierra					Refer. del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utiliza. del apoyo %	Separ. fases norma. m	Altura de refere. m	Altura libre real m
							Hipót.	Condu.	Vertic. daN	Esfuerzo Trans. daN	Longi. daN		Hipót.	Coe. seg. apo.	Coe. seg. real	Condu.	Vertic. daN	Esfuerzo Trans. daN	Longi. daN				
1	P.Línea	—	N	C	8,86	D.C.	1ª	Fase	-101	41	1374	Andel Serie C-13000	1ª	1,5	2,12	Fase	800	347	1964	58,38	2,10	18,00	10,31
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				
						band.		Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª	Fase	-205	—	1670	C-13000	2ª	1,5	2,01	Fase	800	—	2410	66,16			
						1,03	Hielo	Tie.1	—	—	—		Hielo			Tie.1	—	—	—				
								Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—				
							2ª	Fase	-195	22	1689		2ª	1,5	1,97	Fase	800	238	2142	68,58			
							Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—				
							Hielo	Tie.2	—	—	—		Hielo			Tie.2	—	—	—				
							3ª	Fase	—	—	—		3ª	1,2	—	Fase	—	—	—	—			
							Dese.	Tie.1	—	—	—		Dese.			Tie.1	—	—	—				
							trac.	Tie.2	—	—	—		trac.			Tie.2	—	—	—				
							4ª	Fase	—	—	1689		4ª	1,2	2,01	Fase	—	—	5200	32,48			
							Rotu.	Tie.1	—	—	—		Rotu.			Tie.1	—	—	—				
							cond.	Tie.2	—	—	—		cond.			Tie.2	—	—	—				
2	F.Línea	—	N	C	14,42	D.C.	1ª	Fase	180	41	1374		1ª	1,5	2,12	Fase	800	347	1964	58,91	2,10	24,00	16,27

	Vien.	Tie.1	—	—	—	Andel	Vien.			Tie.1	—	—	—	
band.		Tie.2	—	—	—	Serie C-13000				Tie.2	—	—	—	
	2ª	Fase	360	—	1670		2ª	1,5	1,99	Fase	800	—	2410	67,18
1,03	Hielo	Tie.1	—	—	—	C-13000	Hielo			Tie.1	—	—	—	
		Tie.2	—	—	—					Tie.2	—	—	—	
	2ª	Fase	351	22	1689		2ª	1,5	1,96	Fase	800	238	2142	69,59
	Vien.	Tie.1	—	—	—		Vien.			Tie.1	—	—	—	
	Hielo	Tie.2	—	—	—		Hielo			Tie.2	—	—	—	
	3ª	Fase	—	—	—		3ª	1,2	—	Fase	—	—	—	—
	Dese.	Tie.1	—	—	—		Dese.			Tie.1	—	—	—	
	trac.	Tie.2	—	—	—		trac.			Tie.2	—	—	—	
	4ª	Fase	—	—	1689		4ª	1,2	2,01	Fase	—	—	5200	32,48
	Rotu.	Tie.1	—	—	—		Rotu.			Tie.1	—	—	—	
	cond.	Tie.2	—	—	—		cond.			Tie.2	—	—	—	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

Cuadro nº 10

Cálculo de cadenas de aisladores

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo cm/kV	Calculado cm/kV	C. rotura daN	Pesos daN	T. máxima daN	C. normal.	C. anorma.
1	P.Línea	LA180-45kV-ANC-SIM-VID	1,80	3,69	7000	1	1689	7000,00	4,14
2	F.Línea	LA180-45kV-ANC-SIM-VID	1,80	3,69	7000	360	1689	19,43	4,14

Cuadro nº 13

Mediciones según cálculo

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

1	Excavación para cimentación de apoyos	m³	29,39
2	Hormigonado para cimentación de apoyos	m³	31,47
3	Longitud total de la línea	m	51,83
4	Tipo de conductor		LA-180
5	Longitud de conductor	m	155,48
6	Peso total del conductor	kg	104,95
7	Cadenas de amarre de vidrio		6
8	Cadenas de amarre poliméricas		0
9	Cadenas de suspensión de vidrio		0
10	Cadenas de suspensión poliméricas		0
11	Toma de tierra con picas		2
12	Toma de tierra en anillo		0
13	Peso de los apoyos	kg	7097,00
14	Nº de tramos		1
15	Nº vanos de regulación		1
16	Tipo de apoyos (Andel)		Andel Serie C-13000
17	Nº de apoyos a instalar		2
18	Zona de tendido A	m	0,00
19	Zona de tendido B	m	0,00
20	Zona de tendido C	m	51,83
21	Distancia mínima de seguridad adoptada		(V. nº 1) 14,58

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado/a nº 026543

Cuadro nº 14

Cálculos eléctricos

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Intensidad máxima								Caída de tensión						Potencias máximas		Pérdidas de potencia	
Densidad máxima corriente	Sección conduct.	Intensid.	Frecuenc. de la red	Distancia media geométr.	Diámetro del conduct.	Reactanc.	Resisten. eléctrica conduct.	Tensión de la línea	Intensid. de la Línea	Longitud de la línea	Factor de potencia	Caída de tensión Valor	Caída de tensión Porcenta.	Por intensid. máxima	Por c.tensión (5%)	Valor	Porcenta.
A/mm²	mm²	A	Hz	mm	mm	Ohm/km	Ohm/km	kV	A	km		V	%	kW	kW	kW	%
2,374	181,60	431,17	50	2646	17,500	0,375	0,194	45,00	77,0	0,051	0,898	2,29	0,01	30	361,4	0,09	0,00

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 15

Apoyos y crucetas normalizadas Andel S. A.

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

Apoyo	Apoyo elegido					Armado y cruceta elegida					
nº	Referencia del apoyo según catálogo del fabricante	Altura normaliz. m	Recrecido cabeza daN	Altura total daN	Armado base	Longitud crucetas m	Referenc. armado	Separación crucetas m	Separación conductores m	Referencia cruceta	Cruceta tipo
1	Andel Serie C-13000 C-13000	18,00	—	18,00	(Cruceta fuera de catálogo, consulte fabricante.)						
2	Andel Serie C-13000 C-13000	24,00	—	24,00	(Cruceta fuera de catálogo, consulte fabricante.)						

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 16

Relación de materiales para presupuesto - Apoyos

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

Cantidad	Apoyo elegido Referencia del apoyo según catálogo del fabricante	Altura normaliz. m	Recrecido cabeza daN	Altura total daN
1	Andel Serie C-13000 C-13000	18,00	—	18,00
1	Andel Serie C-13000 C-13000	24,00	—	24,00

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 17

Relación de materiales para presupuesto - Armados

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Los apoyos normalizados Andel que figuran en este cuadro se han seleccionado en base a su resistencia mecánica superior en muchos casos a los esfuerzos nominales de la especificación AENOR EA 0015:2003, por lo tanto esta selección no es directamente aplicable a apoyos de la misma denominación UNESA de otros fabricantes.

Cantidad	Armado y cruceta elegida						
	Armado base	Referenc. armado	Longitud crucetas m	Separación crucetas m	Separación conductores m	Referencia cruceta	Cruceta tipo
2	D.C. bandera	DC-21	1,25	2,10	2,10		

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 18

Abaniqueos

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Vano	Separación de fases						Montajes elegidos	
	En el vano		Apoyo izquierdo		Apoyo derecho		Apoyo izquierdo	Apoyo derecho
	Necesaria (m)	Mínima (m)	Cálculo (m)	Necesaria (m)	Cálculo (m)	Necesaria (m)		

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 19

Cálculo de eolovanos y gravivanos

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Esfuerzos por fase.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (Sexa.)	Cota apoyo	Altura libre	Desni. poster.	Vano poster.	Tipo de condu.	Eolo-vano	1ª Hipótesis viento			2ª Hipótesis Hielo			2ª Hipótesis Hielo+Viento			Hipótesis de flecha mínima		
									Gravi.	P.ver.	Tense	Gravi.	P.ver.	Tense	Gravi.	P.ver.	Tense	Gravi.	P.ver.	Tense
			m	m	m	m		m	m	daN	daN	m	daN	daN	m	daN	daN	m	daN	daN
1	P.Línea	——	1028,05	8,86	8,63	50,6	Fase	25,30	-171,45	-188,66	1374,15	1669,97	-105,39	-229,15	1688,85	-95,24	-216,63	-343,25	-228,01	1437,64
2	F.Línea	——	1031,11	14,42	——	——	Fase	25,30	237,82	262,43	——	——	155,99	340,42	——	145,84	332,93	366,54	243,62	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cuadro nº 20

Cálculo de puesta a tierra

Proyecto: PE Cararrillo vano flojo.pro

Apoyo nº	Tipo	Corriente de Falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resis. de puesta a tierra: Coef. de resisten. Ohm/(Ohm*m)	Resis. de puesta a tierra: Valor Ohm	Tensiones de contacto: Coef. de t. contac. V/(Ohm*m)	Tensiones de contacto: Tensión Reglam. V	Tensiones de contacto: T. cálculo apoyo V	Tensiones de contacto: Diseño válido	Tensiones de paso: Coef. de t. paso V/(Ohm*m)	Tensiones de paso: Tensión Reglam. V	Tensiones de paso: T. cálculo apoyo V	Tensiones de paso: Diseño válido	Tensiones de paso en el acceso: Coef. de t.p.acc. V/(Ohm*m)	Tensiones de paso en el acceso: Tensión Reglam. V	Tensiones de paso en el acceso: T. cálculo apoyo V	Tensiones de paso en el acceso: Diseño válido	Medidas correctoras adoptadas
1	P.Línea	31,40	1132,48	0,1202 1	36,06	0,1102 1	499,80	11292, 75	Incorr.	0,0166 1	42840, 00	1701,54	Correc.	0,1102 1	26520	11292, 75	Correc.	Sin adoptar
2	F.Línea	38,73	1264,06	0,1087 9	32,64	0,0977 3	499,80	10486, 59	Incorr.	0,0157 0	42840, 00	1685,22	Correc.	0,0977 3	26520	10486, 59	Correc.	Sin adoptar

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 220640/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4. CÁLCULO PROTECCIONES CELDAS MT

El módulo de protección de las celdas de media tensión del aerogenerador permite proteger al sistema de posibles sobreintensidades que se pudieran producir. Estas sobreintensidades se previenen mediante el uso de fusibles, en este caso fusibles combinados, que permite el accionamiento de un seccionador en caso de ser fundido el fusible.

Las características técnicas de estos fusibles vendrán determinadas por el propio fabricante del aerogenerador. Sin embargo, de acuerdo con los valores nominales del aerogenerador, se indican a continuación las características técnicas generales mínimas que han de tener. Así, estas características dependerán de la potencia del aerogenerador, la tensión de la red colectora de media tensión y de poder de corte de la intensidad de cortocircuito en dicho punto.

Intensidad nominal

$$P_{AEG} = 3.000\ kW$$
$$U_N = 30\ kV$$
$$\cos\varphi = 0{,}95$$
$$I_N = \frac{P_{AEG}}{\sqrt{3}\cdot U_N \cdot \cos\varphi}$$
$$I_N = \frac{3000}{\sqrt{3}\cdot 30 \cdot 0{,}95} = 60{,}77\ A$$

De esta forma, dado que la intensidad nominal generada por el aerogenerador es de 60,77 A y la intensidad máxima admisible del conductor es de 234,19 A, la intensidad nominal de los fusibles normalizados a instalar será de 100 A.

$$I_{N_{FUSE}} = 100\ A$$

De igual forma, esta intensidad nominal de fusible será menor a 1,45 veces la intensidad máxima admisible del cable.

$$I_{N_{FUSE}} < 1{,}45 \cdot I_{maxadm}$$

Tensión de funcionamiento

Dado que la tensión de la RSMT es de 30 kV, la tensión nominal de funcionamiento del fusible deberá de ser de:

$$U_{N_{FUSE}} = 30\ kV$$

Poder de corte

En este caso, el poder de corte que ha de tener el fusible deberá de ser superior a la potencia de cortocircuito calculada en dicho punto.

$$I_{CC_B} = 2{,}69\ kA$$
$$I_{Ch_B} = 4{,}30\ kA$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

De esta forma, para garantizar un poder de corte suficiente, se establece un fusible con poder de corte de valor:

$$I_{PC_{FUSE}} = 16\ kA$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

5. CÁLCULOS DE CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO

Se calculan las intensidades de cortocircuito, con el objeto de elegir adecuadamente los interruptores automáticos y la aparamenta en general, así como el embarrado, para que, durante un cortocircuito, puedan cumplir su función sin sufrir avería ni representar peligro para el personal y equipo eléctrico.

Para el cálculo de cortocircuito, se indica que el valor de tensión de la línea de evacuación subterránea es de 30 kV.

5.1. DATOS DE PARTIDA

Se presentan en este apartado los datos característicos de cada uno de los tramos del Parque Eólico Cararrillo y su línea de evacuación, en función del nivel de tensión correspondiente.

- **SISTEMA M.T. 30 kV**

- Se considera una potencia de cortocircuito procedente de la red de 17.320 MVA
- Transformador de potencia en SET "Cararrillo":

Potencia nominal	$S_N = 6{,}3\ MVA$
Relación de transformación	$45/30\ kV$
Tensión de cortocircuito	$U_{CC} = 6\%$

- LSAT 30 kV P.E. Cararrillo – SET "Cararrillo" (se estiman los siguientes datos para la LSAT de 15,157 km).

Resistencia	$6{,}21\ \Omega$
Reactancia	$2{,}00\ \Omega$

- Línea colectora 95 mm2.

Resistencia	$0{,}298\ \Omega$
Reactancia	$0{,}096\ \Omega$

- Línea de interconexión Transformador 0,69/30 kV – Celdas MT: Despreciable
- Transformador para aerogenerador E115 3 MW

Potencia nominal	$S_N = 3{,}5\ MVA$
Relación de transformación	$30/0{,}69\ kV$
Tensión de cortocircuito	$U_{CC} = 6\%$

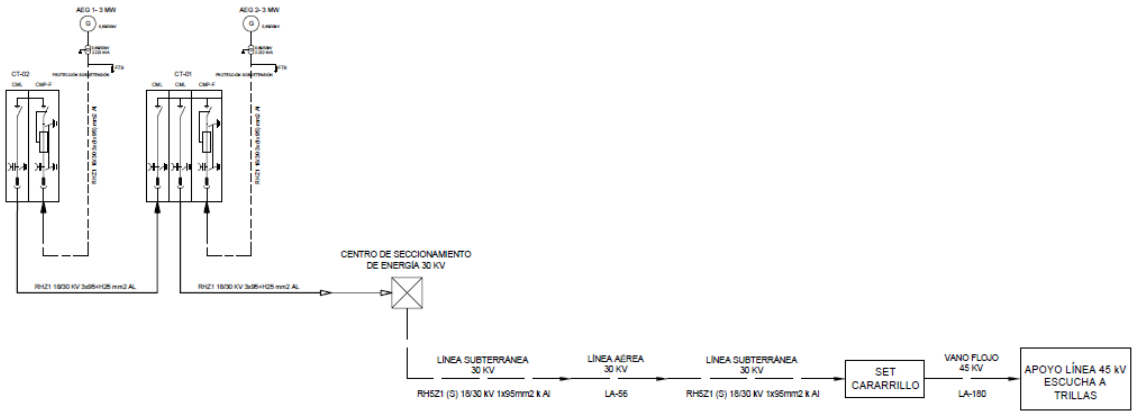
- **SISTEMA B.T. 0,69 kV**

- Línea de conexión Transformador – Generador: despreciable
- Generador E115 3 MW:

Potencia nominal	$S_N = 3\ MVA$
Tensión nominal	$0{,}69\ kV$
Reactancia (estimada para generadores similares)	$X_{CC} = 0{,}080\ \Omega$
Resistencia	Despreciable

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.2. ESQUEMA DE DISPOSICIÓN



5.3. FÓRMULAS A APLICAR

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito simétrica inicial I''_{CC} se aplica la siguiente fórmula:

$$I''_{CC} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2}} \; [A]$$

siendo

c = factor que considera la verdadera tensión y capacidad de línea y admitancias de cargas en paralelo. Se tomará un valor de 1,1.

U_n = Tensión nominal.

Z_{CC} = Impedancia de cortocircuito total desde el origen hasta el punto de cortocircuito a calcular.

La amplitud o valor de cresta de la corriente de cortocircuito o de choque se calculará por la expresión:

$$I_{ch} = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{CC}$$

siendo

K = factor de valor: $K = 1{,}02 + 0.98 \cdot e^{-3R/X}$

5.4. CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO EN CELDAS Y CABLE M.T. AEROGENERADOR

Se detallan en este punto las impedancias de cada uno de los tramos del parque eólico y su línea de evacuación.

- Red 45 kV, $S_{CC} = 17.320\ MVA$

$$Z_{CCRed} = \frac{U_{CC}^2}{S_{CC}} = \frac{45^2}{17.320} = 0{,}1169\ \Omega$$

- Transformador de potencia en SET "Cararrillo" 45/30 kV, $S_N = 6{,}3\ MVA$, $U_{CC} = 6\ \%$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

$$Z_{CC_{AT}} = \frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{6}{100} \cdot \frac{45^2}{6{,}3} = 19{,}28\ \Omega\ en\ el\ lado\ de\ 45\ kV$$

$$Z_{CC_{MT}} = 8{,}57\ \Omega\ en\ el\ lado\ de\ 30\ kV$$

- LAT 30 kV P.E. Cararrillo – SET "Cararrillo"

$$R_{LSAT} = 0{,}41 \cdot 15{,}157 = 6{,}21\ \Omega$$

$$X_{LSAT} = 0{,}132 \cdot 15{,}157 = 2{,}00\ \Omega$$

- Impedancia de las líneas colectoras MT-30 kV, según esquema:
  - Línea L_1: Tramo CSE a generador AEG-2

$$L_1 = 0{,}187\ km$$

$$R_{CC(C1)} = 0{,}902\ \Omega$$

$$X_{CC(C1)} = 0{,}2904\ \Omega$$

  - Línea L_1': Tramo AEG-1 a AEG-2

$$L_1' = 0{,}541\ km$$

$$R_{CC(C1)} = 0{,}203\ \Omega$$

$$X_{CC(C1)} = 0{,}065\ \Omega$$

- Generador $P = 3.000\ kW$

$$X_t'' = 0{,}08\ \Omega\ (0{,}69\ \text{kV})\ \text{(valor estimado)}$$

- Transformador aerogenerador 30/0,69 kV. $S_N = 3{,}5\ MVA$, $U_{CC} = 6\ \%$, $R/X = 1/6$

$$Z_{CCT}^{MT} = \frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{6}{100} \cdot \frac{30^2}{3.5} = 15{,}42\ \Omega\ \text{(lado de 30 kV)}$$

$$Z_{CCT}^{BT} = \frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{6}{100} \cdot \frac{0{,}69^2}{3.5} = 0{,}0081\ \Omega\ (lado\ de\ 0{,}69\ kV)$$

$$R_{CCT}^{BT} = 0{,}00133\ \Omega$$

$$X_{CCT}^{BT} = 0{,}00798\ \Omega$$

$$R_{CCT}^{MT} = 2{,}53\ \Omega$$

$$X_{CCT}^{MT} = 15{,}21\ \Omega$$

- Conjunto generador y transformador 0,69/30 kV

$$R_{CCT}^{BT} = 0 + 0{,}00133 = 0{,}00133\ \Omega$$

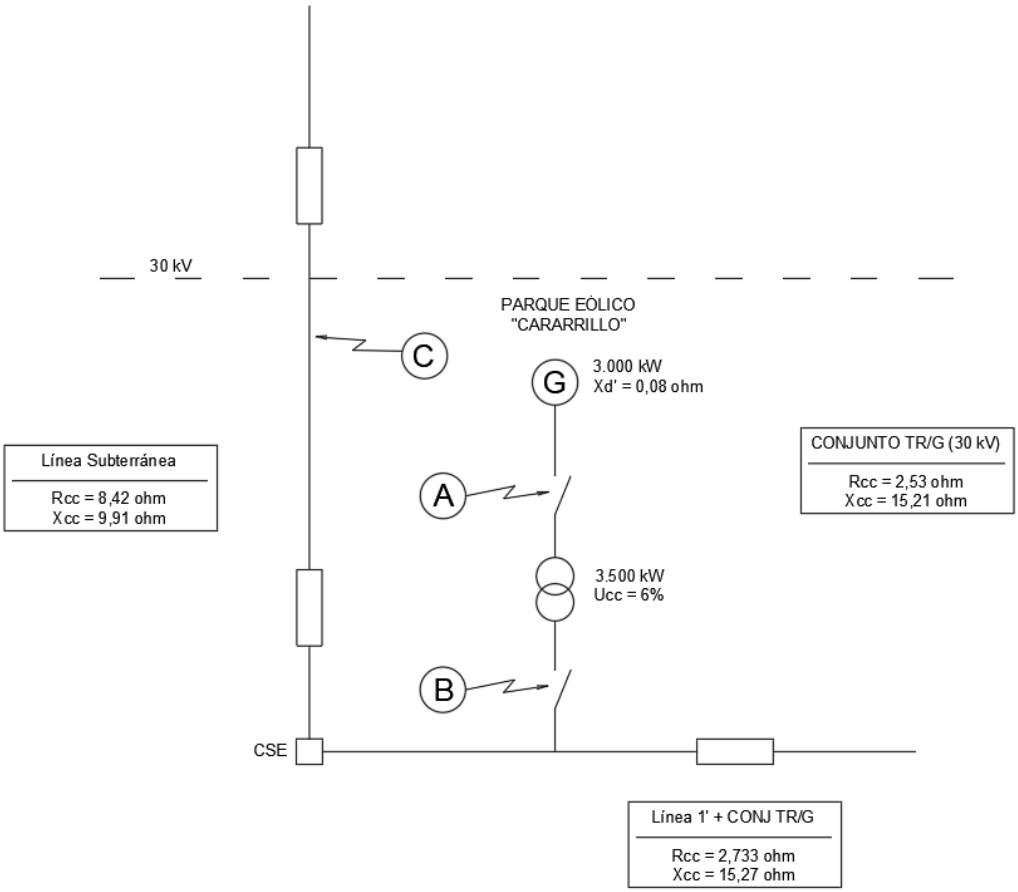
$$X_{CCT}^{BT} = 0{,}08 + 0{,}00798 = 0{,}08798\ \Omega$$

$$R_{CCT}^{MT} = 2{,}53\ \Omega$$

$$X_{CCT}^{MT} = 15{,}21\ \Omega$$

A modo de resumen, resulta el siguiente esquema:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



Resultando los siguientes valores de impedancias en los puntos de estudio A, B y C:

- Punto A:

$$R_{AA}^{0,690kV} = 0{,}00133\ \Omega$$
$$X_{AA}^{0,690kV} = 0{,}08798\ \Omega$$

- Punto B:

$$R_{BB}^{30kV} = 2{,}53\ \Omega$$
$$X_{BB}^{30kV} = 15{,}21\ \Omega$$

- Punto C:

$$R_{CC}^{30kV} = 8{,}42\ \Omega$$
$$X_{CC}^{30kV} = 9{,}91\ \Omega$$

5.5. CÁLCULO DE INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO A

En primer lugar, es necesario calcular la impedancia equivalente en dicho punto:

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} \rightarrow Z_{CC} = 0{,}0879\ \Omega$$

Una vez obtenidos todos los datos, resulta la siguiente intensidad de cortocircuito:

$$I''_{CC1A} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} \rightarrow I''_{CC1A} = 4{,}98\ kA$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

$$I''_{ch1A} = 1{,}02 + 0.98 \cdot e^{-3R/X} \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{CC1A} \rightarrow I''_{ch1A} = 5{,}20\ kA$$

Para el cable, en el punto A:

$$I_{CCA} = I_{CC1A} + I_{CC2A}$$

Con I_{CC1A} aguas abajo e I_{CC2A} aguas arriba

Aguas arriba se encuentra el generador, mientras que aguas abajo el resto de la línea, resultado en:

$$I_{CC2A} = 0{,}0336\ kA$$
$$I_{ch2A} = 1{,}04\ kA$$

Resultando en:

$$I_{CCA} = 5{,}0136\ kA$$
$$I_{chA} = 6{,}24\ kA$$

5.6. CÁLCULO DE INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO B

En primer lugar, es necesario calcular la impedancia equivalente en dicho punto:

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} \rightarrow Z_{CC} = 15{,}41\ \Omega$$

Una vez obtenidos todos los datos, resulta la siguiente intensidad de cortocircuito:

$$I''_{CC1B} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} \rightarrow I''_{CC1B} = 1{,}23\ kA$$

$$I''_{ch1B} = 1{,}02 + 0.98 \cdot e^{-3R/X} \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{CC1B} \rightarrow I''_{ch1B} = 2{,}05\ kA$$

Para el cable, en el punto B:

$$I_{CCB} = I_{CC1B} + I_{CC2B}$$

Con I_{CC1B} aguas abajo e I_{CC2B} aguas arriba, siendo los resultados correspondientes al tramo aguas arriba los siguientes:

$$I_{CC2B} = 1{,}46\ kA$$
$$I_{ch2B} = 2{,}25\ kA$$

Resultando en:

$$I_{CCB} = 2{,}69\ kA$$
$$I_{chB} = 4{,}3\ kA$$

5.7. CÁLCULO DE INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO C

En primer lugar, es necesario calcular la impedancia equivalente en dicho punto:

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} \rightarrow Z_{CC} = 13{,}00\ \Omega$$

Una vez obtenidos todos los datos, resulta la siguiente intensidad de cortocircuito:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

$$I''_{CC1C} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} \rightarrow I''_{CC1B} = 1{,}4655\ kA$$

$$I''_{ch1C} = 1{,}02 + 0.98 \cdot e^{-3R/X} \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{CC1C} \rightarrow I''_{ch1C} = 2{,}25\ kA$$

Para el cable, en el punto C:

$$I_{CCC} = I_{CC1C} + I_{CC2C}$$

Con I_{CC1C} aguas abajo e I_{CC2C} aguas arriba, siendo los resultados correspondientes al tramo aguas arriba los siguientes:

$$I_{CC2C} = 4{,}3493\ kA$$

$$I_{ch2C} = 9{,}4467\ kA$$

Resultando en:

$$I_{CCC} = 5{,}8148\ kA$$

$$I_{chC} = 11{,}6967\ kA$$

5.8. CONCLUSIONES

Como conclusión, los valores de corriente de cortocircuito más representativos se dan en el punto B y C, de forma que las protecciones y conductores deberán dimensionarse en base a estas corrientes. A modo de resumen, los valores son los siguientes:

Punto	$I_{CC}\ (kA)$	$I_{ch}\ (kA)$
B	2,69	4,3
C	5,8148	11,6967

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

6. CÁLCULO RED DE TIERRAS

Se proyecta un electrodo único para el conjunto de instalaciones eléctricas del Parque Eólico Cararrillo. El sistema proyectado de puesta a tierra se compone de:

- 4 unidades de electrodo de puesta a tierra de la cimentación del aerogenerador.
- Electrodo horizontal, formado por un conductor de cobre desnudo de 50 mm2 que se instalará en canalización conjunta con los cables de potencia y comunicaciones, interconectando todos los aerogeneradores entre sí, y que estará unido asimismo a la red de tierras del centro de seccionamiento. Este conductor, instalado en el fondo de la excavación, en contacto directo con el terreno, actuará como electrodo horizontal, mejorando en gran medida la resistencia de tierra de la instalación.

Las tierras de protección y de servicio también pertenecen al mismo sistema, puesto que se comprueba posteriormente que se cumple $V_d < 10.000\ V$.

Cuando se produce un defecto a tierra en la instalación, se provoca una elevación del potencial del electrodo, a través del cual circula la corriente hacia tierra, apareciendo sobre el terreno gradientes de potencial.

Por lo tanto, al diseñar los electrodos de puesta a tierra deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Seguridad de las personas en relación con las elevaciones de potencial: Tensiones de paso y de contacto.
- Sobretensiones peligrosas para las instalaciones.
- Valor de la intensidad de defecto que haga funcionar las protecciones, asegurando la eliminación de la falta.

6.1. CÁLCULOS PRELIMINARES

Datos de partida

- Resistividad del terreno (estimada): $\rho = 800\ \Omega m$

Cálculo de la resistencia a tierra del sistema

Para el cálculo de la resistencia de tierra del aerogenerador, se emplean las tablas del Anexo 2 del documento UNESA "Método del cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría ".

A efectos del cálculo de la resistencia de puesta a tierra, se considera una configuración de un cuadrado de 6 x 6 m, y 8 picas de 6 m, a una profundidad de 0,8 m, que es un caso más desfavorable que la situación real.

Electrodo seleccionado	**60-60/6/86**
Parámetros característicos del electrodo	
De la resistencia	$k_r \leq 0{,}043\ \Omega/\Omega m$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

De la tensión de paso	$k_p \leq 0{,}006\ V/[(\Omega m)(A)]$
De la tensión de contacto	$k_c \leq 0{,}014\ V/[(\Omega m)(A)]$

Resistencia de puesta a tierra del aerogenerador:

$$R_A = k_r \cdot \rho \rightarrow R_A = 0{,}043 \cdot 800 = 34{,}4\ \Omega$$

Dada que la situación real de la puesta a tierra de los aerogeneradores es mucho más favorable por la cantidad de anillos y la configuración de los mismos este valor se verá reducido en gran medida siendo siempre inferior a los 10 Ω. En aquellos aerogeneradores que una vez medida su puesta a tierra se supere este valor se colocarán tantas picas como sea necesario para reducir este valor por debajo de los 10 Ω.

La puesta a tierra de los 2 aerogeneradores del parque eólico "Cararrillo" resulta:

$$R_{TA} = \frac{R_A}{2} \rightarrow R_{TA} = \frac{34{,}4}{2} = 17{,}2\ \Omega$$

Resistencia a tierra del cable de enlace

Según ITC-RAT 13-4.2, para conductor enterrado horizontalmente, se aplicará la fórmula:

$$R_{CON} = \frac{2\rho}{L_C}$$

Donde:

ρ = Resistividad estimada del terreno = $800\ \Omega m$

L_C = Longitud del conductor

La longitud total de conductor enterrado en la construcción del nuevo parque eólico es de 728 m.

$$R_{CON} = \frac{2 \cdot 800}{728} = 2{,}19\ \Omega$$

Resistencia total del sistema de tierras

Las resistencias de los aerogeneradores y de la línea de acompañamiento se consideran en paralelo; por lo tanto, la resistencia equivalente, resulta:

$$R_{T_{MN}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{TA}} + \frac{1}{R_{CON}}}$$

$$R_{T_{MN}} = 1{,}9487\ \Omega < 2\ \Omega$$

6.2. CÁLCULOS DE TENSIONES DE PASO Y CONTACTO EN EL C.T. - AEROGENERADOR

6.2.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD ADICIONALES PARA EVITAR TENSIONES DE CONTACTO

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adoptarán las siguientes medidas de seguridad:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- La totalidad de las partes metálicas del C.T. instalado en el interior de la torre estarán puestas a tierra, formando un sistema equipotencial.
- Exterior C.T. (torre aerogenerador). Se colocará un electrodo perimetral que sobresalga 1 m en todas las direcciones respecto a la base de la torre, que se conectará a la tierra de protección.

Valores de resistencia de puesta a tierra (R't), intensidad de defecto (I'd) y tensiones de paso (V'p y V'p(acc)) del electrodo tipo seleccionado, para la resistividad del terreno (ρ = 800 Ωm).

- Resistencia de puesta a tierra: Será la resistencia total del sistema único de tierras calculado: RT = 1,9487 Ω
- Intensidad de defecto: Estará limitada a 500 A.
- Tensión de defecto:

$$V'_d = R_t \cdot I'_d \rightarrow V'_d = 974{,}39\ V$$

- Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = k_p \cdot \rho \cdot I'_d \rightarrow V'_p = 2400\ V$$

- Tensión de paso en el acceso al aerogenerador:

$$V'_{p(acc)} = V'_c = k_c \cdot \rho \cdot I'_d \rightarrow V'_{p(acc)} = 5600\ V$$

6.2.2. COMPROBACIÓN ENTRE LAS TENSIONES DE PASO, CONTACTO Y DEFECTO CALCULADOS Y ADMISIBLES EN EL C.T.-AEROGENERADOR

Las tensiones máximas admisibles de paso y contacto se determinan de acuerdo con las expresiones indicadas en la ITC-RAT 13. La superficie ocupada por el aerogenerador se cubrirá con una capa de grava de, al menos, 10 cm de espesor. Como valor de resistividad de dicha capa superficial tomaremos 3.000 Ωm.

La resistividad superficial equivalente ρ_{sup} se obtiene mediante la fórmula:

$$\rho_{sup} = \left(1 - 0{,}106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \cdot h_s + 0{,}106}\right)\right) \cdot \rho_s$$

Siendo:

ρ = resistividad del terreno en Ohmios·metro

ρ_s = resistividad de la capa superficial en Ohmios·metro

h_s = espesor de la capa superficial en m (0,1)

Sustituyendo valores, obtenemos:

$$\rho_{sup} = \left(1 - 0{,}106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{1500}{3000}}{2 \cdot 0{,}1 + 0{,}106}\right)\right) \cdot 3000 = 2.237{,}90\ \Omega m$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

TENSIONES DE CONTACTO

Por otro lado, se define la tensión de contacto aplicada admisible en función de la duración de la corriente de falta:

TABLA 1

Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_F

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

La máxima tensión de contacto admisible se halla a partir de la expresión:

$$V_{contacto} = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{R_{a1} + 1{,}5 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

Siendo:

U_{ca} = tensión de contacto aplicada admisible en el cuerpo humano (107 V obtenidos de la tabla 1 de la ITC-RAT 13 para una duración de la falta de 1 seg)

t = duración de la falta en segundos (se considerará 1 segundo)

ρ_s = resistividad superficial del terreno

R_{a1} = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000 Ω)

Determinamos los valores para la playa del aerogenerador y también para el terreno exterior (sin grava). Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

VALORES ADMISIBLES DE $V_{contacto}$	
	Tensión de contacto
Interior (con grava)	680,18 V
Exterior (sin grava)	449,40 V

TENSIONES DE PASO

- Tensión de paso en el exterior del C.T.

$$Valor\ calculado: V_p' = 2400\ V$$

$$Valor\ admisible: V_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000}\right) = 10.486\ V$$

Siendo:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

U_{ca} = tensión de contacto aplicada admisible en el cuerpo humano (107 V obtenidos de la tabla 1 de la ITC-RAT 13 para una duración de la falta de 1 seg)

t = duración de la falta en segundos (se considerará 1 segundo)

ρ_s = resistividad del terreno

R_{a1} = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000 Ω)

Por tanto:

$$V_p' < V_p \rightarrow CUMPLE$$

- Tensión de paso en el acceso al C.T.

$$Valor\ calculado: V'_{p(acc)} = 5.600\ V$$

$$Valor\ admisible: V_{p(acc)} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_t}{1000}\right) = 17.548\ V$$

Siendo:

U_{ca} = tensión de contacto aplicada admisible en el cuerpo humano (107 V obtenidos de la tabla 1 de la ITC-RAT 13 para una duración de la falta de 1 seg)

t = duración de la falta en segundos (se considerará 1 segundo)

ρ = resistividad del terreno

ρ_t = resistividad superficial del terreno

R_{a1} = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000 Ω)

Por tanto:

$$V_p' < V_p \rightarrow CUMPLE$$

TENSIÓN DE DEFECTO EN EL C.T.

$$Valor\ calculado: V_d = 974{,}39\ V$$

$$Valor\ admisible: V_{bt} = 10.000\ V$$

$$V_d < V_p \rightarrow CUMPLE$$

6.2.3. COMPROBACIÓN DEL CONDUCTOR

Basándonos en esto se tiene:

$$A = I \cdot \sqrt{\frac{T_C \cdot a_r \cdot \rho_r \cdot 10.000}{T_{CAP} \cdot L_n \cdot \frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}}} \rightarrow A = 3{,}23\ mm^2$$

Siendo:

I = Corriente de falta prevista (0,500 kA)

T_c = Tiempo de despeje del defecto (1 s)

a_r = Coeficiente térmico de resistividad a 20 ºC (0,00397 ºC^{-1})

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

k_0 = $1/a_0$ (con a_0 = Coeficiente térmico de resistividad a 0ºC) (234 ºC)

T_{CAP} = Factor de capacidad térmica (3,42 $\frac{J}{cm^3\ ºC}$)

T_m = Temperatura máxima (según recomendación IEEE) (200 ºC)

T_a = Temperatura ambiente (35 ºC)

Obtenemos que la sección de conductor que necesitamos instalar en la red de tierras debe de ser igual o superior a 3,23 mm^2.

Para el cable de cobre desnudo que conformará la red de tierras profunda, adoptaremos la sección de 50 mm^2.

Comprobamos que la sección elegida cumple las prescripciones establecidas por la ITC-RAT 13:

- Para las líneas de puesta a tierra la densidad de corriente es ≤ 160 A/mm^2.
- La sección adoptada, 50 mm^2, se corresponde con la sección mínima indicada en el apartado 3.4 de la ITC-RAT 13.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ANEXO III ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

1- ANTECEDENTES

Que la mercantil "GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L.". tiene entre sus actividades la promoción del Parque Eólico "Cararrillo", de 6 MW de potencia, sito en el término municipal de Rillo (Teruel).

Que, para la evacuación de la energía procedente de dicho parque eólico es necesaria la ejecución de la subestación denominada SET "Cararrillo" de 30/45 kV.

1.2 - PROMOTOR

- Peticionario: Generación Eolicosolar 1, S.L.
- CIF: B-88077276
- Domicilio: Calle Espoz y Mina, nº2, 3º, 28012
- Localidad: Madrid
- Teléfono de contacto: 685348471.

2- OBJETO.

El objeto de este anexo es exponer ante las Autoridades Competentes, la información que complementa al documento *"PROYECTO DE EJECUCIÓN DE PARQUE EÓLICO CARARRILLO, LÍNEA DE EVACUACIÓN Y SUBESTACIÓN ELEVADORA"* a fin de servir de base técnica para la ejecución de las instalaciones correspondientes.

3- ESTUDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO EN LAS PROXIMIDAD DE LAS INSTALACIONES

4.1- OBJETO

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión aprobado s/RD 337/2014 de 9 de Mayo establece en su artículo 3.15 de la ITC- RAT-15 la "Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión", debiéndose comprobar que no se supera lo establecido en el RD 1066/2001 de 28 de Septiembre que establece un valor máximo de 100 µT.

El objeto del presente estudio es la realización de los cálculos pertinentes antes de la puesta en marcha de las instalaciones para hacerlas constar en el proyecto técnico previsto en la ITC-RAT-20

4.2- CRITERIOS DE CÁLCULO

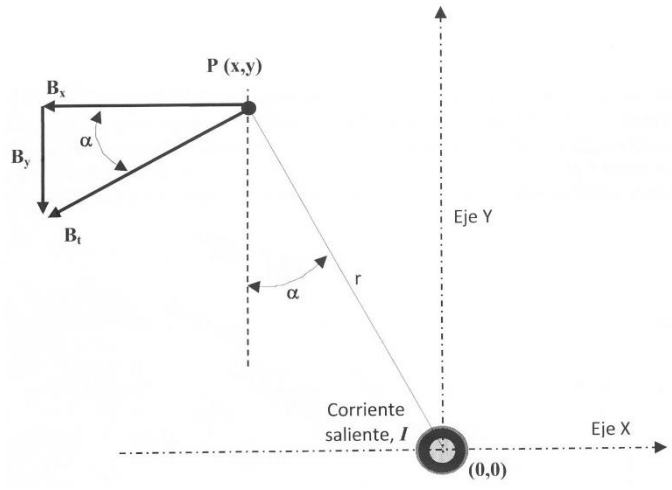
Para calcular el valor eficaz del campo magnético en un punto cuando no existe ningún apantallamiento magnético se puede emplear la tradicional ley de Biot-Savart.

Así, el valor del campo magnético en un punto P(xi,yi),creado por la corriente I(valor eficaz de una corriente sinusoidal a la frecuencia de 50 Hz),que circula por un conductor situado a una distancia r del punto P (ver fig.1), puede ser determinada mediante la expresión:

$$B = \mu_0 \cdot H = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} . \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \text{ (T)}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El campo magnético se suele expresar en µT.



La suma del campo magnético, en módulo, se determina mediante la suma pitagórica de sus componentes:

$$B_t = \sqrt{{B_x}^2 + {B_y}^2}$$

El campo magnético producido por varios conductores se realizará por superposición del campo magnético producido por cada conductor independiente teniendo en cuenta la intensidad que circula por cada conductor (sistema trifásico equilibrado), la ubicación de estos dados por sus coordenadas, el orden de fases y el punto donde se produce el campo magnético de acuerdo con la siguientes expresiones que son la aplicación de la Ley de Biot-Savart indicada anteriormente:

4.3- APLICACIÓN A LAS INSTALACIONES PROYECTADAS

El valor más considerable de campo magnético a frecuencia industrial es el debido a la corriente que circula por la instalación considerada de 30 kV como se aprecia en el siguiente cuadro explicativo:

Corrientes que crean campo magnético		
Instalación	Potencia (MVA)	Intensidad (A)
Aerogenerador 30 kV	3	57,73
Línea subterránea 30 kV	6	115,47
Subestación lado 30 kV (Barras)	6	115,47
Arrollamientos transformadores 45/30 MVA		Despreciable
Subestación lado 45 kV (Barras)	6	76,98

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

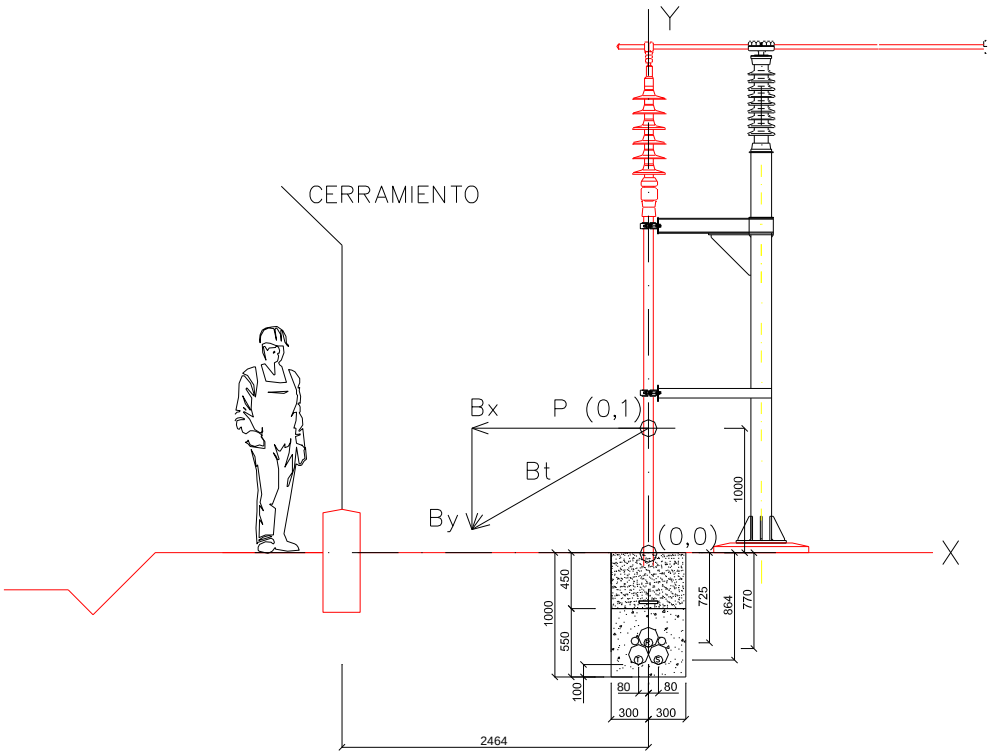
Línea aérea 45 kV	6	76,98

De acuerdo con lo indicado los puntos donde se creará un campo magnético mayor son el embarrado de 30 kV y la línea de 30 kV. El campo magnético del transformador 45/30 kV, producido por las corrientes que recorren los arrollamientos, puede despreciarse según indica el informe UNE-CLC/TR 50453 IN.

De esta forma, se estudiará el campo magnético únicamente del tramo con más intensidad, ya que se trata del tramo en el que más campo magnético existirá y, por tanto, será más desfavorable.

4.3.1-Campo Magnético creado por la línea de 30 kV.

En la Fig.2 se indica la configuración de la línea de 30 kV (conductores en tresbolillo) y su separación al cerramiento:



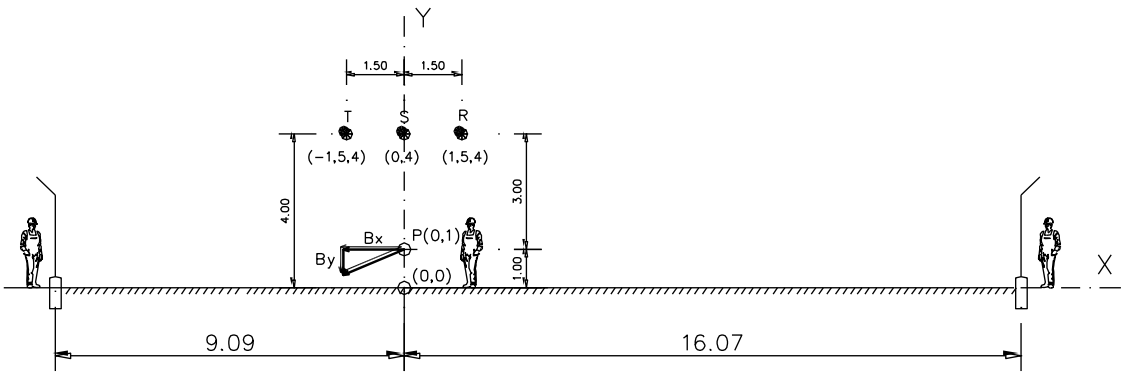
En base a las coordenadas de los puntos de medida y de los conductores de la línea los valores del campo magnético obtenido, aplicando las expresiones definidas en los "criterios de cálculo", se obtiene los valores siguientes:

El valor máximo del campo magnético se obtiene en la vertical de los cables (1,01 µT) y el valor en el exterior de la subestación pegado al cerramiento (0,20 µT).

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4.3.2- Campo Magnético creado por los embarrados de 30 kV.

En la Fig.3 indicamos la configuración de los embarrados de 30 kV y su separación al cerramiento:



En base a las coordenadas de los puntos de medida y de los conductores del embarrado los valores del campo magnético obtenido, aplicando las expresiones definidas en los "criterios de cálculo", se obtienen los siguientes valores:

El valor máximo del campo magnético se obtiene en la vertical de los embarrados, fase central (0,81 µT) y el valor en el exterior de la subestación pegado al cerramiento (0,05 µT).

4.4- CONCLUSIONES

En base a los resultados del cálculo:

Resultado de los cálculos en la Subestación		
Centro de seccionamiento	µT obtenidos en cálculo	µT admisibles s/ RD 1066/2001
Línea 30 kV máximo	1,01	100
Línea 30 kV en la proximidad	0,20	
Embarrado 30 kV máximo	0,81	
Embarrado 30 kV proximidad	0,05	

Se puede concluir, por tanto, que el campo magnético producido en la periferia de la subestación en relación con el valor del campo magnético admisible es prácticamente despreciable.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5- ESTUDIO DEL RUIDO EN LAS PROXIMIDAD DE LAS INSTALACIONES

5.1- OBJETO

El objeto principal de este punto es desarrollar la justificación oportuna de los niveles de ruido originados por las instalaciones de alta tensión, de acuerdo con la ITC-RAT 14. Así, las instalaciones se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de septiembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

De esta forma, se pretende justificar un nivel de ruido emitido inferior al indicado en dicho Real Decreto, donde se estipula un máximo, de acuerdo con la actividad realizada, de:

$$L_d = 70\ dB$$
$$L_e = 70\ dB$$
$$L_n = 60\ dB$$

Donde L_d es el nivel de inmisión ruido máximo durante el día (07:00 h – 19:00 h), L_e es el nivel de inmisión de ruido máximo durante la tarde (19:00 h – 23:00 h) y L_n es el nivel de inmisión de ruido máximo durante la noche (23:00 h – 07:00 h).

5.2- APLICACIÓN A LAS INSTALACIONES PROYECTADAS

Se definen en este punto los niveles de ruido de acuerdo con las especificaciones del fabricante correspondiente.

Resultado de emisión de ruidos		
Instalación	dB según fabricante	dB admisibles según RD 1367/2007
CT de Aerogenerador	<70 dB	$L_d = 70\ dB$ $L_e = 70\ dB$ $L_n = 60\ dB$
Centro de seccionamiento	<60 dB	
Subestación eléctrica	<60 dB	

Puesto que en ningún momento el CT del Aerogenerador trabajará a plena carga, la emisión de ruidos será inferior a 60 dB, dando lugar al cumplimiento de la normativa correspondiente de índices de calidad acústica, establecida en el RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de septiembre.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ANEXO IV MEDIDAS DE PREVENCIÓN ANTE INCENDIOS

1. ANTECEDENTES

Que la sociedad GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L. tiene entre sus actividades la promoción del Parque Eólico Cararrillo en el término municipal de Rillo, provincia de Teruel.

1.1. Promotor.

- PETICIONARIO: GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1, S.L.
- CIF: B-88077276
- DOMICILIO: C/ Espoz y Mina, 2, 3 Planta, 28012
- LOCALIDAD: Madrid
- TELÉFONO DE CONTACTO: 685 348 471

2. OBJETO

El objeto de este anexo es exponer frente a las Autoridades Competentes, la información complementaria al documento "PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILLO 6 MW, 2 AEROGENERADORES DE 3 MW Y LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV" a fin de servir de base técnica para la ejecución de las instalaciones de los centros de transformación de los Aerogeneradores y del Centro de Seccionamiento.

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión aprobado s/RD 337/2014 de 9 de mayo establece en su artículo 4.7 y 4.8 de la ITC- RAT-14 la "Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión" y "Limitación del nivel de ruido emitido por instalaciones de alta tensión", debiéndose comprobar que no se supera lo establecido en el RD 1066/2001 de 28 de septiembre que establece un valor máximo de 100 µT.

También, en este mismo decreto se establecen en el punto 5 de la ITC RAT 14 las prescripciones para la determinación de las protecciones contra incendios a que puedan dar lugar las instalaciones eléctricas de alta tensión.

El objeto del presente estudio es la realización de los cálculos pertinentes antes de la puesta en marcha de las instalaciones para hacerlas constar en el proyecto técnico previsto en la ITC-RAT-20

CT Aerogenerador	
Potencia	3.500 kVA
Tensión	30/0,69 kV
CT Centro de Seccionamiento	
Potencia	6.300 kVA
Tensión	30 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El edificio de control estará dotado de un sistema de detección de incendios a base de detectores termo—velocimétricos y ópticos. Se instalará una central de alarmas y señalización con capacidad para todas las zonas de detección.

Esta central de alarmas será común con el sistema de antiintrusismo, tendrá un número de zonas suficiente para cubrir las necesidades de ambos, y de ella partirá una señal para la señalización local y otra hacia el sistema de comunicaciones.

El sistema de extinción consistirá en un sistema de extintores móviles de 5 kg de capacidad de CO2 y 6 kg de polvo polivalente situados en el interior del edificio y de los aerogeneradores.

Este sistema cumple con el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalación eléctrica de alta tensión y sus ITC aprobado por RDD 337/2014 de 9 de marzo del sistema contraincendios y antiintrusismo.

En la Fase de proyecto del Parque se tendrá en cuenta:

- Reducción del campo visual de los observatorios de prevención de incendios.
- Limitación de los medios aéreos en las labores de extinción en los parques eólicos y su entorno inmediato.

En la Fase de construcción y desmantelamiento se tendrá en cuenta:

- Entorpecimiento de operaciones de extinción por corte de caminos o pistas forestales.
- Generación de polvo, en las fases de construcción y desmantelamiento, que podría ser, si se diesen las circunstancias oportunas, explosivo, y por ello, ser fuente generadora de incendio.
- Acumulación y acopio de materiales fácilmente inflamables o capaces de originar focos de fuego en días calurosos, como pueden ser metales o materiales reflectantes.
- Utilización de maquinaria que, en su arranque o durante su funcionamiento, podría originar chispas y ser detonante de un incendio.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.1. Condiciones de mantenimiento y uso de la instalación de protección contra incendios.

Todas las instalaciones y medios relativos al proyecto deberán conservarse en buen estado de acuerdo con lo que establece en cada caso, en el presente apartado o en las disposiciones vigentes que sean de aplicación. La responsabilidad derivada de la obligación impuesta en el punto anterior recaerá en la Propiedad correspondiente en cuanto a su mantenimiento y empleo.

La instalación de detección automática de incendios se someterá anualmente a pruebas de mantenimiento y control de funcionamiento. En estas pruebas se procederá a la limpieza de todos los detectores, además se activará cada detector al menos una vez cada seis meses, pudiéndose sustituir dicha activación por un análisis visual de su estado en caso de detectores no rearmarles. En cualquier caso, deberá comprobarse con la misma periodicidad el correcto funcionamiento del resto de los componentes de la instalación.

El equipo de Control y señalización será objeto mensualmente de la respuesta en acción de un dispositivo de prueba, comprobando el encendido de todos los pilotos. Después de un incendio o alarma se comprobará el estado de los detectores, remplazando aquellos elementos o partes que se presenten un funcionamiento deficiente.

La instalación de extintores móviles, deberá someterse a las siguientes operaciones de mantenimiento y control de funcionamiento:

- Se verificará cada cuatro meses la situación, accesibilidad y aparente buen estado del extintor y de todas sus inscripciones.
- Cada seis meses se realizará las operaciones previstas en las instrucciones del fabricante o instalador. Particularmente se verificará el peso del extintor, su presión en caso de ser necesario, así como el peso mínimo de gas extintor previsto para las botellas.
- Cada doce meses se realizará una verificación de los extintores personal especializado.

Las verificaciones anuales y semestrales se recogerán en tarjetas unidas de forma segura a los extintores, en la que constará la fecha de cada comprobación y la identificación de la persona que lo ha realizado. En caso de ser necesarias observaciones especiales, estas podrán ser indicadas en la misma. Las operaciones retimbrado y recarga se realizará de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión, del Ministerio de Industria y Energía.

Las instalaciones de alumbrado de emergencia y señalización, se someterán como mínimo a inspecciones anuales.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4. MEDIDAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE INCENDIO

En primer término, se analizan los posibles impactos negativos, diferenciándolos en los generados en fase de ejecución y desmantelamiento, como son la producción de incendios forestales, entorpecimiento de operaciones de extinción por corte de caminos o pistas forestales, de los de explotación, como son la reducción del campo visual de los observatorios de prevención de incendios y limitación de la utilización de medios aéreos en las labores de extinción en los parques eólicos y entorno inmediato.

A continuación, se proponen una serie de Medidas para cada una de las fases:

4.1. Fase de Ejecución y Desmantelamiento

- Según Normativa, durante la fase de construcción y desmantelamiento se quedará prohibido el empleo de fuego en la zona.
- Para evitar el incremento de partículas en suspensión, polvo, etc. durante las obras, que de esta forma se produzca una mínima alteración del medio ambiente atmosférico, se proponen las siguientes medidas:
  - Evitar que el material removido quede directamente a merced del viento, acopiando el mismo a reparo, o mantenerlo constantemente húmedo ante la previsión de vientos, evitando así la voladura de los materiales más finos del suelo.
  - Regar periódicamente los accesos y todas aquellas vías que sean necesarias para el acceso a la obra y que estén desprovistos de capa asfáltica de rodadura, para reducir al mínimo el levantamiento de polvo durante la fase de obras.
- Habrá un agente forestal encargado de vigilar que las obras se realicen con el menor riesgo posible de incendio. Esta persona se pondrá en contacto con las brigadas de extinción en caso de producirse alguna incidencia de este tipo.
- Se evitará la instalación de aerogeneradores en el entorno de puntos de agua con posibilidades de carga de helicópteros.
- Se primará la concentración de aerogeneradores, evitando dispersiones que dificulten aún más las labores de los medios de extinción.
- Los aerogeneradores dispondrán de transformadores de tipo seco.
- Limpiar la zona en la que se efectúen actividades en las que se utilice un soplete o elemento similar, en un radio de 3.5 m. Dichas tareas, se efectuarán con un radio mínimo de 10 m de distancia de árboles que posean una circunferencia mayor de 60 cm, medida ésta a 1,20 m del suelo.
- En todas las actuaciones en las que intervengan máquinas, sean automotrices o no, que utilicen materiales inflamables y que puedan ser generadoras de riesgo de incendio o de explosión, se facilitará un extintor (tipo ABC) de 5 Kg a menos de 5 m de la misma.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- La maquinaria que funcione defectuosamente será sustituida, ya que puede producirse un incendio al saltar una chispa.
- En todo momento se mantendrán en buen estado de conservación y libres de obstáculos los caminos y pistas forestales afectados por los trabajos, de tal manera que no interrumpa el funcionamiento normal de los medios de prevención y extinción de incendios.
- Se realizará de manera general la mejora de los accesos y del firme para facilitar la llegada de los vehículos de extinción, disponiendo viales interiores para facilitar las tareas de mantenimiento y acceso a los aerogeneradores.
- Para el adecuado cumplimiento de las medidas de seguridad, se alertará del riesgo de incendios forestales con la colocación de carteles informativos, en aquellas áreas más susceptibles de sufrir un incendio (masas forestales, matorrales...) además de en los principales accesos del parque eólico.
- En la revegetación de taludes, las especies forestales que se utilicen tendrán que mantener un contenido de humedad elevado durante la época de máximo riesgo de incendio.
- Se retirarán inmediatamente todos los restos de los desbroces.
- Seleccionar, dentro de las especies adecuadas para la revegetación en esta zona, aquellas menos inflamables.
- Contemplar en la restauración la pendiente adecuada.

4.2. Fase de Explotación

Como se ha indicado anteriormente, la instalación de aerogeneradores en terrenos forestales genera una disminución de eficacia de los medios de prevención, al tratarse de obstáculos de gran envergadura, que en caso de incendio pueden estar ocultos por el humo, por lo que las medidas correctoras han de ir dirigidas fundamentalmente al refuerzo de estos medios de tal manera que se compense esta disminución de efectividad. Así pues, en los parques:

- Se evitará la instalación de aerogeneradores en el entorno de los observatorios forestales que puedan entorpecer el campo visual de los mismos.
- Se vigilarán así mismo las instalaciones, de manera que éstas estén en perfectas condiciones y no puedan provocar riesgos de incendio. En estas inspecciones periódicas se revisarán fundamentalmente las subestaciones eléctricas y la línea de alta tensión.
- En esta fase, la vigilancia se llevará a cabo por el personal dedicado al mantenimiento de los parques.
- Se reforzará la vigilancia en la zona de influencia, bien mediante sistemas automáticos de detección de incendios forestales o mediante el personal del parque.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Se dispondrá de un sistema de vigilancia y alerta de incendios integrado en un sistema que permita, en caso de incendio, la parada de los aerogeneradores y su orientación más adecuada en función de las características y localización del incendio. Así mismo, los aerogeneradores dispondrán de señales y balizamientos que faciliten su detección por medios aéreos.

5. CONCLUSIONES

Con lo expuesto anteriormente en el presente anejo, se consideran suficientemente descritos los elementos constitutivos de riesgo durante las fases de construcción, explotación y desmantelamiento, así como las medidas idóneas a tomar para minimizar el riesgo de incendio y afección de los campos magnéticos en el Parque Eólico y su línea de evacuación.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

ANEXO V DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y DATOS DEL AEROGENERADOR

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 7. DATASHEETS

Technical Description

ENERCON E-115 EP3 E3 Wind Energy Converter

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Publisher

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Director: Hans-Dieter Kettwig
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

Copyright notice

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.

ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.

The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.

If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

Registered trademarks

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

Reservation of right of modification

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

Document details

Document ID	D0728421-4
Note	Original document. Source document of this translation: D0724970-4/2020-01-27

Date	**Language**	**DCC**	**Plant/department**
2020-02-21	en	DA	WRD Management Support GmbH / Documentation Department

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Table of contents

1 Overview of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3 5

2 ENERCON wind energy converter concept 6

3 Components of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3 7

3.1 Rotor blades 8

3.2 Nacelle 8

3.2.1 Annular generator 8

3.3 Tower 9

4 Grid Management System 10

5 Safety system 12

5.1 Safety equipment 12

5.2 Sensor system 12

6 Control system 15

6.1 Yaw system 15

6.2 Pitch control 15

6.3 WEC start 16

6.3.1 Start lead-up 16

6.3.2 Wind measurement and nacelle alignment 16

6.3.3 Generator excitation 17

6.3.4 Power feed 17

6.4 Operating modes 18

6.4.1 Full load operation 18

6.4.2 Partial load operation 19

6.4.3 Idle mode 19

6.5 Safe stopping of the wind energy converter 20

7 Remote monitoring 21

8 Maintenance 22

9 Technical data of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3 23

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A8712 en SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

List of abbreviations

FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System
FT	FACTS transmission (electrical configuration with FACTS properties)
FTQ	FACTS Transmission with Q+ option
FTQS	FACTS Transmission with Q+ option and STATCOM option (electrical configuration with expanded reactive power range and STATCOM option)
FTS	FACTS Transmission with STATCOM option
GRP	Glass-fibre Reinforced Plastic
HH	Hub height
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
STATCOM	Static compensator

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

1 Overview of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3

The ENERCON E-115 EP3 E3 wind energy converter is a directly-driven wind energy converter with a three-bladed rotor, active pitch control, variable-speed operation and a nominal power of 2990/4200 kW. It has a rotor diameter of 115.71 m and is available with hub heights from 67 m to 149 m.



Fig. 1: Overall view of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

2 ENERCON wind energy converter concept

Gearless

The WEC drive system comprises very few rotating components. The hub and the rotor of the annular generator are directly interconnected without a gear to form one solid unit. This reduces mechanical strain and increases technical service life. Maintenance and service costs are reduced (fewer wearing parts, no gear oil change, etc.) and operating expenses are also kept to a minimum. Since there are no gears or other fast-rotating parts, the energy loss between generator and rotor as well as noise emissions are considerably reduced.

Active pitch control

The active pitch control of the rotor blades is made up of a rotor main distribution system and 3 pitch control cabinets each with an asynchronous pitch motor connected. The pitch control limits the rotor speed and the amount of power extracted from the wind. This way, the maximum output of the wind energy converter can be accurately limited to nominal power, even at short notice. By pitching the rotor blades into the feathered position, the rotor is stopped without any strain on the drive train caused by the application of a mechanical brake. The energy supply for an emergency pitching of the rotor blades is located in the pitch control cabinets.

Indirect grid connection

The power produced by the annular generator is fed into the distribution or transport grid via the grid feed system. The grid feed system, which consists of modular rectifier and inverter systems with a common DC link each, ensures maximum energy yield with excellent power quality. The electrical properties of the annular generator are therefore irrelevant to the behaviour of the wind energy converter in the distribution or transport grid. Rotational speed, excitation, output voltage and output frequency of the annular generator may vary depending on the wind speed. This way, the energy contained in the wind can be optimally exploited even in the partial load range.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3 Components of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3

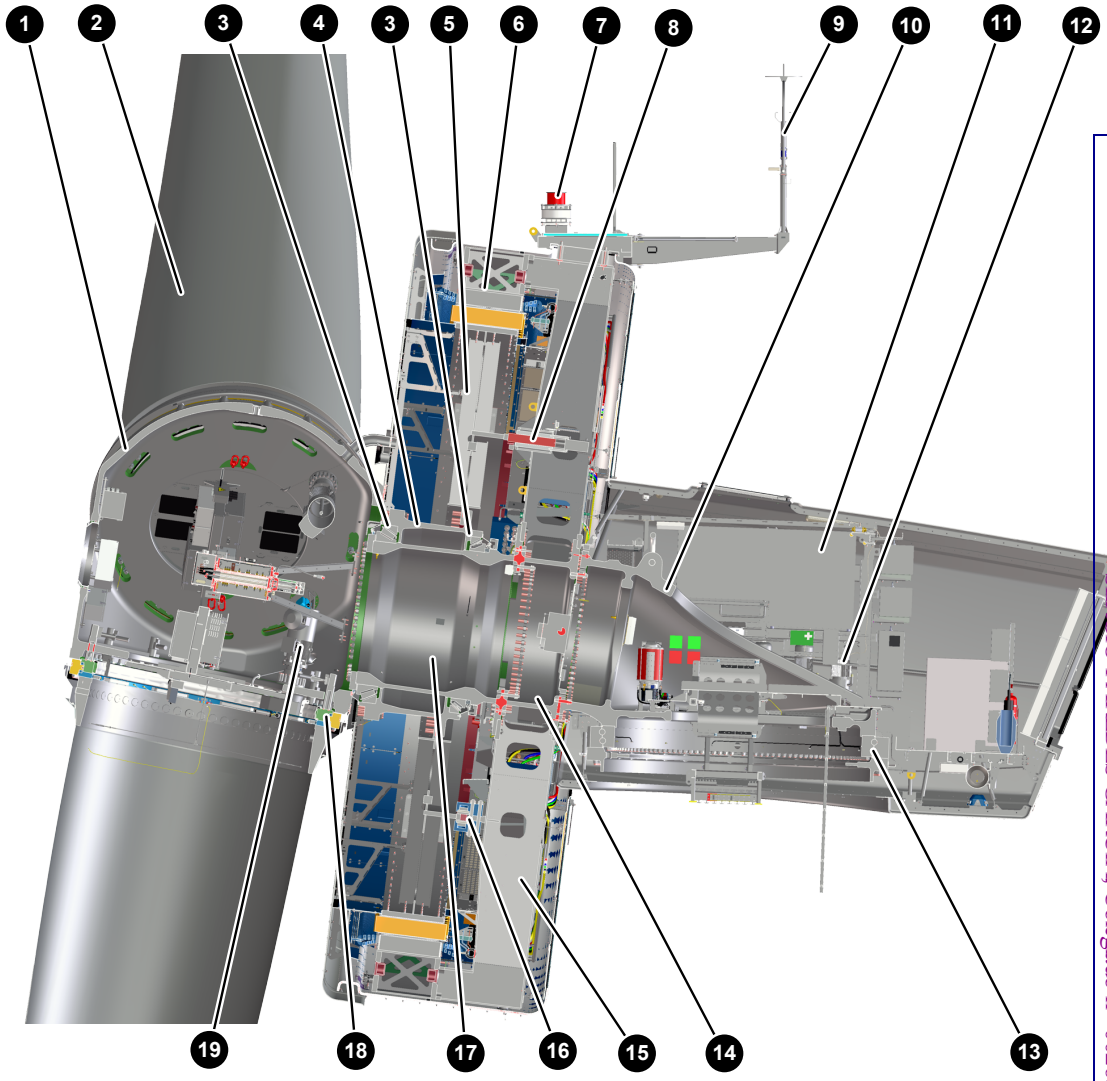


Fig. 2: Sectional view of nacelle

1	Hub	2	Rotor blade
3	Rotor bearing	4	Rotor support
5	Generator rotor	6	Generator stator
7	Beacon system components (optional)	8	Rotor lock
9	Wind measuring unit with lightning rods	10	Main carrier
11	Nacelle control cabinet	12	Yaw drive
13	Yaw bearing	14	Stator support star
15	Support	16	Rotor brake
17	Axle pin	18	Blade flange bearing
19	Pitch drive		

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.1 Rotor blades

The rotor blades made of GRP, balsa wood and foam have a major influence on the wind energy converter's yield and its noise emissions. The rotor blade is manufactured using half-ring segments by the vacuum infusion method. The shape and profile of the rotor blades were designed with the following criteria in mind:

- High power coefficient
- Long service life
- Low noise emissions
- Low mechanical strain
- Efficient use of material

The rotor blades of the wind energy converter were specially designed to operate with variable pitch control and at variable speeds. The polyurethane-based surface coating protects the rotor blades from environmental effects such as UV radiation and erosion. This coating is visco-hard and highly resistant to abrasion.

Microprocessor-controlled pitch units adjust each of the three rotor blades independently of each another. Two angle encoders in each rotor blade constantly monitor the set blade angle and ensure blade angle synchronisation across all three blades. This enables quick and precise setting of the blade angles according to the prevailing wind conditions.

Optionally, and in some cases as standard, the rotor blades have a serrated profile on part of the trailing edge. This trailing edge serration reduces the turbulence on the trailing edge and thus lowers the noise emission from the wind energy converter.

Vortex generators are mounted on the inside of the rotor blades on the suction face. The vortex generators delay the breakaway of the boundary layer flow from the rotor blade surface. Thus the aerodynamic properties of the wind energy converter are less sensitive to temporary surface changes and wind conditions. The power of the wind energy converter increases and the noise emissions decrease.

3.2 Nacelle

The hub rotates around the fixed axle pin on 2 rotor bearings. Among other components, the rotor blades and the generator rotor are attached to the hub. The slip ring unit is located at the tip of the axle pin. It transmits electrical energy and data between the stationary and the rotating parts of the nacelle via sliding contacts.
The stator support with its 6 supports is the load-bearing element of the fixed generator stator. The stator support star connects the stator support to the main carrier. Mounted on the ends of the supports is the stator support ring, that is fitted with the aluminium windings in which electric current is induced.
The main carrier is the central load-bearing element of the nacelle. All rotor and generator components are attached to it either directly or indirectly. The main carrier rotates on the tower head by means of the yaw bearing. The entire nacelle can be rotated by the yaw drives so that the rotor is always optimally aligned with the wind.
The nacelle casing is made of GRP. It is composed of multiple sections and attached to the generator stator and the nacelle floor by means of steel profiles.

3.2.1 Annular generator

The wind energy converters are equipped with a multi-polar, externally excited synchronous generator (annular generator). The wind energy converter operates at variable speeds in order to fully exploit the wind energy potential at all wind speeds. The annular generator therefore produces alternating current with fluctuating voltage, frequency and amplitude.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

The windings in the generator stator of the annular generator form 12 independent three-phase alternating current systems. A parallel connection reduces the systems to 2 resulting systems that are rectified in 2 converter groups in the tower base and then rectified again to three-phase current with a voltage, frequency and phase position that conform to the grid.

Consequently, the annular generator is not directly connected to the receiving power grid of the utility company; instead, it is completely decoupled from the grid by the full-scale converter.

3.3 Tower

The tower of the wind energy converter is a hybrid tower assembled from precast concrete tower segments and a steel section, or a steel tower.
All towers are painted and coated with weather and corrosion protection at the factory. This means that no work is required in this regard after assembly except for repairing any defects or transport damage. By default, the outer paintwork on the bottom of the tower has a graded colour scheme (can be omitted if desired).

Steel towers are steel tubes that taper linearly towards the top. They are pre-fabricated and consist of a small number of large sections. Flanges with drill holes for bolting are welded to the ends of the sections.

The tower sections are simply stacked on top of each other and bolted together at the installation site. They are linked to the foundation by means of a bolt cage.

The hybrid tower is assembled from the precast concrete elements at the installation site. As a rule, segments are dry-stacked; however, a compensatory grout layer can be applied. Vertical joints are bolted. As a final step, the top steel section is placed on the tower and bolted.

Hybrid towers are prestressed vertically by means of prestressing steel tendons. The prestressing tendons run vertically either through ducts in the concrete elements or externally along the interior tower wall. They are anchored to the foundation.

For technical and economic reasons, the slender top part of the hybrid tower is made of steel. It is not possible, for example, to install the yaw bearing directly on the concrete elements and the considerably thinner wall of the steel section provides for more space in the tower interior.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 4026543
VISADO

4 Grid Management System

The annular generator is coupled to the grid through the grid feed system. This system essentially consists of a modular rectifier and inverter system with a common DC link each.

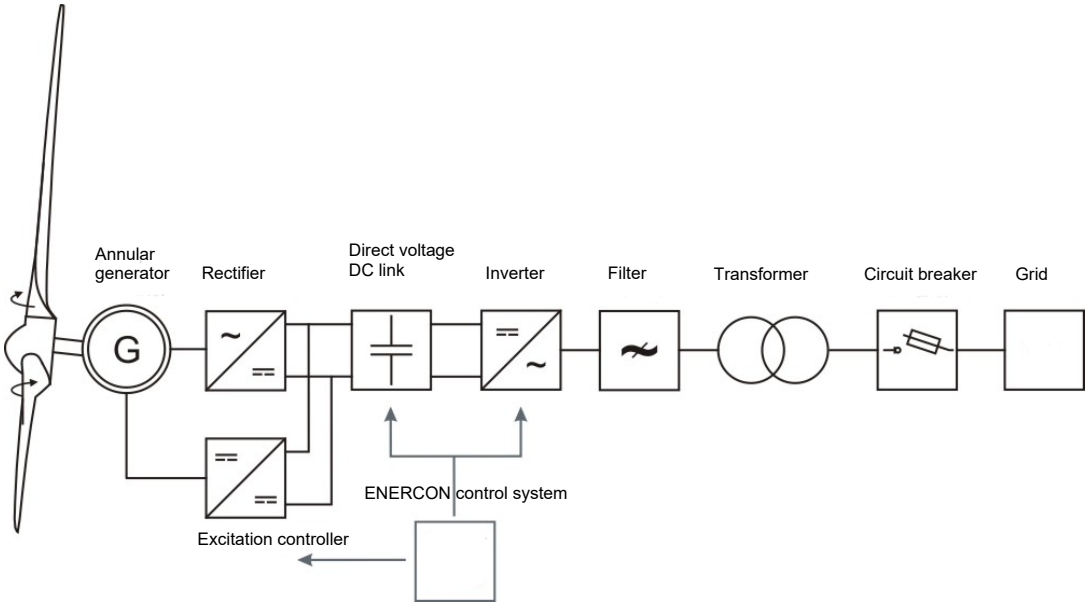


Fig. 3: Simplified electric diagram of a wind energy converter

The grid feed system, generator excitation and pitch control are all managed by the control system to achieve maximum energy yield and excellent power quality.

Decoupling the annular generator from the grid provides for optimum power transmission. Sudden changes in the wind speed are translated into controlled changes in the power fed into the grid. Conversely, any grid faults that occur have virtually no effect on the mechanical side of the wind energy converter. The power fed in by the wind energy converter can be precisely regulated from 0 kW to 2990/4200 kW.

In general, the characteristics required for a specific wind energy converter or wind farm to be connected to the receiving power grid are predefined by the operator/owner of that grid. To meet different requirements, ENERCON wind energy converters are available with different configurations.

The inverter system in the tower base is dimensioned according to the particular configuration of the wind energy converter. As a rule, a transformer inside or near the wind energy converter converts 630 V low voltage to the desired medium voltage.

Reactive power

If necessary, a wind energy converter equipped with a standard FACTS control system can supply reactive power in order to contribute to reactive power balance and to maintaining voltage levels in the grid. The maximum reactive power range is available at an output as low as 10 % of the nominal active power. The maximum reactive power range varies, depending on the configuration of the wind energy converter.

FT configuration

By default, the wind energy converter comes equipped with FACTS technology that meets the stringent requirements of specific grid codes. It is able to ride through grid faults of up to 5 seconds (undervoltage, overvoltage, automatic reclosing, etc.) and to remain connected to the grid during these faults.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

If the voltage measured at the reference point exceeds a defined limit value, the wind energy converter changes from normal operation to a special fault operating mode.

Once the fault has been cleared, the wind energy converter returns to normal operation and feeds the available power into the grid. If the voltage does not return to the operating range admissible for normal operation within an adjustable time frame (5 seconds max.), the wind energy converter is disconnected from the grid.

While the system is riding through a grid fault, various fault modes using different grid feed strategies are available, including feeding in additional reactive current during the grid fault. The control strategies include different options for setting fault types.

Selection of a suitable control strategy depends on specific grid code and project requirements that must be confirmed by the particular grid operator.

FTS configuration

FT configuration with STATCOM option

Same as FT configuration; however, the STATCOM option additionally enables the wind energy converter to output and absorb reactive power regardless of whether it is generating and feeding active power into the grid. It is thus able to actively support the power grid at any time, similar to a power plant. Whether or not this configuration can be used needs to be determined on a project-by-project basis.

FTQ configuration

FT configuration with Q+ option

The FTQ configuration has all of the features of the FT configuration. In addition, it offers an extended reactive power range.

FTQS configuration

FT configuration with Q+ and STATCOM options

The FTQS configuration has all of the features of the FTQ and FTS configurations.

Frequency protection

ENERCON wind energy converters can be used in grids with a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz.

The range of operation of the wind energy converters is defined by a lower and upper frequency limit value. Overfrequency and underfrequency events at the reference point of the wind energy converter trigger frequency protection and cause the wind energy converter to shut down after the maximum delay time of 60 seconds has elapsed.

Power-frequency control

If temporary overfrequency occurs as a result of a grid fault, the wind energy converter can reduce its power feed dynamically to contribute to restoring the balance between the generating and transmission networks.
As a pre-emptive measure, the active power feed can be limited during normal operation. During an underfrequency event, the power reserved by this limitation is made available to stabilise the frequency. The characteristics of this control system can be adapted to various specifications in a flexible manner.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 002658
VISADO

5 Safety system

The wind energy converter comes with a large number of safety features whose purpose is to permanently keep the wind energy converter inside a safe operating range. In addition to components that ensure safe stopping of the wind energy converter, these include a complex sensor system. This system records on an ongoing basis all relevant operating states of the wind energy converter and makes the corresponding information available via the ENERCON SCADA remote monitoring system.

If any safety-relevant operating parameters are outside of the permitted range, the wind energy converter continues running at limited power, or is stopped.

5.1 Safety equipment

Emergency stop button

In wind energy converters there are emergency stop buttons on the control cabinet in the tower base, on the nacelle control cabinet and, as necessary, in the tower entrance area as well as at other locations. Actuating an emergency stop button in the tower base activates emergency pitching of the rotor blades. This brakes the rotor aerodynamically. Actuating an emergency stop button in the nacelle activates the rotor holding brake in addition to emergency pitching. This stops the rotor as quickly as possible. An emergency stop renders the wind energy converter only partially dead.

The following are still supplied with power:

- Rotor holding brake
- Beacon system components
- Lighting
- Sockets

Main switch

In the ENERCON wind energy converter, a main switch is installed on the nacelle main distribution system. When actuated, it renders almost the entire nacelle dead.

The following are still supplied with power:

- Beacon system components
- Sockets
- Lighting
- Nacelle crane
- All components below the nacelle level

5.2 Sensor system

A large number of sensors continuously monitor the current status of the wind energy converter and the relevant ambient parameters (e.g. rotor speed, temperature, blade load, etc.). The control system analyses the signals and regulates the wind energy converter such that the wind energy available at any given time is always optimally exploited and at the same time operating safety is ensured.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Redundant sensors

To be able to check plausibility by comparing the reported values, redundant sensors are installed for some operating states. This applies to temperature measurement in the generator, wind speed measurement or measuring the current rotor blade angle. Defective sensors are reliably detected and can be repaired or replaced by activating spare sensors. This way, the wind energy converter can safely continue its operation without having to replace major components.

Sensor checks

Proper functioning of all sensors is either regularly checked by the wind energy converter control system itself during normal wind energy converter operation or, where this is not possible, in the course of wind energy converter maintenance work.

Speed monitoring

The control system of the wind energy converter regulates the rotor speed by adjusting the blade angle in such a way that the nominal speed is not significantly exceeded, even if the wind is very strong. However, the pitch control may not be able to react quickly enough to sudden events such as a strong gust of wind or a sudden reduction in generator load. If nominal speed is exceeded by more than 15 %, the control system stops the rotor. After three minutes the wind energy converter automatically attempts to restart. If this fault occurs more than five times within a 24-hour period, a defect is assumed. There are no further restart attempts.

In addition to the electronic monitoring system there are three electromechanical overspeed switches in the rotor head. They are spaced evenly along the circumference of the rotor. Each of these switches can stop the wind energy converter by means of emergency pitching. The switches respond if the rotor speed exceeds the nominal speed by more than 25 %. In order to restart the wind energy converter, the overspeed switches must be reset manually after the cause of the overspeed has been identified and eliminated.

Air gap monitoring

Microswitches distributed along the rotor circumference monitor the width of the air gap between the rotor and the stator of the annular generator. If any of the switches are triggered because the distance has dropped below the minimum distance, the wind energy converter stops and restarts automatically after a brief delay.

If the fault recurs within 24 hours, the wind energy converter remains stopped until the cause has been eliminated.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

Oscillation monitoring

Oscillation monitoring detects excessive oscillation or excursion of the wind energy converter tower top. Sensors detect the acceleration of the nacelle along the direction of the hub axis (longitudinal oscillation) and perpendicular to this axis (transverse oscillation). The control system uses this input to calculate the tower excursion compared to its idle position.
In addition, excessive vibrations and shocks such as those that may occur e.g. in the event of a fault in the rectifier are detected by an integrated oscillation monitoring function. If the oscillations or excursion exceed the permissible limit, the wind energy converter stops. It restarts automatically after a short delay. If non-permissible vibrations are detected or if non-permissible tower oscillations occur repeatedly, the wind energy converter stops and does not make any further restart attempts.

Temperature monitoring system

Some components of wind energy converters are cooled. In addition, temperature sensors continuously measure the temperature of the components of the wind energy converter that need to be protected from excessive heat.

In the event of excessive temperatures, the power output of the wind energy converter is reduced. If necessary, the wind energy converter stops. The wind energy converter cools down and generally restarts automatically as soon as the temperature falls below a predefined limit.

Some measuring points are equipped with additional overtemperature switches. These also initiate a stop of the wind energy converter once the temperature exceeds a specific limit, in certain cases without an automatic restart after cooling down.

At low temperatures, some assemblies such as the hazard beacon energy storage and the generator are heated in order to keep them operational.

Nacelle-internal noise monitoring

There are sensors located in the rotor head of wind energy converters with nacelle-internal noise monitoring that respond to loud knocking sounds such as might be caused by loose or defective components. If any of these sensors detect noise and there is nothing to indicate a different cause, the wind energy converter stops.

In order to rule out external causes for the noise (mainly the impact of hail during a thunderstorm), the signals from all wind energy converters in a wind farm are compared against each other. For stand-alone wind energy converters, an additional noise sensor in the machine house is used. If the sensors in multiple wind energy converters or the noise sensor in the machine house detect noise simultaneously, an exterior cause is assumed. The noise sensors are deactivated briefly so that none of the wind energy converters in the wind farm stop.

Cable twist monitoring

If the nacelle of the wind energy converter has turned around its own axis more than 3 times and twisted the cables running down inside the tower, the wind energy converter control system uses the next opportunity to automatically untwist the cables.

The cable twist monitoring feature is equipped with sensors that cut the power supply to the yaw motors if the permitted adjusting range is exceeded.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

6 Control system

The wind energy converter control system is based on a microprocessor system developed by ENERCON and uses sensors to query all WEC components and collect data such as wind direction and wind speed. Using this information, it adjusts the operating mode of the wind energy converter accordingly. The WEC display of the control cabinet in the tower base shows the current status of the wind energy converter and any fault that may have occurred.

6.1 Yaw system

The yaw bearing with an externally geared rim is mounted on top of the tower. The yaw bearing allows the nacelle to rotate, thus providing for yaw control.

If the difference between the wind direction and the rotor axis direction exceeds the maximum permissible value, the yaw drives are activated and adjust the nacelle position according to the wind direction. The yaw motor control system ensures smooth starting and stopping of the yawing motion. The wind energy converter control system monitors the yaw system. If it detects any irregularities it deactivates yaw control and stops the wind energy converter.

6.2 Pitch control

Functional principle

The pitch control system modifies the angle of attack, that is the angle at which the air flow meets the blade profile. Changes to the blade angle change the lift at the rotor blade and thus the force with which the blade turns the rotor.

In automatic mode (normal operation) the blade angle is adjusted in a way that ensures optimal exploitation of the energy contained in the wind while avoiding overload of the wind energy converter. Wherever possible, boundary conditions such as noise optimisation are also fulfilled in the process. In addition, pitch control is used to decelerate the rotor aerodynamically.

If the wind energy converter achieves nominal power output and the wind speed continues to increase, pitch control turns the rotor blades just far enough out of the wind to keep the rotor speed and the amount of energy extracted from the wind, i.e. the energy to be converted by the generator, within or just slightly above the nominal limits.

Structure

The pitch control of the rotor blades is made up of a rotor main distribution system and 3 pitch control cabinets each with an asynchronous pitch motor connected. The rotor's main distribution system distributes the power from the slip ring unit to the pitch control cabinets and the surge protection device. Each pitch control box contains a pitch converter for the pitch motor and several capacitor modules. The capacitor modules store the energy required for emergency pitching. During wind energy converter operation, they are kept charged and are continually tested. The pitch motor is installed on a multi-stage gear and designed as a braking motor.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA Colegiado nº 0026943
VISADO

Blade angle

Special rotor blade positions (blade angle):

A: 0° Normal position during partial load operation: maximum exploitation of available wind.

B: ≥ 60° Idle mode (wind energy converter does not feed any power into the grid because the wind speed is too low): Depending on the wind speed, the rotor spins at low speed or stands still (if there is no wind at all).

C: 96° Feathered position (rotor has been stopped manually or automatically): The rotor blades do not generate any lift even in the presence of wind; the rotor stands still or moves very slowly.

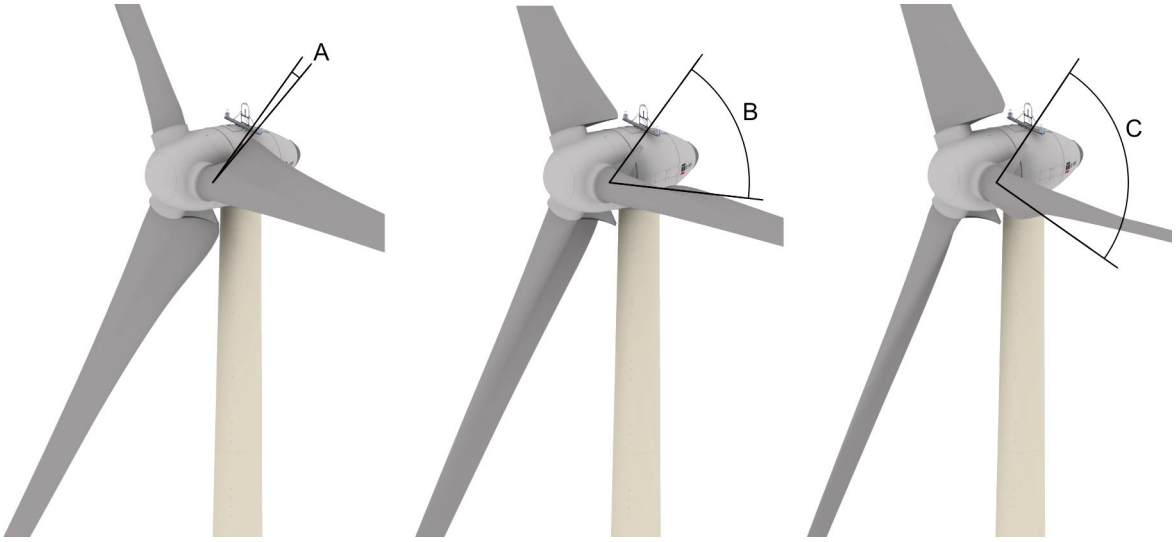


Fig. 4: Special rotor blade positions

6.3 WEC start

6.3.1 Start lead-up

As long as the main status is > 0, the wind energy converter remains stopped. As soon as the main status changes to 0, the wind energy converter is ready and the start-up procedure is initiated. If certain boundary conditions for start-up, e.g. charging of the emergency-pitching capacitor units, have not yet been fulfilled, status `0:3 Start lead-up` is displayed.

During start lead-up, a wind measurement and alignment phase of 150 seconds begins for the wind energy converter.

6.3.2 Wind measurement and nacelle alignment

After completing start lead-up, status `0:2 Turbine operational` is displayed.

If the control system is in automatic mode, the mean wind speed is above 1.8 m/s and the wind direction deviation is sufficient for yawing, the wind energy converter starts alignment with the prevailing wind direction. The wind energy converter goes into idle mode 60 seconds after completing start lead-up. The rotor blades are slowly pitched in while a check is performed on the emergency-pitching capacitor units.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

If the wind energy converter is equipped with load control sensors, the rotor blades stop at an angle of 70° and adjust the load measurement points, which may take several minutes. During this time, status `0:5 Calibration of load control` is displayed.

If the mean wind speed during the wind measurement and alignment phase of 150 seconds is above the current cut-in wind speed (about 2.0 m/s), the start-up procedure is initiated (status `0:1`). Otherwise, the wind energy converter remains in idle mode (status `2:1 Lack of wind: Wind speed too low`).

Power consumption

As the wind energy converter is not generating any active power at that moment, the electrical energy consumed by the wind energy converter is taken from the grid.

6.3.3 Generator excitation

Once the rotor reaches a certain rotational speed that depends on the wind turbine type, generator excitation is initiated. The electricity required for this purpose is temporarily taken from the grid. Once the generator reaches a sufficient speed the wind energy converter supplies itself with power. The electricity for self-excitation is then taken from the DC link; the energy taken from the grid is reduced to zero.

6.3.4 Power feed

As soon as the DC link voltage is sufficient and the excitation controller is no longer connected to the grid, power feed is initiated. After the rotational speed has increased due to sufficient wind and with a power setpoint > 0 kW, the line contactors on the low-voltage side are closed and the wind energy converter starts feeding power into the grid at approx. 4.4 (HH 67 m)/6.0 (HH 87 m, HH 92 m, HH 135 m) rpm.

Power control regulates the excitation current so that power is fed according to the required power curve.

The power increase gradient (dP/dt) after a grid fault or a regular start-up can be defined in the control system within a certain range. For more detailed information, see the grid performance data sheet for the particular wind energy converter type.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.4 Operating modes

After completion of the start-up procedure the wind energy converter switches to automatic mode (normal operation). While in automatic mode, the wind energy converter constantly monitors wind conditions, optimises rotor speed, generator excitation and generator power output, aligns the nacelle position with the wind direction and records all sensor statuses.

In order to optimise power generation under highly diverse wind conditions when in automatic mode, the wind energy converter changes between three operating modes, depending on the wind speed. In certain circumstances the wind energy converter stops if provided for by its configuration (e.g. due to shadow casting). In addition, the utility company into whose grid the generated power is being fed can be given the option to directly intervene in the operation of the wind energy converter by remote control, e.g. for temporary reduction of the grid feed.

The wind energy converter switches between the following operating modes:

- Full load operation
- Partial load operation
- Idle mode

6.4.1 Full load operation

Wind speed
v ≥ 11.2 (2990 kW)/13.2 (4200 kW) m/s

At wind speeds at and above the rated wind speed, the wind energy converter uses pitch control to maintain the rotor speed at the setpoint (approx. 12.7 (2990 kW)/13.2 (4200 kW) rpm), thereby limiting the power to its nominal value of 2990/4200 kW.

Storm control enabled (normal case)

Storm control enables WEC operation even at very high wind speeds; however, the rotor speed and the power are reduced.

If wind speeds are above 25 m/s (12-second mean) and keep increasing, the rotational speed will be reduced linearly from 12.7 (2990 kW)/13.2 (4200 kW) rpm to idle speed at 34 m/s (10-min mean) by pitching the rotor blades out of the wind accordingly. The power fed into the grid decreases in accordance with the speed/power characteristic curve in the process.

At wind speeds of above 34 m/s (10-minute average) the rotor blades are almost in the feathered position. The wind energy converter runs in idle mode and without any power output; it does, however, remain connected to the receiving grid. Once the wind speed falls below 34 m/s, the wind energy converter restarts its power feed.

Storm control is enabled by default and can only be deactivated by remote control or on site by ENERCON Service.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

6.4.2 Partial load operation

Wind speed
2.5 m/s ≤ v < 11.2 (2990 kW)/13.2 (4200 kW) m/s

During partial load operation (i.e., the wind speed is between the cut-in wind speed and the rated wind speed) the maximum possible power is extracted from the wind. Rotor speed and power output are determined by the current wind speed. Pitch control already starts as the wind energy converter approaches full load operation so as to achieve a smooth transition.

6.4.3 Idle mode

Wind speed
v < 2.5 m/s

At wind speeds below 2.5 m/s no power can be fed into the grid. The wind energy converter runs in idle mode, i.e., the rotor blades are turned almost completely out of the wind (blade angle ≥ 60°) and the rotor turns slowly or stops completely if there is no wind at all.

Slow movement (idling) puts less strain on the rotor bearings than longer periods of complete standstill; in addition, the wind energy converter can resume power generation and power feed more quickly as soon as the wind picks up.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.5 Safe stopping of the wind energy converter

The wind energy converter can be stopped by manual intervention or automatically by the control system.

The causes are divided into groups by risk.

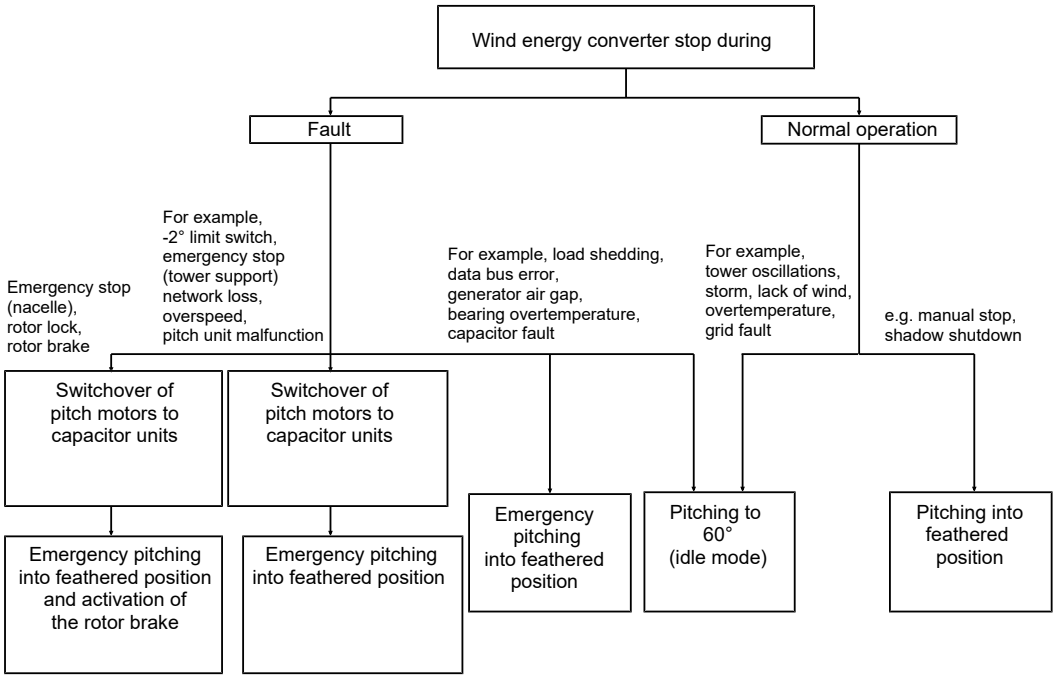


Fig. 5: Overview of wind energy converter stop

Stopping the wind energy converter by means of pitch control

In the event of a fault that is not safety-relevant, the wind energy converter control system pitches the rotor blades out of the wind, causing the rotor blades not to generate any lift and bringing the wind energy converter to a safe stop.

Emergency pitching

The capacitor modules of the pitch systems store the energy required for emergency pitching. During operation of the wind energy converter, they are kept charged and continually tested. For emergency pitching, each pitch motor is supplied with energy by the associated capacitor modules. The rotor blades are automatically moved into a position in which they do not generate any lift; this is called the feathered position.

Since the 3 pitch units are interconnected but also operate independently of each other, if one component fails, the remaining pitch units can still function and stop the rotor.

Emergency braking

If an emergency stop button is pressed in the nacelle, or if the rotor lock is actuated while the rotor is turning, the control system initiates an emergency braking procedure.

In this case, the rotor brake is applied in addition to emergency pitching of the rotor blades. The rotor decelerates from nominal speed to a standstill within 10 to 15 seconds.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

7 Remote monitoring

By default, all ENERCON wind energy converters are equipped with the ENERCON SCADA system that connects them to Technical Service Dispatch. Technical Service Dispatch can retrieve each wind energy converter's operating data at any time and instantly respond to any irregularities or faults.

The ENERCON SCADA system also transmits all status messages to Technical Service Dispatch, where they are permanently stored. This ensures that the practical experience gained through the long-term operation of ENERCON wind energy converters is taken into account for their continued development.

Connection of the individual wind energy converters is through the ENERCON SCADA Server, which is typically located in the substation or the transmission substation of a wind farm. One ENERCON SCADA Server is installed in every wind farm.

The ENERCON SCADA system, its properties and its operation are described in separate documentation.

At the operator/owner's request, monitoring of the wind energy converters can be performed by a third party.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

8 Maintenance

In order to ensure long-term safe and optimum operation of the wind energy converters, maintenance is required at regular intervals.

Wind energy converters are regularly serviced at least once a year, depending on requirements.

During maintenance, all safety-relevant components and features are inspected, e.g. pitch control, yaw control, safety systems, lightning protection system, anchorage points and safety ladders. The bolt connections on load-bearing joints (main components) are checked. All other components are visually inspected to check for any irregularities or damage. Lubrication systems are refilled.

Maintenance intervals and scope may vary, depending on regional guidelines and standards.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

9 Technical data of ENERCON wind energy converter – E-115 EP3 E3

General	
Manufacturer	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Germany
Type designation	E-115 EP3 E3
Nominal power	2990/4200 kW
Design service life	25 years
Rotor diameter	115.71 m
IEC wind class (ed. 3)	IA (HH 87 m) IIA (HH 135 m) SA (HH 67 m, HH 92 m, HH 122 m and HH 149 m)
Extreme wind speed at hub height (10-minute mean)	50.00 m/s (HH 67 m, HH 87 m and HH 92 m) 42.50 m/s (HH 122 m, HH 135 m and HH 149 m)
	Corresponds to a load equivalent of approx. 70.00 m/s (HH 67 m, HH 87 m and HH 92 m) or approx. 59.50 m/s (HH 122 m, HH 135 m and HH 149 m) (3 s gust)
Annual average wind speed at hub height	7.80 m/s (HH 122 m) 7.90 m/s (HH 149 m) 8.50 m/s (HH 135 m) 8.80 m/s (HH 67 m) 9.10 m/s (HH 92 m) 10.00 m/s (HH 87 m)

Rotor with pitch control	
Type	Upwind rotor with active pitch control
Rotational direction	Clockwise
Number of rotor blades	3
Rotor blade length	56.51 m
Swept area	10516 m^2
Rotor blade material	GRP (glass fibre + epoxy resin)/balsa wood/foam
Maximum idle speed	2.5 rpm
Lower power-feed speed	4.4 (HH 67 m)/6.0 (HH 87 m, HH 92 m, HH 135 m) rpm
Nominal speed	12.4 (2990 kW)/12.9 (4200 kW) rpm
Speed setpoint	12.7 (2990 kW)/13.2 (4200 kW) rpm
Tip speed at speed setpoint	Up to 76.76 (2990 kW)/79.78 (4200 kW) m/s

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Rotor with pitch control	
Power reduction wind speed (with ENERCON storm control)	25 – 34 m/s
Conical angle	2.5°
Rotor axis angle	7°
Pitch control	One independent electrical pitch system per rotor blade with dedicated emergency power supply

Drive train with generator	
Wind energy converter concept	Gearless, variable speed, full-scale converter
Hub	Rigid
Bearing	2 tapered roller bearings
Generator	Direct-drive ENERCON annular generator
Grid feed	ENERCON inverter with high clock speed and sinusoidal current
IP Code/insulation class	At least IP 23/F

Brake system	
Aerodynamic brake	Three independent pitch units with emergency power supply
Rotor brake	Hydraulic
Rotor lock	Latching every 10°

Yaw control	
Yaw system	Electromechanical pitch system

Control system	
Type	Microprocessor
Grid feed	ENERCON inverter
Remote monitoring system	ENERCON SCADA system
Uninterruptible power supply (UPS)	Integrated

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Tower types		
Hub height	**Design**	**Wind class**
67 m	Steel tower with foundation basket	IEC SA[1]
87 m	Steel tower with foundation basket	IEC IA[1]
92 m	Steel tower with foundation basket	IEC SA[1] DIBt WZ4 GK I[2]
122 m	Hybrid steel tower	IEC SA[1] DIBt WZ3 GK I[2]
135 m	Hybrid tower	IEC IIA[1] DIBt WZ3 GK I[2]
149 m	Hybrid steel tower	IEC SA[1] DIBt WZ3 GK I[2]

[1]Issue of the directive: Edition 3

[2]Issue of the directive: 2012

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES 1
A. OBRA CIVIL 7
1. CONDICIONES GERERALES 7
1.1. OBJETO 7
1.2. DOCUMENTACIÓN COMPLEMETARIA 7
1.3. CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN 8
1.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD 8
1.5. CONFRONTACIÓN DE PLANOS Y MEDIDAS 8
1.6. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN 8
1.7. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN 9
1.8. MEDIOS Y MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN 9
1.9. MATERIALES QUE NO REÚNAN LAS CONDICIONES DEL PLIEGO 10
1.10. SUMINISTRO DE AGUA 10
1.12. CONSTRUCCIÓN AUXILIARES 10
1.13. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y LIMPIEZA 10
1.14. INSTALACIONES SANITARIAS PROVISIONALES 11
1.15. RETIRADA DE MEDIOS AUXILIARES 11
1.16. RELACIONES LEGALES Y RESPONSABILIDAD CON EL PÚBLICO 11
1.17. SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL 11
1.18. SUBCONTRATOS 11
1.19. COMPROBACIÓN DE LAS OBRAS 12
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS 13
3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS 14
3.1. PROCEDENCIA 14
3.2. MATERIALES NO INCLUIDOS EN EL PRESENTE PLIEGO 15
3.3. EXÁMENES Y PRUEBAS DE LOS MATERIALES 15
3.4. MATERIALES DEFECTUOSOS 15
3.5. TERRAPLENES 15
3.6. RELLENOS DE ZANJAS 16
3.7. ASIENTO GRANULAR PARA TUBERÍA 16

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

3.8. ZAHORRA ARTIFICIAL 17
3.9. MADERA 17
3.10. HORMIGONES Y MORTEROS 17
3.11. ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO 18
4. CONDICIONES DE LA EJECCUCIÓN 19
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES 19
4.2. COMPROBACIÓN DE REPLANTEO 20
4.3. PROGRAMA DE TRABAJO 22
4.4. DESVÍO DE SERVICIOS EXISTENTES 22
4.5. OCUPACIÓN DE SUPERFICIE 22
4.6. DESPEJE Y DESBROCE 23
4.7. EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN Y PRÉSTAMOS 23
4.8. EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMIENTOS 23
4.9. EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMIENTOS 24
4.10. RELLENOS DE ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTO DE CIMIENTOS Y OBRAS DE FÁBRICA 24
4.11. ZAHORRA ARTIFICIAL 25
4.12. HORMIGONES 25
4.13. MORTEROS DE CEMENTO 28
4.14. APEOS, CIMBRAS Y ENFORCADOS 28
4.15. ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO 28
4.16. OTRAS OBRAS Y TRABAJOS 29
4.17. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE SU EJECUCIÓN Y PLAZO DE GARANTÍA 29
4.18. LIMPIEZA DE LAS OBRAS 29
4.19. OBRAS QUE DEBAN QUEDAR OCULTAS 29
4.20. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 30
5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS 31
5.1. MODIFICACIÓN DEL PROYECTO 31
5.2. FIANZA 31
5.3. DAÑOS POR FUERZA JUNIOR 31

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.4. PLAZO DE GARANTÍA 31
5.5. PRECIOS UNITARIOS 31
5.6. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL 32
5.7. INDEMNIZACIONES DEL CONTRATISTA 33
5.8. DESPEJE, DESBROCE Y COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL 33
5.9. EXCAVACIÓN EN LA EXPLANACIÓN 33
5.10. EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMIENTOS 33
5.11. ASIENTO GRANULAR PARA TUBERÍAS 34
5.12. TERRAPLÉN 34
5.13. RELLENO DE ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS DE CIMIENTOS, TRASLADOS DE ESTRUCTURAS Y OBRAS DE FÁBRICA 35
5.14. REFINO DE TALUDES 35
5.15. ZAHORRA ARTIFICIAL 36
5.16. HORMIGONES 36
5.17. ENFORCADOS 36
5.18. ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO 37
5.19. CONDICIONES PARA FIJAR PRECIOS IMPUESTOS EN OBRAS NO PREVISTAS 37
B. ELECTRICIDAD 38
1. CONDICIONES GENERALES 38
1.1. OBJETO 38
1.2. REGLAMENTACIÓN, INSTRUCCIONES, NORMATIVA Y RECOMENDACIONES 38
1.3. NORMAS DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA 39
1.4. DISPOSICIONES LEGALES 39
1.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD 39
1.6. PERMISOS, LICENCIAS Y DICTÁMENES 39
1.7. DISPOSICIONES APLICABLES 39
1.8. SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS 40
1.9. LIMPIEZA FINAL DE LAS OBRAS 40
1.10. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL A CARGO DEL CONTRATISTA 40
2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS 42

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2.1. OBRAS COMPRENDIDAS 42
2.2. OBRAS CIVILES 42
2.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS 42
2.4. MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES 42
2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS 42
2.6. CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA 43
2.7. COMPATIBILIDAD Y PRELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS 43
3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES 44
3.1. PLIEGOS GENERALES 44
3.2. CONTROL PREVIO DE LOS MATERIALES 44
3.3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN 44
3.4. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LOS MATERIALES Y EQUIPAMIENTOS DE LOS CENTROS DE TRASNSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN 48
3.5. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE OBRA CIVIL 62
4. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 63
4.1. ORDEN DE LOS TRABAJOS 63
4.2. REPLANTEO 63
4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS 63
4.4. COMIENZO DE LAS OBRAS 64
4.5. ENSAYOS Y PRUEBA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS 64
4.6. ACOPIOS 65
4.7. DIRECCIÓN E INSPIRACIÓN DE LAS OBRAS 65
4.8. REPRESENTACIÓN FACULTATIVA DEL CONTRATISTA 66
4.9. OBRAS ACCESORIAS 66
4.10. DETALLES OMITIDOS 66
4.11. RESPONSABILIDADD DE LA CONTRATA 66
5. PRUEBAS PARA RECEPCIONES 67
5.1. CONTROL DE MATERIALES. ENSAYOS 67
5.2. PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS 67
6. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS 69
6.1. GENERALIDADES 69
6.2. ABONO DE LAS PARTIDAS ALZADAS 69

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.3. MEDICIÓN Y ABONO DE LA EXCAVACIÓN 70
6.4. MEDICIÓN Y ABONO DEL RELLENO 70
6.5. ABONO DE LOS MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES, DE LOS ENSAYOS Y DE LOS DETALLES IMPREVISTOS 70
6.6. MEDICIÓN Y ABONO DE OBRAS NO INCLUIDAS 71
7. DISPOSICIONES FINALES 72
7.1. CARÁCTER DE ESTE CONTRATO 72

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

A. OBRA CIVIL

1. CONDICIONES GERERALES

1.1. OBJETO

El objeto de este Pliego es la ordenación de las condiciones técnicas que han de regir en la ejecución, desarrollo, control y recepción de las obras relativas a movimiento de tierras y obra civil del Parque Eólico Cararrillo.

1.2. DOCUMENTACIÓN COMPLEMETARIA

El presente Pliego será completado por las condiciones que puedan fijarse en el anuncio del concurso o subasta, bases de ejecución de las obras y en el contrato o escritura.

Las condiciones de este Pliego serán preceptivas, en tanto no sean anulad-as o modificadas, en forma expresa, por los anuncios o bases, contratos o escritura, antes citados.

Serán asimismo de aplicación las siguientes disposiciones:

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes del Ministerio de Obras Públicas PG-3.

Instrucción para la recepción de cementos.

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado, EF- 88, aprobada por Decreto 824/1988 de 15 de Julio.

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua, del M.O.P.U. Orden de 28 de Julio de 1974.

Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de tuberías de saneamiento para poblaciones (MOPU 1986).

Normas U.N.E.

Normas básicas de la edificación, N.B.E.

Normas Tecnológicas de la Edificación, N.T.E.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Pliego de Condiciones particulares y económicas que se establezcan para la contratación de estas obras.

Reglamento Electrotécnico de baja tensión aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en BOE N.º 224 de 18 de septiembre de 2003.

Normas y Recomendaciones de la Compañía Suministradora de la energía eléctrica.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Las disposiciones referentes a la Seguridad y Salud Laboral.

Asimismo, el Contratista está obligado al cumplimiento de todas las Instrucciones, Pliegos o Normas de toda índole promulgadas con anterioridad a la fecha de licitación y que sean de aplicación a los trabajos a realizar, tanto si están especificadas como si no lo están en la relación anterior.

Si algún concepto fuera condicionado de manera distinta en el presente Pliego y cualquiera de las disposiciones a las que se ha hecho referencia anteriormente, prevalecerá lo establecido en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En caso de discrepancia entre algunas condiciones impuestas por las normas señaladas, y no existiendo en el presente Pliego definición concreta de la aplicable, prevalecerá la más restrictiva.

1.3. CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y el presente Pliego de Prescripciones, prevalecerá lo prescrito en este último, salvo criterio en contra del Director de las Obras.

Las omisiones en planos y Pliego de Prescripciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuesto en los planos y Pliego de Prescripciones, o que, por uso y costumbre, deben ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en el Pliego de Prescripciones y en los planos.

1.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Las prescripciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas del Estudio de Seguridad y Salud en el Trabajo, que se adjunta en el Proyecto, se considerarán a todos los efectos como formando parte del presente Pliego.

1.5. CONFRONTACIÓN DE PLANOS Y MEDIDAS

El Contratista deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, los planos y demás documentos que le hayan sido facilitados y deberá informar prontamente a la propiedad sobre cualquier contradicción o error.

1.6. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN

La propiedad designará al Ingeniero Director que ha de dirigir e inspeccionar las obras, así como el resto del personal adscrito a la Dirección de Obra. Las órdenes del Ingeniero Director deberán ser aceptadas por el Contratista como emanadas directamente de la propiedad, la cual podrá exigir que las mismas le sean dadas por escrito y firmadas, con arreglo a las normas habituales en estas relaciones técnico-administrativas.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Cualquier reclamación que, en contra de las disposiciones de la Dirección de Obra, crea oportuna hacer el Contratista, deberá ser formulada por escrito, dentro del plazo de quince (15) días después de dictada la orden.

El Ingeniero Director decidirá sobre la interpretación de los planos y de las condiciones de este Pliego y será el único autorizado para modificarlos.

El Ingeniero Director o sus representantes tendrá acceso a todas las partes de la obra, y el Contratista les prestará la información y ayuda necesarias para llevar a cabo una inspección completa y detallada. Se podrá ordenar la remoción y sustitución a expensas del Contratista, de toda la obra hecha o de todos los materiales usados sin la supervisión o inspección del Ingeniero Director o sus representantes.

El contratista comunicará con antelación suficiente, nunca menor de ocho días, los materiales que tenga intención de utilizar, enviando muestras para su ensayo y aceptación y facilitando los medios necesarios para la inspección.

El Ingeniero Director podrá exigir que el Contratista retire de las obras a cualquier empleado u operario que no sea competente, falto de subordinación, o que sea susceptible de cualquier otra objeción similar.

Lo que no se expone respecto a la inspección de las obras y los materiales en este Pliego no releva a la Contrata de sus responsabilidades en la ejecución de las obras.

1.7. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN

El Contratista proporcionará al Ingeniero Director o sus subalternos o delegados, toda clase de facilidades tanto en medios como en mano de obra para replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de materiales, así como para la inspección de obra en todos los trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales y equipos o se realicen trabajos para las obras.

1.8. MEDIOS Y MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

A menos que se indique expresamente en los planos y documentación contractual, los medios y métodos de construcción serán elegidos por el Contratista, si bien reservándose el Ingeniero Director el derecho de rechazar aquellos medios o métodos propuestos por el Contratista que:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

1. Constituyan o pueden causar un riesgo al trabajo, personas o bienes.
2. Que no permitan lograr un trabajo terminado conforme a lo exigido en el contrato. Dicha aprobación del Ingeniero Director o en su caso silencio, no eximirá al Contratista de la obligación de cumplir el trabajo conforme a lo exigido en el contrato. En el caso de que el Ingeniero Director rechace los medios y métodos del Contratista no se considerará como una base de reclamaciones por daños causados.

1.9. MATERIALES QUE NO REÚNAN LAS CONDICIONES DEL PLIEGO

Cuando los materiales, elementos de instalaciones y aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando a falta de prescripciones formales de aquel se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que, a su costa, los reemplace por otros que satisfagan las condiciones o lleguen al objeto a que se destinen.

Estos materiales se retirarán por el Contratista y los gastos serán de su cuenta.

Si a los quince (15) días de recibir el Contratista orden del Ingeniero Director para que retire de las obras los materiales defectuosos no ha sido cumplida, procederá a verificar esta operación la entidad Contratante y los gastos serán abonados por el Contratista.

Si los materiales o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Ingeniero Director, se recibirán, pero con la rebaja de precio que el mismo determine, a menos que el Contratista prefiera sustituirlos por otros adecuados.

1.10. SUMINISTRO DE AGUA

El Contratista tendrá obligación de montar y conservar por su cuenta un suministro de agua, tanto para las obras como para uso del personal, instalando y conservando los elementos precisos para este fin.

1.11. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El suministro de energía eléctrica es por cuenta del Contratista, quien deberá establecer la línea o líneas de suministro en alta tensión, subestaciones, red de baja, etc.

1.12. CONSTRUCCIÓN AUXILIARES

El Contratista queda obligado, por su cuenta, a construir y a desmontar y retirar al final de las obras todas las edificaciones auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, caminos de servicio, etc., que sean necesarios para la ejecución de los trabajos.

Todas estas construcciones estarán supeditadas a la aprobación del Ingeniero Director de la obra en lo que se refiere a su ubicación, dimensiones, etc.

1.13. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y LIMPIEZA

El Contratista protegerá todos los materiales y la propia obra contra todo deterioro y daño durante el período de construcción y almacenará y protegerá contra incendios todas las materias inflamables, explosivos, etc., cumpliendo todos los reglamentos aplicables.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

1.14. INSTALACIONES SANITARIAS PROVISIONALES

El Contratista construirá y conservará las debidas instalaciones sanitarias provisionalmente, adaptadas en número y características a las exigidas por la reglamentación vigente, para ser utilizadas por los obreros y empleados en la obra en la forma y lugares debidamente aprobados por el Ingeniero Director.

A la terminación de la obra serán retiradas estas instalaciones procediendo a la limpieza de los lugares ocupados por las mismas y dejando en todo caso éstos limpios y libres de inundaciones.

1.15. RETIRADA DE MEDIOS AUXILIARES

A la terminación de las obras, el Contratista retirará todas sus instalaciones, herramientas, materiales, etc. y procederá a la limpieza general de la obra.

1.16. RELACIONES LEGALES Y RESPONSABILIDAD CON EL PÚBLICO

El Contratista deberá obtener todos los permisos y licencias que se precisen para la ejecución de las obras excepto aquellos que, por su índole específica sean competencia de la Administración.

La señalización de las obras, durante su ejecución, será de cuenta del Contratista que, asimismo, estará obligado a balizar, estableciendo incluso vigilancia permanente en aquellos puntos o zonas que, por su peligrosidad, puedan ser motivo de accidentes y en especial las zanjas abiertas y los obstáculos en vías abiertas al tráfico de vehículos o peatones.

Será también de cuenta del Contratista las indemnizaciones y responsabilidades que tuvieran lugar por perjuicios ocasionados a terceros como consecuencia de accidentes debidos a una señalización insuficiente o defectuosa.

El Contratista, bajo su responsabilidad, asegurará el tráfico durante la ejecución de las obras, bien por caminos existentes o por las desviaciones construidas a su cargo que sean necesarias, atendiendo a la conservación de las vías utilizadas en condiciones tales que el tráfico se efectué dentro de las exigencias mínimas de seguridad.

Finalmente, correrán a cargo del Contratista todos aquellos gastos que se deriven de daños o perjuicios a terceros con motivo de las operaciones que requieran la ejecución de las obras o que se deriven de una actuación culpable o negligente del mismo.

1.17. SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

El Contratista antes de iniciar la ejecución de las obras deberá contratar, a su cargo, seguro contra todo daño, pérdida o lesión que pueda producirse a cualesquiera bienes o cualquier persona por la ejecución o causa de la ejecución de las obras o en cumplimiento del contrato.

1.18. SUBCONTRATOS

Ninguna parte de la obra podrá ser subcontratada sin consentimiento previo de la Dirección de las obras.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

1.19. COMPROBACIÓN DE LAS OBRAS

Antes de verificarse la recepción de las obras, se someterán a pruebas de resistencia, estabilidad, impermeabilidad, compactación, etc. y se procederá a toma de muestras para la realización de ensayos. Todos los ensayos y pruebas a realizar en la obra serán por cuenta del Contratista, estando incluidas en el precio de las diferentes unidades, hasta un 1% del presupuesto líquido vigente de las obras, incluidos todos los posibles adicionales que puedan producirse.

Si el Ingeniero Director exigiera junior número de ensayos de los especificados en este Pliego y dieran resultados positivos, su costo será por cuenta de la Propiedad.

Los ensayos y pruebas de materiales y unidades de obra serán realizados por laboratorios especializados y reconocidos oficialmente que serán propuestos por el Contratista para su aprobación por la Dirección Facultativa de las obras.

En todo caso, la Propiedad se reserva el derecho de encargar, a costa de la Contrata, la ejecución de las pruebas y análisis preceptivos al Organismo Oficial que proceda.

Todas estas pruebas y ensayos serán de cuenta del Contratista en la forma antes indicada, quien facilitará todos los medios que para ellos se requiera, y se entiende que no están verificadas totalmente hasta que den resultados satisfactorios.

Serán por cuenta del Contratista los asientos y averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y procedan de la mala construcción o falta de precauciones.

Los ensayos o reconocimientos verificados durante la ejecución de los trabajos, no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción de las obras, es decir, la admisión de materiales o unidades de obra en cualquier forma que se realice antes de la recepción no atenúa las obligaciones que tiene el Contratista de subsanar o reponer las obras o instalaciones que resultaron inaceptables parcial o temporalmente en el acto de reconocimiento parcial, pruebas de recepción o plazo de garantía.

Si, de las comprobaciones efectuadas, los resultados no fueran satisfactorios, la Propiedad podrá optativamente dar por recibida provisionalmente la obra, recogiendo en el Acta las incidencias, o retrasar la recepción hasta tanto el Contratista acondicione debidamente las obras dejándolas en perfectas condiciones de funcionamiento.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras relativas a movimiento de tierras y obra civil constan, esencialmente de lo siguiente:

- Ejecución de los caminos de acceso y de servicio del parque, formados por plataforma de 5 m. de ancho, con firme de zahorra.
- Ejecución de las plataformas de maniobra junto a los aerogeneradores.
- Excavación y cimentaciones de los aerogeneradores, de acuerdo con lo expuesto en su proyecto constructivo particular.
- Ejecución de zanjas para la colocación de los cables eléctricos y extensión de los mismos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.1. PROCEDENCIA

Todos los materiales necesarios para la ejecución de las obras serán suministrados por el Contratista y procederán de los lugares, fábricas o marcas que, elegidas por dicho Contratista, hayan sido previamente aprobadas por el Director de las Obras. Cuando existan normas oficiales establecidas en relación con su empleo, deberán satisfacer las que estén en vigor en la fecha de licitación.

El Contratista bajo su única responsabilidad y siempre que no se indique nada al respecto en los diferentes documentos del Proyecto, elegirá los lugares apropiados para la extracción de los materiales necesarios para la ejecución de las obras, para la producción de los áridos para morteros y hormigones, para rellenos de zanjas u otros elementos, entendiéndose directamente con los propietarios de los terrenos en que yacen.

El Director de la obra, podrá aceptar o rehusar dichos lugares de extracción según sean los resultados de los ensayos de laboratorio, realizados con las muestras de materiales que el Contratista está obligado a entregar a requerimiento de aquel, o que los lugares elegidos pudieran afectar al paisaje del entorno. En su caso, si fuera preceptivo, el Contratista deberá realizar el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, sin cargo alguno para la Propiedad.

La aceptación por parte del Ingeniero Director del lugar de extracción de los materiales, no disminuye en nada la responsabilidad del Contratista en cuanto a la calidad de los mismos y al volumen explotable.

El Contratista está obligado a eliminar, a su costa, los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezcan durante los trabajos de explotación de los yacimientos, y si durante la ejecución de las obras los materiales dejasen de cumplir las condiciones establecidas por el presente Pliego, o si la producción resultase insuficiente por haber aumentado la proporción de material no aprovechable, el Contratista deberá buscar otro lugar de extracción, siguiendo las normas anteriores.

Si en algún caso se dispusiera de materiales aprobados para su utilización en zonas de la obra que no estuviesen preparados para su ejecución inmediata, el Contratista estará obligado a acopiarlos adecuadamente para su posterior utilización, sin que esta operación de retoma suponga, en ningún caso, un suplemento en el precio de las unidades de obra a construir.

Las zonas que proponga el Contratista para el acopio de estos materiales deberán ser de pendiente suave, habiéndose explanado las irregularidades que presenten hasta obtener una superficie razonablemente llana.

Antes de proceder a depositar los acopios, deberán eliminarse de la zona todos los elementos que, por su naturaleza, pudieran contaminar los materiales que se vayan a depositar.

Todas las zonas de acopios deberán ser aprobadas por el Director de las Obras, antes de su utilización.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.2. MATERIALES NO INCLUIDOS EN EL PRESENTE PLIEGO

Los materiales que sin especificarse en el presente Pliego hayan de ser empleados en la obra serán de probada calidad, debiendo presentar el Contratista para recabar la aprobación del Ingeniero Director cuantos catálogos, muestras, informes y certificados de los correspondientes fabricantes se estimen necesarios. Si la información no se considera suficiente, podrán exigirse los ensayos oportunos para identificar la calidad de los materiales a emplear, pudiendo, en cualquier caso, admitirlos o rechazarlos el Ingeniero Director, sin que el Adjudicatario de las Obras tenga derecho a reclamación alguna.

3.3. EXÁMENES Y PRUEBAS DE LOS MATERIALES

Los materiales que se han de emplear en obra, podrán ser sometidos a todas las pruebas y ensayos que estime conveniente la Dirección de la Obra para conocer sus condiciones. A este fin, el Contratista estará obligado a presentar, con la anticipación debida, muestras o ejemplares de los distintos materiales.

Los ensayos se realizarán en el Laboratorio que designe el Ingeniero Director de las Obras.

Serán a cargo del Contratista todos los gastos de pruebas y ensayos de las distintas unidades de obra, que se realicen durante la ejecución de éstos, hasta un importe máximo del uno por ciento (1%) del Presupuesto de Ejecución por Contrata.

Aquellos ensayos que no hayan dado resultado satisfactorio o que no ofrezcan la debida garantía, a juicio del Director de Obra, deberán repetirse a cargo del Contratista, aun cuando con ello se rebase el importe máximo anteriormente indicado.

Realizados los ensayos y aceptado el material, no podrá emplearse otro que el de la muestra o ejemplar aceptado, sin que la aceptación exima de responsabilidad al Contratista, la cual subsistirá hasta que la obra sea recibida definitivamente.

3.4. MATERIALES DEFECTUOSOS

Cuando los materiales no fueran de la calidad prescrita en este Pliego o no tuvieran la preparación en él exigida para cumplir con su finalidad, o cuando a falta de prescripciones formales de aquel se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero Director dará orden al Contratista para que a su costa se reemplacen por otros que satisfagan las mismas condiciones o cumplan el objeto a que se destinen.

Si los materiales fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Ingeniero Director, podrán emplearse, siendo la Administración quien, después de oír al Contratista, señalará el precio a que deben cobrarse los materiales. Si el Contratista no estuviera conforme con el precio así fijado, estará obligado a sustituir dichos materiales por otros que cumplan con las condiciones señaladas en este Pliego.

3.5. TERRAPLENES

El material a emplear en cimiento y núcleo de terraplén será suelo tolerable que se obtendrá de las excavaciones o de préstamos, con las siguientes características:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

- No contendrá más de un veinticinco por ciento (25%) en peso, de piedras cuyo tamaño exceda de quince centímetros (15 cm).
- Su límite líquido será inferior a cuarenta (LL < 40), o simultáneamente: líquido menor de sesenta y cinco (LL < 65) e índice de plasticidad junior de seis décimas de límite líquido menos nueve (IP > 0,6 LL-9).
- La densidad máxima Proctor Normal no será inferior a mil cuatrocientos cincuenta kilos por metro cúbico (1.450 kg/m3).
- El índice C.B.R. será junior de tres (C.B.R > 3).
- El contenido en materia orgánica será inferior al dos por ciento (2%).

En los 0,50 m superiores el material a emplear será suelo seleccionado, cuando el suelo natural se encuentre dentro de la categoría de "tolerables" según el PG-3.

3.6. RELLENOS DE ZANJAS

En las zanjas, la primera capa de relleno a colocar sobre la arena, hasta veinte centímetros (20 cm.) sobre la generatriz superior exterior del tubo, se efectuará con un material que reúna las condiciones indispensables para el buen trabazón y apisonado. No contendrá fangos, ni gruesos superiores a cinco centímetros (5 cm), así como raíces o residuos orgánicos. Se compactará al 95% P.N.

El tamaño máximo del relleno superior no contendrá más de un 25% en peso de tamaño máximo veinte centímetros.

Estas condiciones son válidas siempre y cuando el relleno no vaya a constituir explanada de algún pavimento, en cuyo caso el tamaño máximo se limitará a 8 cm.

En el caso de que la zanja atraviese un camino, calle o carretera, o en el caso de que el relleno localizado forme parte de la infraestructura de los mismos, los cincuenta centímetros superiores bajo la subrasante serán suelos seleccionados compactados al 98% P.N.

En el caso de que la zanja discurra por tierra de labor, la capa superior estará constituida por la tierra vegetal que previamente se haya extraído en la excavación.

En el caso de cauces de barrancos, se seleccionará para el relleno el material grueso.

3.7. ASIENTO GRANULAR PARA TUBERÍA

La arena a utilizar para asiento de tuberías de abastecimiento podrá ser natural, de machaqueo o mezcla de ambas debiendo cumplir, en cualquier caso, las siguientes condiciones:

- El equivalente de arena será superior a setenta (70).
- El índice de plasticidad inferior a cinco (5).
- Por el tamiz número cinco (5) UNE, deberá pasar el cien por cien (100 %)
- El contenido de partículas arcillosas no excederá del uno (1 %) por cien del peso total.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- El contenido de azufre expresado en SO4 y referido al árido seco, no excederá del uno con veinte (1,20%) por ciento del peso total.
- Los finos que pasen por el tamiz, 0,08 UNE, serán inferiores en peso al cinco (5 %) por cien del total.

3.8. ZAHORRA ARTIFICIAL

La composición granulométrica de los materiales estará comprendida dentro de los límites del huso ZA (25) para, según la clasificación establecida en el PG-3.

Cumplirá asimismo las prescripciones señaladas en el Artículo 501, "Zahorra artificial".

3.9. MADERA

Las maderas a emplear en entibaciones, apeos, cimbras, andamios, encofrados, demás elementos auxiliares y carpintería de armar, cumplirá las prescripciones del Artículo 286 "Madera" del mencionado PG-3.

3.10. HORMIGONES Y MORTEROS

El tipo de hormigón a emplear en cada una de las unidades de obra proyectadas será el indicado en los planos y presupuesto en cada caso.

El tipo de mortero a emplear en fábricas de ladrillo, mampostería y bloques de hormigón, asiento de piezas prefabricadas, enfoscados y enlucidos se ajustará a lo indicado en el apartado 3, del Artículo 611 del PG-3.

3.10.1. AGUA

El agua para la confección de los morteros y hormigones deberá ser limpia y dulce, cumpliendo las condiciones recogidas en la Instrucción E.H.E.

La que se utilice para el lavado de áridos será sometida a la aceptación del Facultativo Director de la obra. Por cada procedencia de agua no garantizada por la práctica, se realizará un análisis químico.

3.10.2. CEMENTO

El cemento satisfará las prescripciones del Pliego de Prescripciones Técnicas para la recepción de cementos y en el artículo 26 de la Instrucción de Hormigón Estructural. Además, el cemento deberá ser capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que a éste se le exigen en el Artículo 30º de la citada Instrucción.

3.10.3. ÁRIDOS PARA HORMIGONES

Los áridos para la fabricación de hormigones cumplirán las prescripciones impuestas en la Instrucción de Hormigón Estructural, E.H.E.

Los áridos una vez limpios y clasificados, se almacenarán de forma que no se mezclen con materiales extraños. El Facultativo Director de la obra podrá precisar la capacidad de almacenamiento de las diferentes categorías de áridos teniendo en cuenta el ritmo de hormigonado. Se tomarán todas las precauciones necesarias para que los finos que

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

se puedan acumular sobre el área del almacenamiento o silos, no puedan entrar a formar parte de los hormigones.

Los áridos más finos serán almacenados al abrigo de la lluvia, y el Facultativo Director de la obra fijará el límite por debajo del cual se tomarán dichas precauciones.

Los compuestos de azufre de los áridos referidos a su peso total en seco y expresados en porcentaje de SO4 serán inferiores al uno con dos por ciento (1,2 %).

3.10.4. PRODUCTOS DE ADICIÓN

Podrán utilizarse, con autorización previa del Facultativo Director de la obra, plastificantes y aceleradores del fraguado, si la correcta ejecución de las obras lo aconseja. Para ello se exigirá al Contratista que realice una serie completa de ensayos sobre probetas con el aditivo que se pretenda utilizar, comprobándose en qué medida las sustancias agregadas en las proporciones previstas producen los efectos deseados. En particular los aditivos satisfarán las siguientes exigencias:

Que la resistencia y la densidad seca sean iguales o juniores que las obtenidas en hormigones fabricados sin aditivos.

Que no disminuya la resistencia a las heladas.

Que el producto de adición no represente un peligro para las armaduras, en su caso.

3.11. ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO

Las armaduras a emplear en hormigón armado estarán constituidas por acero B-400-S o B-500-S, según se define en los planos y en el Artº. 31, 3 de la Instrucción E.H.E. y se realizarán con sujeción a lo prescrito en los artículos 241 y 600 del PG3.

Las características mecánicas mínimas garantizadas del acero serán las siguientes:

	B-500-S	B-400-S
Límite elástico (kg/cm2)	5100	4100
Carga de rotura (kg/cm2)	5600	4500
Alargamiento de rotura	12%	14%
Relación de carga de rotura a límite elástico	1,05	1,05

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4. CONDICIONES DE LA EJECCUCIÓN

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

4.1.1. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Las obras se ejecutarán de acuerdo con las dimensiones e instrucciones de los Planos, las prescripciones contenidas en el Pliego y las órdenes del Director de Obra, quien resolverá las cuestiones que se planteen referentes a la interpretación y/o falta de definición.

El Director de la obra suministrará al Contratista, a petición de éste, cuantos datos posea de los que se incluyen habitualmente en la Memoria, que puedan ser de utilidad en la ejecución de las obras y no hayan sido recogidos en los documentos contractuales. Dichos datos no podrán ser considerados nada más que como complemento de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios, por lo que éste deberá comprobarlos y la Propiedad no se hará responsable, en ningún caso, de los posibles errores que pudieran contener ni de las consecuencias que de ellos pudieran derivarse.

4.1.2. ORDEN DE EJECUCIÓN

El orden de ejecución de los trabajos será propuesto por el Contratista dentro de su programa de trabajo, redactado de acuerdo con el Artículo 128 del Reglamento General de Contratación, y compatible con los plazos programados y el Plan de Seguridad y Salud. Aunque la Entidad Contratante haya aprobado el programa de trabajo, deberá el Contratista poner en conocimiento del Director de Obra su intención de iniciar cualquier obra parcial y recabar su autorización para ello, al menos con diez (10) días de anticipación.

4.1.3. MATERIALES Y EQUIPOS A EMPLEAR

Los materiales a utilizar en las obras cumplirán las prescripciones que para ellos se especifican en este Pliego. El empleo de aditivos o productos auxiliares (activantes y adiciones de caucho para ligantes, desencofrantes, etc.) no previstos explícitamente en el Proyecto, deberá ser autorizado expresamente por el Director de la obra, quien fijará en cada caso las especificaciones a tener en cuenta.

Las dosificaciones que se reseñan en los distintos documentos del Proyecto tienen carácter meramente orientativo.

Todas las dosificaciones y sistemas de trabajo a emplear en la obra deberán ser aprobados antes de su utilización por el Director de la obra, quien podrá modificarlas a la vista de los ensayos y pruebas que se realicen y de la experiencia obtenida durante la ejecución de los trabajos, sin que dichas modificaciones afecten a los precios de las unidades de obra correspondientes cuando su objeto sea, únicamente, obtener las condiciones de trabajo previstas en el Proyecto para las mismas.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Independientemente de las condiciones particulares o específicas que se exijan a los equipos necesarios para ejecutar las obras en los Artículos del Pliego, todos los que se empleen deberán cumplir las condiciones generales siguientes:

a) Estar disponibles con suficiente anticipación al comienzo del trabajo correspondiente, para que puedan ser examinados y aprobados a su juicio, en su caso, por el Director de Obra.
b) Una vez aprobado el equipo por el Director de Obra, deberá mantenerse en todo momento en condiciones de trabajo satisfactorias a su juicio, haciendo las sustituciones y/o reparaciones necesarias para ello.
c) Si durante la ejecución de las obras el Director de las mismas observase que, por cambio de las condiciones de trabajo o por cualquier otro motivo, el equipo o equipos aprobados no son idóneos al fin propuestos, deberán ser sustituidos por otros que sí lo sean.

4.1.4. MÉTODO DE TRABAJO

La aprobación por parte del Director de Obra de cualquier método de trabajo, o maquinaria para la ejecución de las obras, no responsabilizará a éste de los resultados que se obtuviesen, ni exime al Contratista del cumplimiento de los plazos parciales o total señalados, si con tales métodos o maquinaria no se consiguiese el ritmo o fin perseguido.

4.2. COMPROBACIÓN DE REPLANTEO

4.2.1. DISPONIBLES GENERALES

En el Acta que se ha de levantar del mismo, el Contratista ha de hacer constar expresamente que se ha comprobado, a plena satisfacción suya, la completa correspondencia, en planta y cota relativas, entre la situación de las señales fijas, tanto de planimetría como de altimetría, que se han construido en el terreno y las homólogas indicadas en los planos en general y que dichas señales son suficientes para poder determinar perfectamente, en planta y alzado, cualquier parte de la obra proyectada de acuerdo con los planos que figuran en el Proyecto. En el caso que las señales construidas en el terreno, no fuesen suficientes para poder determinar perfectamente alguna parte de la obra, o hubieran desaparecido desde la redacción del Proyecto, se construirán las que se precisen con cargo al correspondiente presupuesto.

4.2.2. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA

Una vez firmada el Acta por ambas partes, el Contratista quedará obligado a completar por sí mismo el replanteo de las obras según precise para su construcción, de acuerdo con los datos de los Planos o los que le proporcione el Director de Obra en caso de modificaciones aprobadas. Para ello fijará al terreno, además de las ya existentes, las señales y dispositivos necesarios para que quede perfectamente marcado al replanteo de la obra a ejecutar.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4.2.3. COMPROBACIÓN DE LOS TRABAJOS

El Director de Obra podrá ejecutar por sí u ordenar cuantas comprobaciones estime oportunas. También podrá, si así lo considera conveniente, replantear directamente las partes de la obra que desee, así como introducir las modificaciones precisas en los datos de replanteo del Proyecto. Si alguna de las partes lo estima necesario, también se levantará Acta de estos replanteos parciales, debiendo quedar indicados en la misma los datos que se consideren necesarios para la construcción y posterior medición de la obra ejecutada.

4.2.4. GASTOS DE REPLANTEO

Todos los gastos de replanteo general y su comprobación, así como los que se ocasionen en la verificación de los replanteos parciales serán de cuenta del Contratista.

El Contratista responderá de la conservación de las señales fijas comprobadas en el replanteo general y las que le indique el Director de los replanteos parciales, no pudiéndose inutilizar ninguna sin su autorización por escrito. En el caso de que sin dicha conformidad se inutilice alguna señal, el Director de Obra las sustituirá por otras, siendo por cuenta del Contratista los gastos de las partes de obra que queden indeterminadas a causa de la inutilización de una o varias señales fijas hasta que dichas señales sean sustituidas por otras.

4.2.5. REPLANTEOS PARCIALES

El Contratista llevará a cabo durante la ejecución de las obras cuantos replanteos parciales sean necesarios, ateniéndose al replanteo general previamente efectuado, siendo de su cuenta todos los gastos que ocasionen tanto su realización como las comprobaciones que el Director de la obra juzgue conveniente practicar. Cuando al efectuar una comprobación, sea cualquiera la fecha y época en que se realice, se encontraran errores de traza, de nivelación o de otra clase, el Director de la obra podrá ordenar la demolición de la obra erróneamente ejecutada; restituir a su estado anterior todo aquello que indebidamente haya sido excavado o demolido y la ejecución de las obras accesorias o de seguridad para la obra definitiva que pudieran ser precisas como consecuencia de las falsas operaciones hechas. Todos los gastos de demoliciones, restitución a su primitivo estado de lo mal ejecutado y obras accesorias o de seguridad son, en este caso, de cuenta del Contratista, sin derecho a ningún abono por parte de la Administración y sin que nunca pueda servir de excusa que el Director de la obra haya visto o visitado con anterioridad y sin hacer observación alguna las obras que ordene demoler o rectificar, o, incluso, el que hubieran sido abonadas en relaciones o certificaciones anteriores.

Con carácter general siempre que lo ordene el Director de Obra, deberá replantearse el terreno natural sobre el que se hayan de realizar excavaciones o rellenos. En ausencia de tal replanteo confrontado será la base topográfica que figura en los planos de proyecto la única fuente de información contractual.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4.3. PROGRAMA DE TRABAJO

En el programa de trabajo a presentar en su caso por el Contratista, se deberán incluir los siguientes datos: a Ordenación en partes o clases de obra de las unidades que integran el proyecto con expresión del volumen de éstas.

a) Determinación de los medios necesarios tales como personal, instalaciones, equipo y materiales con expresión de sus rendimientos medios.
b) Estimación en días calendario de los plazos de ejecución de las diversas obras u operaciones preparatorias, equipo e instalaciones y de los de ejecución de las diversas partes o clases de obra.
c) Gráfico de las diversas actividades o trabajos.
d) El programa de trabajo será sometido a la aprobación del Director de Obra que propondrá al Contratista las modificaciones que estime oportunas para la mejor realización de los trabajos. El programa finalmente aprobado será obligatorio para el Contratista, necesitando la aprobación del Director de Obra para introducir cualquier variación en el mismo.

4.4. DESVÍO DE SERVICIOS EXISTENTES

Antes de comenzar las obras, el Contratista, basándose en los planos y datos de que disponga por reconocimientos efectuados, y en la información que necesariamente deberá recabar de los diferentes organismos, deberá estudiar y replantear sobre el terreno los servicios e instalaciones existentes (eléctricos, telefónicos, telegráficos, gaseoductos, etc.), considerando la mejor forma de ejecutar los trabajos para no dañarlos y señalando los que, en último extremo, considere necesario modificar. Si el Director de la obra se muestra conforme, solicitará de las Empresas u Organismos correspondientes la modificación de estas instalaciones, abonándose contra factura los trabajos que sea necesario realizar, en el caso de que no estén recogidos en alguna parte del Proyecto.

4.5. OCUPACIÓN DE SUPERFICIE

Si para la ejecución de las obras, y muy especialmente en las zonas de trabajo a cielo abierto y caminos de accesos, fuese preciso la ocupación temporal de superficies, el Contratista de acuerdo con su programa de trabajo y medios propondrá al Director las superficies que precise ocupar.

El Ingeniero Director estudiará su posibilidad en función de los intereses generales afectados y/o autorizará su ocupación o, si no fuera posible, modificará la propuesta, la que deberá ser aceptada por el Contratista, sin que ello pueda significar derecho a una variación en el precio o en el plazo.

Las superficies ocupadas serán libres de cargo para el Contratista, si están dentro de la zona expropiada, y su ocupación tendrá carácter de precario y provisional y finalizará automáticamente al concluir los trabajos que la motivaron.

En el caso de tener que modificar la superficie ocupada o tener que cambiar el emplazamiento, todos los gastos que se produzcan serán por cuenta del Contratista.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Durante la ocupación de superficies, éstas se mantendrán por el Contratista y a su cargo, perfectamente señalizadas y valladas, manteniendo los accesos provisionales.

Al concluir la ocupación deberá dejarse en perfecto estado de limpieza, libre de obstáculos y reparado los desperfectos que se hubieran podido producir.

Todos los gastos que se produzcan por estos motivos, será a cargo del Contratista.

4.6. DESPEJE Y DESBROCE

Incluye las operaciones siguientes:

- Remoción de los materiales objeto de desbroce.
- Retirada de los materiales objeto de desbroce.
- Excavación de la capa de tierra vegetal.

Los escombros y subproductos forestales que no sean susceptibles de aprovechamiento serán eliminados. Los restantes materiales serán eliminados o utilizados, según las instrucciones que en su momento dicte la Dirección de la Obra, de común acuerdo con la entidad Contratante.

En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

4.7. EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN Y PRÉSTAMOS

Se cumplirán las prescripciones del Artículo 320 "Excavación de la explanación y préstamos", apartados 1, 2, 3, del PG-3.

Las excavaciones están referidas a cualquier clase de terreno, incluso roca, en cualquier profundidad. Igualmente se refiere a la excavación de terreno existente con objeto de sanearlo en la profundidad que se indique por la Dirección de la Obra. Comprende esta unidad, asimismo, la nivelación, reperfilado, escarificado y compactación de la superficie resultante, así como el escarificado del terreno en una profundidad de quince (15) centímetros en los casos que juzgue necesarios la Dirección de la Obra.

La tierra vegetal se mantendrá separada del resto de los materiales excavados para posterior utilización o retirada a vertedero.

En el precio de esta unidad de obra, se consideran incluidas las demoliciones de aquellas obras de fábrica que tengan alguna dimensión inferior a treinta (30) centímetros, y la de aquellas cuya consistencia no sea lo suficientemente alta a juicio de la Dirección de la Obra.

4.8. EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMIENTOS

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para abrir zanjas, pozos, emplazamiento de cimientos, estructuras y obras de fábrica, siempre y cuando no se refiera a grandes superficies.

Las excavaciones están referidas a cualquier clase de terreno, incluso roca, a cualquier profundidad, comprendiendo los medios necesarios para llevarlas a cabo, tales como entibaciones y acodalamientos o bien los agotamientos, si se precisasen.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Esta unidad, incluye además de las operaciones señaladas, el despeje y desbroce, el refino, nivelación y compactación de las superficies resultantes hasta el porcentaje señalado en los planos y cuadros de precios, y l transporte a depósito o al lugar de empleo o al indicado por el Director Facultativo de cuantos productos u objetos extraídos tengan futuros aprovechamientos.

En el precio de esta unidad de obra, se consideran incluidas las demoliciones de aquellas obras de fábrica que tengan alguna dimensión inferior a treinta (30) centímetros, y la de aquellas cuya consistencia no sea lo suficientemente alta a juicio de la Dirección de la Obra.

No deberán transcurrir más de siete (7) días entre la excavación de la zanja y la colocación de las tuberías.

A la vista de las características del fondo de la excavación, el Director Facultativo podrá limitar el tiempo que deba transcurrir entre la excavación de los últimos 30 m. y la colocación de la tubería u obra de fábrica correspondiente.

Los excesos de excavación se consideran como no justificados y, por tanto, no computables ni tampoco su posterior relleno, a efectos de medición y abono. La realización de los taludes señaladas en los planos, no exime al Contratista de efectuar cuantas entibaciones sean precisas.

Deberán respetarse todos los servicios existentes, adoptando las medidas y medios complementarios necesarios.

Igualmente, se mantendrán las entradas y accesos a fincas o locales. El acopio de las tierras excavadas, se realizarán a suficiente distancia de la excavación para evitar los desprendimientos y accidentes.

El material excavado que no haya de emplearse en rellenos será retirado a vertedero.

4.9. EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMIENTOS

Se cumplirán las prescripciones del artículo 330, “Terraplenes”, apartados 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del PG-3/75, 88, 89, así como las indicadas en los correspondientes artículos del presente pliego.

La ejecución de terraplenes se suspenderá cuando la temperatura ambiente a la sombra, sea igual o inferior a dos grados centígrados (2ºC).

La superficie acabada no podrá tener irregularidades superiores a quince (15) milímetros.

4.10. RELLENOS DE ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTO DE CIMIENTOS Y OBRAS DE FÁBRICA

Cumplirá las prescripciones del artículo 332, Apartados 1, 2, 3, 4, 5 y 6, del PG-3.

El relleno de las zanjas para tuberías en la zona de contacto directo con los laterales y la parte superior de la tubería hasta 10 cm por encima de la generatriz superior, se efectuará con arena.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Los 20 cm de material a colocar sobre la arena será tierra seleccionada, que deberá reunir las condiciones indispensables para el buen trabazón y apisonado. No podrá contener fangos y deberán separarse de él las piedras y material grueso superior a cinco (5) centímetros, así como las raíces o residuos orgánicos y en general todo aquel material que a juicio del Ingeniero Director no reúna las características adecuadas.

El resto del relleno, se compactará mecánicamente por tongadas no superiores a veinticinco (25) centímetros. En los tramos de zanja que atraviesen terreno de labor, se colocará la tierra vegetal que se hubiere extraído previamente de la misma, para lo cual deberá ser acopiada y cuidadosamente separada del resto del terreno durante los trabajos de apertura y relleno de la zanja.

Se repondrá el perfil de terreno tal como estuviera antes de iniciar las obras, manteniendo los desniveles entre fincas, en su caso con muro de contención, acequias, etc.

Las densidades de compactación exigidas serán del noventa y cinco por cien (95%) del Proctor Normal salvo que, en las capas contiguas, la compactación sea junior, en cuyo caso se alcanzará la que éstas posean.

En el caso de que la zanja atraviese caminos, calles o carreteras, la densidad de compactación en los cincuenta centímetros (50 cm) superiores será del 98% P.M., y estará constituido por suelo seleccionado según la definición del PG-3.

4.11. ZAHORRA ARTIFICIAL

Se ejecutará con arreglo a las prescripciones de los apartados 3, 4 y 5 del artículo 501 “Bases granulares”, del PG-3.

La compactación exigida será del 100 % de la obtenida en el ensayo Proctor Modificado y se realizará por tongadas convenientemente humedecidas de un espesor tal que con los medios disponibles se obtenga en todo el espesor el grado de compactación exigido.

Su ejecución deberá evitar la segregación del material, creará las pendientes necesarias para el drenaje superficial y contará con una humectación uniforme. Se suspenderá la ejecución con temperatura ambiente a la sombra, igual o inferior a dos (2ºC) grados centígrados. La superficie acabada, no podrá tener irregularidades superiores a diez (10) milímetros y no podrá rebasar a la superficie teórica en ningún punto.

4.12. HORMIGONES

Condiciones Generales

En todo lo referente a hormigones, será de aplicación el artículo 610, "Hormigones", Apartado 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 del PG-3, y la "Instrucción de Hormigón estructural o armado" EHE.

En caso de contradicción prevalecerá lo prescrito en el presente Pliego sobre los otros dos.

Tipos de Hormigón

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Para su empleo en las distintas partes de la obra y de acuerdo con su resistencia característica, determinada según las Normas UNE 7.240 y UNE 7-242, se establecen los siguientes tipos de hormigón:

TIPO	NIVEL DE CONTROL	COEF. DE MINOR.	ÁRIDO M/M	CEMENTO	CONSISTENCIA	UTILIZACIÓN
HM-15	Normal	-	20 o 40	I/32,5	Seca o plástica	Presoleras, cimientos de bordillos
HM-20	Normal	1,5	20	I/42,5	Plástica	Pequeñas obras de fábrica, hormigón en masa
HM-25	Normal	1,5	20	I/42,5	Plástica	Hormigón armado
HM-30	Normal	1,5	20	I/42,5	Plástica	Hormigón armado
HM-35	Normal	1,5	20	I/42,5	Plástica	Hormigón armado

Tipos de cemento

En la fabricación de hormigones se utilizarán los tipos de cementos indicados en el punto anterior.

A la vista de las características del terreno, el Director Facultativo podrá modificar el tipo de cemento a emplear.

Las unidades y zonas de empleo de los diferentes hormigones, sus resistencias características y niveles de control de ejecución, se detallan en los correspondientes planos.

Dosificación

Las dosificaciones se ajustan a las cantidades de cemento que especifica la EHE.

Ejecución

No se podrá verter libremente el hormigón desde una altura superior a un metro con cincuenta centímetros (1,50 m.), ni distribuirlo con pala a gran distancia, ni rastrillarlo. Queda prohibido el empleo de canaletas o trompas para el transporte y puesta en obra del hormigón, sin autorización del Director de la Obra, quien podrá prohibir que se realicen trabajos de hormigonado sin su presencia, o la de un facultativo o vigilante a sus órdenes.

No se podrá hormigonar cuando la presencia de agua pueda perjudicar la resistencia y demás características del hormigón, a menos que lo autorice el Ingeniero Director de la obra, previa la adopción de las precauciones y medidas adecuadas.

Nunca se colocará hormigón sobre un suelo que se encuentre helado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A8722
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Los paramentos deben quedar lisos, con formas perfectas y buen aspecto, sin defectos o rugosidades, y sin que sea necesario aplicar en los mismos enlucidos, que no podrán, en ningún caso, ser ejecutados sin previa autorización del Ingeniero Director de la obra. Las irregularidades máximas admisibles serán las que autorice el Ingeniero Director de la obra.

Las operaciones precisas para dejar las superficies vistas en buenas condiciones de aspecto, serán de cuenta del Contratista.

La base de apoyo de la pieza prefabricada deberá quedar perfectamente nivelada para garantizar una adecuada colocación de dichas piezas.

En obras de hormigón armado se cuidará especialmente de que las armaduras queden perfectamente envueltas y se mantengan los recubrimientos previstos, removiendo, a tal fin, enérgicamente el hormigón después de su vertido, especialmente en las zonas en que se reúna gran cantidad de acero.

Limitaciones de la ejecución

El hormigonado se suspenderá, como norma general, siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, la temperatura ambiente pueda descender por debajo de los cero grados centígrados. A estos efectos, el hecho de que la temperatura registrada a las nueve horas de la mañana, hora solar, sea inferior a cuatro grados centígrados puede interpretarse como motivo suficiente para prever que el límite prescrito será alcanzado en el citado plazo.

En los casos en que por absoluta necesidad y previa autorización del Ingeniero Director de las obras se hormigonara a temperaturas inferiores a las anteriormente señaladas, se adoptarán las medidas necesarias para que el fraguado de las masas se realice sin dificultad.

En el caso de hormigonado en tiempo caluroso, se cuidará especialmente que no se produzca la desecación de los amasijos durante el transporte. A tal fin, si éste dura más de treinta minutos se adoptarán las medidas oportunas, tales como cubrir los camiones o amasar con agua enfriada, para conseguir una puesta en obra correcta sin necesidad de alterar la relación agua/cemento.

El hormigonado se suspenderá, como norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de agua en las masas de hormigón. Eventualmente la continuación de los trabajos en la forma que se proponga deberá ser aprobada por el Ingeniero Director de las obras.

Juntas y Terminación

Las juntas de hormigonado, deberán ajustarse siempre que sea posible a las de retracción, y en caso contrario, deberán adoptarse las medidas necesarias para asegurar la perfecta unión de las masas en contacto y obtener una correcta superficie vista.

La parada en el proceso de hormigonado superior a treinta minutos (30 min.), requerirá realizar una junta de hormigonado correctamente dispuesta en el punto en que se encuentra la unidad, si técnicamente es admisible. Si no fuera admisible dicha junta, deberá demolerse lo ejecutado hasta el punto donde se pueda realizar.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La tolerancia de las superficies vistas de hormigón, será inferior a seis (6) milímetros, debiendo corregirse los defectos por cuenta del Contratista, de acuerdo con las indicaciones del Facultativo Director.

4.13. MORTEROS DE CEMENTO

Se definen los morteros de cemento como la masa constituida por árido fino, cemento y agua. En la fabricación de morteros se tendrá en cuenta el Pliego PG-3, artículo 611.

Las dosificaciones dadas para los morteros en los diferentes documentos del Proyecto son simplemente orientativas y, en cada caso, la Dirección de la Obra podrá modificarlas de acuerdo con las necesidades de la misma.

4.14. APEOS, CIMBRAS Y ENFORCADOS

Se cumplirán las prescripciones del apartado 2 del artículo 681 "Apeos y cimbras" artículo 680, "Encofrado y moldes" apartado 2 del PG-3 y los artículos 65 y 75 EHE, incluso en lo que se refiere a desencofrado y descimbramiento, fijándose como límites de movimiento los que en dichas Instrucciones se indican.

Tanto las superficies de los encofrados como los productos que a ella puedan aplicarse para facilitar el trabajo, no contendrán sustancias agresivas para el hormigón.

Los enlaces entre los distintos elementos o paños de los moldes serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje y desmontaje se verifique con facilidad, sin requerir golpes ni tirones. Los moldes ya usados que hayan de servir para unidades repetidas, serán cuidadosamente rectificados y limpios antes de cada empleo.

Las superficies interiores de los encofrados deberán ser lo suficientemente uniformes y lisas para lograr que los paramentos de las piezas de hormigón moldeadas en aquellos no presenten defectos, bombeos, resaltos y rebabas.

Los plazos de desencofrado y retirada de cimbras y apeos, nunca serán inferiores a los prescritos por el Director de la Obra.

4.15. ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO

Las armaduras para el hormigón armado deberán limpiarse cuidadosamente sin que queden señales de calamina, de óxido no adherente, de pintura, de grasa, de cemento o de tierra, cumpliendo todas las prescripciones impuestas en los artículos correspondientes de la EHE.

Una vez limpiadas, las barras se enderezarán o doblarán sobre plantilla en frío, hasta darles la forma debida.

Las uniones y solapes de las armaduras se atenderán a lo especificado en la EHE.

Las armaduras tendrán exactamente las dimensiones y formas proyectadas, y ocuparán los lugares previstos en los planos de ejecución. Las desviaciones toleradas en la posición de cada armadura no deberán sobrepasar de un centímetro (1 cm.). Para obtener este resultado, se colocarán dentro de los encofrados sujetándose provisionalmente por medio de alambres o separadores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Sobre las barras principales se ajustarán, atadas con alambres, las armaduras secundarias previamente dobladas y limpias.

4.16. OTRAS OBRAS Y TRABAJOS

En la ejecución de las obras, fábricas, construcciones y equipos para las cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego, el Contratista se atendrá en primer término a lo que resulte de los planos, cuadros de precios y presupuesto; en segundo término, a las reglas que dicte el Ingeniero Director; y el tercer término a las buenas prácticas seguidas en fábricas y trabajos análogos por los mejores constructores.

4.17. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE SU EJECUCIÓN Y PLAZO DE GARANTÍA

El adjudicatario queda comprometido a conservar a su costa y hasta que sean recibidas provisionalmente todas las obras que integran el Proyecto.

Asimismo, queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el cual deberá realizar cuantos trabajos sean precisos para mantener las obras ejecutadas en perfecto estado.

Este plazo de garantía, será de un año a partir de la fecha de recepción de las obras, siempre y cuando no se especifique un plazo diferente en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

La conservación no será objeto de abono independiente, y se considerará que los gastos ocasionados por estas operaciones quedan incluidos en los precios unitarios correspondientes a las distintas unidades de obra.

4.18. LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del Contratista limpiar la obra y sus inmediaciones de escombros y materiales, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas y adoptar los medios y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio del Director de la misma.

4.19. OBRAS QUE DEBAN QUEDAR OCULTAS

Sin autorización del Director de la Obra, o subalterno en quien delegue, no podrá el Contratista proceder al relleno de las zanjas abiertas para cimentaciones o alojamiento de tuberías, ni en general, a ocultar cualquier unidad de obra, debiéndose comprobar que las alineaciones y rasantes ejecutadas en cada caso por el Contratista se hallan de acuerdo con las establecidas en Planos.

Cuando el Contratista hubiese procedido al relleno u ocultación sin la debida autorización, el Director de la Obra podrá ordenarle descubrir lo ejecutado sin derecho a indemnización y, en todo caso, el Contratista será responsable de las equivocaciones que pudiese haber cometido o se derivasen de su actuación.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4.20. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras deberán quedar terminadas en el plazo de nueve (9) meses, a partir de la orden de iniciación, siempre y cuando no se especifique un plazo diferente en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

5.1. MODIFICACIÓN DEL PROYECTO

La Propiedad podrá introducir en el Proyecto, antes de empezar las obras o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se haya previsto en el Proyecto y siempre que lo sean sin separarse de su espíritu y recta interpretación. También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o distribución y aún supresión de las cantidades de obra marcadas en el presupuesto.

Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista siempre que, a los precios del contrato, sin ulteriores revisiones, no alteren el presupuesto de adjudicación en más de un veinte (20) por ciento, tanto por exceso como por defecto.

En este caso, el Contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ningún género por supuestos perjuicios que pueda ocasionar la modificación en el número de unidades de obra o en el plazo de ejecución.

5.2. FIANZA

Se constituirá de acuerdo con las normas que se fijen en bases del contrato o subasta.

5.3. DAÑOS POR FUERZA JUNIOR

Se interpretarán los casos de fuerza junior con arreglo a los preceptos vigentes para la contratación de obras públicas.

Estos casos de fuerza junior podrán dar lugar a una ampliación del plazo de ejecución que se fijará por el Director de la Obra, después de oír al Contratista y siempre y cuando no hubieran podido ser evitados por haber tomado las oportunas medidas o no haber existido retrasos previos.

5.4. PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía será de un (1) año a partir de la fecha de recepción de las obras, siendo de cuenta del Contratista la conservación y reparación de las obras, así como de todos los desperfectos que pudiesen ocurrir desde la terminación de éstas hasta que finalice el plazo de garantía.

5.5. PRECIOS UNITARIOS

Precios del proyecto

Todos los precios unitarios a que se refieren las normas de medición y abono contenidas en el presente Pliego de Condiciones, se entenderán que incluyen siempre el suministro, manipulación y empleo de todos los materiales necesarios para la ejecución de las unidades de obra correspondientes, a menos que específicamente se excluya en el artículo correspondiente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

Asimismo, se entenderá que todos los precios unitarios comprenden los gastos de la maquinaria, mano de obra, elementos accesorios, transportes, herramientas, limpieza de las obras y todas cuantas operaciones directas o incidentales sean necesarias.

En ningún caso el Contratista tendrá derecho a reclamación fundándose en insuficiencias de precios o en la falta de expresión explícita, en los precios o en el Pliego, de algún material u operación necesarios para la ejecución de una unidad de obra.

En caso de duda en la aplicación de los precios, se seguirá el mismo criterio aplicado en la medición y valoración del presente Proyecto.

En el abono de las unidades debe considerarse que el uno por ciento (1%) (al menos) está destinado a los ensayos y control de Calidad que fije la Dirección de las Obras, siendo este gasto a cuenta del Contratista.

Igualmente se entenderán incluidos, los gastos ocasionados por la señalización de las obras y la conservación durante el plazo de garantía.

Precios contradictorios

En el caso de que haya de ejecutar obras no previstas en el Proyecto, se establecerán de acuerdo con la Propiedad los precios contradictorios que han de regir para dichas unidades de obra, levantándose relaciones en las que figuren los precios unitarios descompuestos en sus elementos en la misma forma en que hizo para los precios que sirvieron de base al Proyecto e indicando en dichas relaciones las partes de obra en que son de aplicación dichos precios.

En los precios contradictorios que se establezcan antes de realizarse las obras, el porcentaje de gastos generales será igual que para los precios unitarios del Proyecto y con la misma descomposición.

5.6. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL

Serán de cuenta del Contratista los gastos de cualquier clase ocasionados con motivo de la práctica de replanteo general o su comprobación y de los replanteos parciales, que exija el curso de las obras, así como las de recepción, liquidación y cualesquiera que se deriven de la marcha de las obras. Asimismo, serán de cuenta del Contratista los ensayos de materiales y ensayos en obra de los elementos e instalaciones; los de construcción, desmonte y retirada de las construcciones auxiliares, los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro, los de limpieza de los espacios interiores y exteriores y evacuación de desperdicios y basura y los de limpieza general de la obra.

Serán de cuenta del Contratista los gastos de jornales y materiales necesarios para las mediciones periódicas, para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final y los de las pruebas, ensayos de reconocimiento y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales o definitivas de las obras.

En los casos de rescisión del contrato, cualquiera que sea la causa que los motive, serán de cuenta del Contratista los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las actas notariales que sea necesario levantar.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.7. INDEMNIZACIONES DEL CONTRATISTA

Será de cuenta del Contratista indemnizar a los propietarios de los derechos que les correspondan y todos los daños que causen con la perturbación del tráfico en las vías públicas, la explotación de canteras, la extracción de tierras para la ejecución de terraplenes, el establecimiento de almacenes, talleres y depósitos, los que se originen con la habilitación de caminos y vías provisionales para el transporte de aquellos o para apertura y desviación de cauces y, finalmente los que exijan las demás operaciones que requieran la ejecución de las obras.

5.8. DESPEJE, DESBROCE Y COMPACTACIÓN DEL TERRENO NATURAL

No se abonará independientemente por estar incluido en el precio de la unidad de obra correspondiente a la excavación o relleno.

5.9. EXCAVACIÓN EN LA EXPLANACIÓN

La excavación será no clasificada, es decir, en cualquier clase de terreno, incluso roca, y profundidad.

a) El volumen se medirá en metros cúbicos, por el método del área media de las secciones extremas y en base a los puntos topográficos de control, establecidos sobre redes horizontales y verticales.
b) El abono se hará a los precios unitarios correspondientes, estipulados en el cuadro de precios del contrato, por metro cúbico, y calculando el volumen, por el método indicado en el apartado a). Incluye la excavación propiamente dicha y los posibles agotamientos, entibaciones, despeje, desbroce, escarificado y compactación del fondo, refinos y separación o acopio de los productos útiles para rellenos y terraplenes y tierra vegetal, la carga, el transporte a vertedero, acopio o lugar de empleo y canon de vertido, reposición de servicios existentes y todos los materiales, mano de obra y maquinaria necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra.

No serán de abono los excesos de excavación sobre las secciones tipo, que no sean expresamente autorizados por el Director de Obra.

El precio unitario no se modificará, aunque los porcentajes de los diferentes materiales incluidos en su descomposición tuvieran alguna variación respecto de los porcentajes orientativos tomados en su justificación.

5.10. EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMIENTOS

La excavación será no clasificada, es decir, en cualquier clase de terreno, incluso roca, y profundidad.

La excavación en zanjas, pozos, emplazamientos y cimientos se medirá en metros cúbicos obtenidos aplicando a las profundidades realmente ejecutadas las dimensiones fijadas en las secciones tipo de zanja para cada conducto.

El abono se hará al precio unitario estipulado para cada tipo en el cuadro de precios del contrato por metro cúbico, calculando el volumen como se indica en el apartado a). Incluye la excavación propiamente dicha, los posibles agotamientos, entibaciones,

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

transportes a vertedero y separación y acopio de los productos útiles para rellenos y terraplenes y tierra vegetal, refino de taludes, refino y nivelación de soleras, reposición de servicios afectados, canon de vertido y todos los materiales, mano de obra y maquinaria necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra.

Incluye asimismo las demoliciones indicadas en el apartado correspondiente de este capítulo del Pliego.

También se considera incluida la realización, por medios manuales o mecánicos, de las catas necesarias para su localización de los servicios existentes a fin de evitar su afección, y el posterior relleno compactado de la cata.

No serán de abono los excesos de excavación sobre las secciones tipo, que no sean expresamente autorizadas por el Director de Obra.

El precio unitario no se modificará, aunque los porcentajes de los diferentes materiales incluidos en su descomposición tuvieran alguna variación respecto de los porcentajes orientativos tomados en su justificación.

5.11. ASIENTO GRANULAR PARA TUBERÍAS

a) Se medirá en metros cúbicos realmente ejecutados según las dimensiones fijadas en las secciones tipo.
b) El abono se realizará al precio estipulado para cada tipo en el cuadro de precios del contrato, por metro cúbico, calculado el volumen por el método indicado en el apartado El precio incluye el canon de extracción, el transporte, la carga y descarga, extensión, compactación y nivelación para posterior colocación de tuberías.

5.12. TERRAPLÉN

a) El volumen se medirá en metros cúbicos, por el método del área media de las secciones extremas y en base a los puntos topográficos de control, establecidos sobre redes horizontales y verticales.

b) El abono se hará al precio unitario correspondiente, estipulado en el cuadro de precios del contrato para cada tipo, por metro cúbico y calculando el volumen por el método indicado en el apartado a). El precio incluye el suministro y empleo de los materiales, despeje, desbroce, escarificado y acondicionamiento de la superficie de apoyo, extensión, humectación y compactación, refino de coronación y taludes, acabado final y todos los materiales, mano de obra y maquinaria necesaria para la correcta ejecución de la unidad de obra. Cuando el terraplén se realice con productos de préstamos, dicho precio incluirá el canon de extracción, el transporte, la carga y descarga.

Incluye el suelo seleccionado que se extiende tanto en secciones de desmonte como en secciones de terraplén.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El precio unitario no se modificará, aunque los porcentajes de la procedencia del material incluidos en su descomposición tuvieran alguna variación respecto de los porcentajes orientativos tomados en su justificación.

5.13. RELLENO DE ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS DE CIMIENTOS, TRASLADOS DE ESTRUCTURAS Y OBRAS DE FÁBRICA

a) La medición se hará en metros cúbicos por diferencia entre el volumen de excavación realizado y medido según se indica en el artículo referente a "Excavación en zanjas, pozos, ..." descontando el volumen del asiento y el del conducto.
b) El abono se hará a los precios unitarios correspondientes estipulados en el cuadro de precios del contrato, por metro cúbico y calculando el volumen como se indica en el apartado a). El precio incluye la selección y suministro del material, la extensión y compactación por tongada previa humectación, refino, acabado final y parte proporcional de la preparación de asiento. Cuando el relleno se realice con productos de préstamos, dichos precios incluyen también el canon de extracción, el transporte, la carga y descarga. Cuando la excavación atraviese terrenos de labor, los precios incluyen la reposición de la tierra vegetal, separada y acopiada al realizar la excavación.

Incluye, asimismo, todas las operaciones necesarias para que el perfil longitudinal del terreno sea el mismo que antes de empezar las obras, tanto en la zona afectada directamente por la excavación como la zona de ocupación temporal, manteniendo los desniveles entre fincas, reponiendo en su caso los pequeños muros de contención, etc.

No se abonarán los excesos por aumento de la excavación respecto a las secciones tipo o por deficiencias por parte del Contratista que no sean expresamente autorizadas por la Dirección Facultativa.

5.14. REFINO DE TALUDES

El refino de taludes, bien sea para obras de explanación o se trate de excavaciones en zanjas para cimentaciones y servicios, no se abonará independientemente por considerarse incluido en el precio de la unidad de obra correspondiente a la excavación, o relleno o caminos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.15. ZAHORRA ARTIFICIAL

a) La medición de la zahorra artificial se realizará por metro cúbico utilizado, colocado y compactado.
b) El volumen se medirá en metros cúbicos, por el método del área media de las secciones extremas y a partir de las secciones tipo detalladas en los Planos, o las que indique la Dirección Facultativa.
c) El abono se hará al precio unitario correspondiente, estipulado en el cuadro de precios del contrato, por metro cúbico y calculado el volumen por el método indicado en el apartado b). El precio comprende el suministro de los materiales, la puesta en obra, humectación y compactación y perfilado de la zahorra artificial, e incluye la parte proporcional del rasanteado, limpieza y preparación de la superficie de apoyo.

5.16. HORMIGONES

a) El hormigón se medirá en metros cúbicos de cada tipo de hormigón ejecutado según Planos del Proyecto.
b) El abono se hará al precio unitario estipulado en el cuadro de precios del contrato por el número de metros cúbicos de cada tipo de hormigón ejecutado. En dichos precios unitarios están incluidos la fabricación, transporte, colocación y vibrado, juntas, curado con filmógeno y todas las operaciones necesarias para la total terminación de la obra.
c) Los enfoscados y enlucidos de superficie de hormigón no serán objeto de abono independiente, por considerarse incluido en las unidades de que forman parte. En el precio se incluye el mortero necesario, así como la mano de obra, maquinaria y medios auxiliares precisos para su confección y puesta en obra.
d) No se medirán ni abonarán las adiciones que se suponen incluidas en el precio del contrato.

5.17. ENFORCADOS

El encofrado se medirá en metros cuadrados realmente encofrados, y se abonará a los precios indicados para cada tipo en el Cuadro de Precios.

Al realizar la medición, no se contabilizarán los planos horizontales en contacto con el terreno, ni los que tengan una inclinación tan ligera que no exija encofrado. Tampoco se contabilizarán las superficies que deban ser hormigonadas contra obras ya construidas.

Los precios incluyen los apeos y cimbras que puedan resultar necesarios, y todos los materiales auxiliares, y se aplicará a todos los casos, cualquiera que sea la forma de la superficie a encofrar.

Todas las operaciones de desencofrado y descimbrado, deberán realizarse con arreglo a las órdenes del Director de las Obras, y sus costes no serán objeto de abono independiente por considerarse ya incluidos en los correspondientes precios de encofrado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.18. ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO

Las armaduras se medirán multiplicando para cada diámetro, las longitudes que figuran en los planos de construcción por el peso de kilogramos por metro del catálogo que indique el Ingeniero Director. Al realizar esta medición, se contabilizarán las longitudes correspondientes a anclajes, pero no las de los solapes, ni recortes o ataduras que fueran necesario realizar.

El abono se efectuará aplicando a los kilogramos así obtenidos el precio unitario estipulado en el cuadro de precios del contrato, que incluye la adquisición de acero, su transporte, acopio, corte, doblado y puesta en obra, así como el atado o la soldadura precisos para la formación de los cuchillos de armadura y la parte proporcional de separadores, elementos de anclaje, maquinaria, energía y de cuantos otros materiales y operaciones sean precisos para garantizar, tanto durante el acopio y construcción, como posteriormente durante la vida útil de las obras, su perfecta adaptación al fin para el que han sido proyectadas, sin detrimento de las características de homogeneidad, calidad y capacidad resultante.

5.19. CONDICIONES PARA FIJAR PRECIOS IMPUESTOS EN OBRAS NO PREVISTAS

La fijación del precio deberá hacerse precisamente antes de que se ejecute la obra a que debe aplicarse. Si por cualquier causa la obra hubiera sido ejecutada antes de llenar este requisito, el Contratista quedará obligado a conformarse con el precio que para la misma señale la Propiedad.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

B. ELECTRICIDAD

1. CONDICIONES GENERALES

1.1. OBJETO

El presente Pliego será de aplicación a todas las instalaciones eléctricas que comprenden el proyecto del parque eólico

En él se señalan los criterios generales que serán de aplicación, se describen las instalaciones comprendidas y se fijan las características de los materiales a emplear, las normas que han de seguirse en la ejecución de las distintas unidades de obra, las pruebas previstas para la recepción, las formas de medición y abono de las obras.

1.2. REGLAMENTACIÓN, INSTRUCCIONES, NORMATIVA Y RECOMENDACIONES

ara la realización de las instalaciones eléctricas descritas en este Proyecto se tendrán en cuenta los Reglamentos y Normas, en su edición vigente, que se citan a continuación:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de junio, 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.
- Reglamento Electrotécnico de baja tensión aprobado por Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto, publicado en BOE N.º 224 de 18 de septiembre de 2003.
- Instrucciones Complementarias del Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- Ministerio de Industria y Energía. Orden de 5 de septiembre de 1985 por la que se establecen normas administrativas y técnicas para el funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000KVA y centrales de autogeneración eléctrica.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- EHE. Instrucción de hormigón estructural.
- O.C. 1/88 de 30 de Diciembre sobre “Señalizaciones de Obras” y consideraciones sobre “Limpieza y Terminación de las obras”.
- R.D. 1.627/97 de 24 de Octubre de Seguridad y Salud.
- 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.
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269 10/11/1995.
- Normas y Recomendaciones de la Compañía Eléctrica en general.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Los reglamentos y normas indicados se complementan con los que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas del presente Proyecto, tanto en el apartado de Obra Civil como en el apartado de Instalaciones Eléctricas.

Salvo que se trate de prescripciones cuyo cumplimiento esté obligado por la vigente legislación, en caso de discrepancia entre el contenido de los documentos mencionados, se aplicará el criterio correspondiente al que tenga fecha de aprobación posterior. Con idéntica salvedad, será de aplicación preferente, respecto de los anteriores documentos, lo expresado en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

1.3. NORMAS DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA

El presente Proyecto, ha sido redactado teniendo en cuenta las normas de la Empresa Suministradora de energía y las consultas puntuales realizadas. No obstante, el Contratista, se obliga a mantener con ella el debido contacto a través del Director de Obra para evitar, siempre que sea posible, criterios dispares y complicaciones posteriores.

1.4. DISPOSICIONES LEGALES

El Contratista vendrá obligado al cumplimiento de lo dispuesto en Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo y de cuantas disposiciones legales, de carácter social, y otras que rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.

1.5. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales; se incluye el Estudio de Seguridad y Salud para su ejecución, en base al cual cada contratista elaborará un Plan que deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de seguridad y salud nombrado el efecto por el promotor y por la Dirección facultativa, según proceda, previo al inicio de las obras.

Asimismo, se dispondrá de cuanto fuera preciso para el mantenimiento de máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad.

1.6. PERMISOS, LICENCIAS Y DICTÁMENES

El Contratista deberá obtener los permisos, licencias y dictámenes necesarios para la ejecución y puesta en servicio de las obras y deberá abonar los cargos, tasas e impuesto derivados de la obtención de aquellos.

1.7. DISPOSICIONES APLICABLES

Además de las disposiciones contenidas en este Pliego, serán de aplicación en todo lo no especificado en él, las siguientes:

El Contratista está obligado a cumplir la Ley de Contrato de Trabajo vigente y de las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patrono y obreros, las de accidentes de trabajo, incluso la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas de carácter social y vigente o que en lo sucesivo se dicten.

Así mismo, el Contratista vendrá obligado a cumplir las Cláusulas Administrativas Particulares que se establezcan para la Contratación de estas obras.

En tal sentido, cuidará los árboles, hitos, vallas, pretiles y demás elementos que puedan ser dañados durante las obras, para que sean debidamente protegidos en evitación de posibles destrozos que, de producirse, serán restaurados a su costa. Así mismo, cuidará el emplazamiento y sentido estético de sus instalaciones, construcciones, depósitos y acopios que, en todo caso, deberán ser previamente autorizados por el Director de la Obra.

1.8. SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista adjudicatario, vendrá obligado a instalar y mantener a su costa y bajo su responsabilidad, durante la ejecución de las obras, las señalizaciones necesarias, balizamientos, iluminaciones y protecciones adecuadas tanto de carácter diurno como nocturno, ateniéndose en todo momento a las vigentes reglamentaciones y obteniendo en todo caso, las autorizaciones necesarias para las ejecuciones parciales de la obra.

Será de obligación del Contratista, igualmente, la colocación de dos cartelones indicadores de las obras en la situación que disponga la inspección Facultativa de las mismas y del modelo que se determine.

1.9. LIMPIEZA FINAL DE LAS OBRAS

Una vez que las obras se hayan terminado, todas las instalaciones, depósitos y edificios construidos con carácter temporal para el servicio de la obra, deberán ser desmontados y los lugares de su emplazamiento restaurados a su forma original.

Todo se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas acorde con el paisaje circundante.

Estos trabajos se consideran incluidos en el contrato y, por tanto, no serán objeto de abono por su realización.

1.10. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL A CARGO DEL CONTRATISTA

Serán de cuenta del Contratista los gastos que origine el replanteo general de las obras o su comprobación y los replanteos parciales de las mismas, los de construcción, desmontado y retirada de toda clase de construcciones auxiliares; los de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales, los de protección de acopios y de la propia obra, contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para el almacenamiento de explosivos y carburantes, los de limpieza y evacuación de desperdicios y basuras, los de construcción y conservación durante el plazo de utilización de pequeñas rampas provisionales de acceso, los de conservación de las señales y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras; los de reposición de instalaciones, herramientas, materiales y limpieza general de la obra a su terminación; los de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro de agua y energía eléctrica necesarios para las obras, así como la

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

adquisición de dicha agua y energía; los de demolición de las instalaciones provisionales, los de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

Así mismo, el Contratista deberá proporcionar el personal y material que se precise para el replanteo general, replanteos parciales y la liquidación de las obras.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

2.1. OBRAS COMPRENDIDAS

Comprende el presente Proyecto, la Ejecución de las obras de suministro e instalación de los materiales necesarios para las instalaciones de Baja y Media Tensión, así como la conservación y reparación de las obras hasta su recepción. Todo ello de acuerdo con la descripción que a continuación se expresa y hasta conseguir su total adecuación al contenido de los distintos documentos del Proyecto y a las órdenes de la Dirección de la Obra.

2.2. OBRAS CIVILES

a) Obras de tierra

Comprenden la excavación y relleno de las zanjas para albergar los cables subterráneos de las Líneas de distribución de Media Tensión, sistema de Tierras y Fibra Óptica.

b) Obras de fábrica

Comprenden las protecciones mecánicas, tubos de P.E. y hormigonado en las zanjas de los cables subterráneos de Media Tensión, Sistema de Tierras y Fibra Óptica.

2.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Baja tensión

Se contemplan las instalaciones de B.T. a realizar en el interior de las torres de los aerogeneradores.

Media tensión

Comprende la instalación de líneas subterráneas, sistema de tierras y centros de transformación en aerogeneradores.

2.4. MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES

Están incluidos en la Contrata, la utilización de los medios y la construcción de las obras auxiliares que sean necesarias para la buena ejecución, conservación y reparación de las obras principales y para garantizar la seguridad en las mismas tales como: herramientas, aparatos, maquinaria, vehículos, grúas, andamios, cimbras, entubaciones, desagües y protecciones para evitar la entrada de aguas superficiales en las excavaciones y centros de transformación, desvío o taponamiento de cauces y manantiales, extracciones de agua, agotamiento, barandillas y otros medios de protección para peatones en las excavaciones, avisos y señales de peligro durante el día y la noche, establecimiento de pasos provisionales, apeos de conducciones de agua, electricidad y otros servicios o servidumbres que aparezcan en las excavaciones, etc.

2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Este Proyecto comprenderá las obras e instalaciones especificadas en el presupuesto correspondiente, con los siguientes trabajos:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2.5.1. INSTALACIONES DE MEDIA TENSIÓN

- Centros de Transformación de 2.500 KVA y celdas prefabricadas compactas de M.T. en aerogeneradores.
- Instalaciones de B.T. que comprende, cuadros y baterías de condensadores, control y líneas de interconexión.
- Línea de interconexión en M.T: de transformador a celda compacta.
- Sistema de puesta a tierra: en aerogeneradores y líneas de enlace con el Centro de Entrega.
- Materiales de Prevención y Seguridad.
- Líneas subterráneas Colectoras en Media Tensión.
- Celdas de MT en Centro de Seccionamiento.

2.6. CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El adjudicatario vendrá obligado a realizar las labores de conservación durante un año a partir de la recepción de la instalación eléctrica.

Dichas operaciones comprenden:

- La vigilancia diaria de las instalaciones.
- La reparación o reposición de aquellos elementos que puedan resultar dañados ya sea intencionado, accidental o por su mismo uso.
- La limpieza de la instalación, una vez en el año.

2.7. COMPATIBILIDAD Y PRELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas y omitido en Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción prevalecerá lo determinado en el Pliego.

Las omisiones en Planos o Pliegos de Prescripciones Técnicas o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu e intención expuesta en dichos Documentos o que, por uso o costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES

3.1. PLIEGOS GENERALES

En general son válidas todas las prescripciones que referentes a las condiciones que deben satisfacer los materiales aparecen en las Instrucciones, Pliegos de Condiciones o Normas oficiales que reglamentan la recepción, transporte, manipulación o empleo de cada uno de los materiales que se utilizan en las obras de este Proyecto, siempre que no se opongan a las prescripciones particulares del presente Capítulo.

3.2. CONTROL PREVIO DE LOS MATERIALES

Todos los materiales empleados, aún los no relacionados en este Pliego, deberán ser de primera calidad.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de la instalación, el Contratista presentará al Director de la Obra los catálogos, cartas, muestras, etc., que se relacionan en la recepción de los distintos materiales. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por el Director de la Obra.

Se realizarán cuantos análisis y pruebas se ordenen por el Director de Obra, aunque estos no estén indicados en este Pliego, los cuales se ejecutarán en los Laboratorios que elija el Director de Obra, siendo los gastos ocasionados por cuenta de la Contrata, hasta un importe máximo del uno por ciento (1%) del Presupuesto de Ejecución por Contrata.

3.3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN

3.3.1. CONDUCTORES

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Conductor aislado 12/20 KV - 1x95 mm2 en aluminio para 20 KV

Tensión (Uo/U)	12/20KV
Normas de Construcción y ensayo	UNE-21123
	CEI/IEC-60502
	Recomendación UNESA
	3305C
Designación UNE	RH5Z1 (S) 12/20KV
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Cubierta exterior	Poliofina (Z1)
Característica ecológica	Cero en halógenos
Tensión nominal	12/20 KV
Tensión de prueba	24.000 V
Sección Unipolar	150 mm2 en Al

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

Intensidad admisible permanente:

- al aire a 40ºC	255 A
- enterrado a 25ºC (a 1m)	205 A

Densidad máxima de cortocircuito en A/mm2, temperatura inicial 90ºC, final 250ºC y duración cortocircuito en sg. para Al:

Seg.	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0
A/mm ^{2}	294	208	170	132	93

Pantalla	Corona de alambres de cobre de 16mm2
Diámetro exterior	35,4 mm.
Resistencia a 20ºC	0,206 Ω/Km.
Coeficiente de autoinducción	0,306 mH/Km.

NORMAS PARA CABLES DE M.T.

Los cables objeto de esta Especificación deberán ser diseñados, fabricados y ensayados de acuerdo con las normas que se indican a continuación. Estas normas se entenderán en su última edición vigente en el momento del pedido.

UNE 21-022 Conductores de cables aislados. Guía sobre los límites dimensionales de los conductores circulares.

UNE 21-123 Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones nominales de 1 kV a 30 kV.

UNE 21-143 Ensayo de cubiertas exteriores de cables que tienen una función especial de protección y que se aplican por extrusión.

UNE 21-170 Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos.

UNE 21-175 Métodos de ensayo eléctricos para los cables eléctricos. Ensayos

de descargas parciales.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

UNE 21-191 Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de cargas cíclicos y sobrecarga de emergencia. Factor de capacidad de transporte cíclico para cables de tensiones inferiores o iguales a 18/30 (36) kV.

ENSAYOS PARA CABLES DE M.T.

Durante la fabricación del cable se realizarán los controles y pruebas destinados a comprobar el buen funcionamiento del cable y la calidad de sus componentes.

Los ensayos del mismo se realizarán de acuerdo con las Normas UNE 21-123, 143, 170 y 175.

Estas Normas dividen los ensayos a realizar en los grupos siguientes:

Los ensayos individuales se realizarán sobre todo el cable terminado y consiste en:

- Medida de la resistencia eléctrica del conductor.
- Ensayo de tensión.
- Ensayo de descargas parciales.

Los ensayos especiales se realizarán sobre dos muestras de cada tipo de conductor y diferentes bobinas, que consisten en:

- Examen del conductor.
- Verificación de dimensiones.
- Ensayo de tensión durante 4 horas.
- Ensayo de alargamiento en caliente.

Los ensayos tipo no es necesario practicarlos pues se supone que ya han sido realizados por el fabricante antes de su comercialización y se justificarán mediante la entrega de sus protocolos correspondientes.

También se realizarán pruebas del conductor una vez instalado, para lo cual se ejecutarán las que procedan, con la valoración incluida en oferta y aportando los medios necesarios para su realización.

EMBALAJE, MARCADO Y ENVÍO

Los cables irán embalados en bobinas de madera o metálicas, que deberán llevar una placa metálica con las siguientes inscripciones:

- Nombre y marca del fabricante.
- N.º de serie del cable.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Sección del conductor.
- Longitud de la pieza en metros.
- Peso total de la bobina, en kg.
- Indicación, en cada bobina, del origen y destino del cable contenido.
- N.º de Bobina.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

La distribución de cables en las diferentes bobinas, así como las longitudes de los contenidos de las mismas se eligen de forma, que se puedan realizar las diferentes tiradas, sin necesidad de realizar empalmes intermedios.

DOCUMENTACIÓN

Documentación a facilitar con la oferta

El oferente deberá incluir en su oferta la siguiente documentación además de, lógicamente, las condiciones generales comerciales y plazos de entrega:

- Lista de excepciones y/o matizaciones a la presente Especificación. Las excepciones no incluidas en la lista de excepciones que se solicita no tendrán validez contractual.
- Un ejemplar de las Hojas de Datos debidamente cumplimentadas.
- Folleto descriptivo de los cables ofertados.
- Folleto descriptivo de los terminales ofertados.

Documentación técnica que debe facilitar el fabricante después de cursado el pedido

El contratista del cable de potencia, terminales y accesorios deberá someter para su aprobación, dentro de las tres (3) primeras semanas a partir de la fecha en que sea cursado el pedido la siguiente información por triplicado:

- Plano certificado de dimensiones generales del cable de potencia, terminales y accesorios incluyendo, pero no limitándose, a lo siguiente:
- Diámetro exterior de los cables de potencia.
- Dimensiones de los terminales.
- Radios mínimos de curvatura de los cables.
- Pesos de los mismos.
- Instrucciones de almacenamiento en obra, montaje y mantenimiento.
- Plan de fabricación y acopios.
- Certificados de ensayos.
- Protocolos de ensayos de recepción en fábrica.
- Protocolos de ensayo de rutina.
- Protocolos completos de ensayo tipo.

Toda la documentación deberá llevar indicación de confirmación de pedido y el número del mismo.

Una vez aprobada la documentación y planos específicos de los equipos, el fabricante deberá enviar a la PROPIEDAD 5 copias en papel y 1 reproducible de cada plano, así como un disquete con ficheros DWG de todos los planos.

Toda la documentación se entregará en castellano.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3.4. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LOS MATERIALES Y EQUIPAMIENTOS DE LOS CENTROS DE TRASNSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

3.4.1. NORMAS GENERALES DE LA APARAMENTA DE ALTA TENSIÓN

La aparamenta a utilizar en el Centro de Transformación cumplirán en todo, las "Normas de Obligado cumplimiento" cuya relación aparece en el ANEXO de la INSTRUCCIÓN TÉCNICA COMPLEMENTARIA MIE RAT 02 del vigente "Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación".

Se adjunta una copia con listado de estas NORMAS (UNE) de obligado cumplimiento:

Relación de normas UNE que se declaran de obligado cumplimiento

UNE 20 004 76 (0): Símbolos literales y gráficos y esquemas utilizados en electrotecnia.

Índice alfabético.

UNE 20 004 74 (1): Símbolos literales y gráficos y esquemas utilizados en electrotecnia.

Símbolos literales.

UNE 20 004 68 (2): Símbolos literales y gráficos y esquemas utilizados en electrotecnia.

Naturaleza de la corriente, sistemas de distribución, modos de conexión y elementos de circuitos.

UNE 20 004 73 (6): Símbolos literales y gráficos y esquemas utilizados en electrotecnia.

Centrales generadoras, subestaciones, líneas de transporte y distribución.

UNE 20 099 74: Aparamenta de alta tensión bajo envolvente metálica.

UNE 20 100 80: Seccionadores de corriente alterna para alta tensión y seccionadores de puesta a tierra.

UNE 20 101 81 (1) 1R: Transformadores de potencia. Generalidades.

UNE 20 101 81 (2) 1R: Transformadores de potencia. Calentamiento.

UNE 20 101 82 (4) 1R: Transformadores de potencia. Tomas y conexiones.

UNE 20 101 82 (5) 1R: Transformadores de potencia. Aptitud para soportar cortocircuitos.

UNE 20 104 75: Interruptores de corriente alterna para alta tensión.

UNE 20 104 75 1C: Interruptores de corriente alterna para alta tensión. Ensayos para la verificación del poder de corte para batería única de condensadores.

UNE 20 104 75 2C: Interruptores de corriente alterna para alta tensión. Ensayos para la verificación del poder de corte para líneas en vacío.

UNE 20 104 75 3C: Interruptores de corriente alterna para alta tensión. Ensayos para la verificación del poder de corte para cables en vacío.

UNE 20 104 80 4C: Interruptores de corriente alterna para alta tensión. Nuevas definiciones, tablas y ensayos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

UNE 20 138 82: Transformadores trifásicos en baño de aceite para distribución en baja tensión.

UNE 20 141 78: Aparamenta de alta tensión bajo envolvente metálica para tensiones nominales de 72,5 V y superiores.

UNE 20 324 78 1R: Clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes.

UNE 21 062 80 (1) 1R: Coordinación de aislamiento. Términos, definiciones, principios y reglas.

UNE 21 062 80 (2) 1R: Coordinación de aislamiento. Guías de aplicación.

UNE 21 087 70: Pararrayos de resistencia variable.

UNE 21 087 81 (1): Pararrayos de resistencia variable. Guía de aplicación.

UNE 21 088 81 (1): Transformadores de medida y protección. Transformadores de intensidad.

UNE 21 088 81 (2): Transformadores de medida y protección. Transformadores de tensión.

UNE 21 110 74 (1): Aisladores de apoyo para interior y exterior de materia cerámica o vidrio destinados a instalaciones de tensión nominal superior a 1.000 V. Definiciones y ensayos.

UNE 21 110 83 (2): Dimensiones de los aisladores de apoyo y elementos de aisladores de apoyo de interior y de exterior, para instalaciones de tensión nominal superior a 1.000 V.

UNE 21 308 76 (1) 1R: Ensayos de alta tensión. Definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos.

UNE 21 308 76 (2) 1R: Ensayos de alta tensión. Modalidades de ensayo.

UNE 21 308 77 (3) 1R: Ensayos de alta tensión. Dispositivos de medida.

UNE 21 308 81 (4): Ensayos de alta tensión. Guía de aplicación para los dispositivos de medida.

3.4.2. TRASNFORMADORES

Datos técnicos

Características de servicio:

Frecuencia	50 Hz
Número de fases	3
Potencia nominal	2.500 kVA
Tensión nominal primaria	690 V
Tensión nominal secundaria	20.000V±2,5%±2,5%
Tensión de cortocircuito	≈ 6%

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Grupo de conexión	Estrella-Triángulo
Servicio	Continuo
Regulación	En vacío
Nivel de ruido	<72dB (A)
Calentamiento	100K
Del punto más caliente (CEI/IEC 905)	125K
Aislamiento	F
Grado de protección “trafo”	IP-07
Grado de protección con envolvente metálica	Según norma UNE-EN 60298
Devanado secundario:	
Tensión nominal toma principal	20.000 V (Servicio 20 kV)
Campo de regulación	20 ÷ 24 KV
Nivel de aislamiento	KV
a) Ensayo impulso tipo rayo	125 KVc
b) Ensayo a frecuencia industr.	50 KVef
Acoplamiento	Triángulo
Neutro	No accesible
Devanado primario:	
Tensión nominal	24 kV
Nivel aislamiento:	
Ensayo a frecuencia industrial	50 KVef
Acoplamiento	Estrella
Neutro	Accesible

Refrigeración

Modo	Refrigeración natural (AN)
Dieléctrico	Seco

Características constructivas y ensayos

Construcción y ensayos según normas:

Los transformadores objeto de esta Especificación deberán ser diseñados, fabricados y ensayados de acuerdo con las normas que se indican a continuación y que les sean aplicables en tanto en cuanto no se opongan a lo indicado en este pliego.

UNE 20-101 (1): Transformadores de potencia. Generalidades.

UNE 20-101 (2): Transformadores de potencia. Calentamiento.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

UNE 20-101 (3): Transformadores de potencia. Niveles de Aislamiento y Ensayos Dieléctricos.

UNE 20-101 (4): Transformadores de potencia. Tomas y conexiones.

UNE 20-101 (5): Transformadores de Potencia. Aptitud para soportar cortocircuitos.

UNE 20102: Ensayos de recepción de transformadores de potencia.

UNE 20 305: Evaluación y clasificación térmica del aislamiento eléctrico.

UNE 20 315: Medida de los niveles de ruido de los transformadores y reactancias de potencia.

UNE 20 178: Transformadores de potencia de tipo seco.

CEI 216: Ensayos de envejecimiento del aislamiento.

CEI 92-101: Autoextinguibilidad.

CENELEC: HD 464.

VIDE 0472: Análisis de resinas.

NI 00.06.10: Recubrimientos galvanizados en caliente para piezas y artículos diversos.

Otras normas de aplicación: CEI 726, CEI 76.1 a 76.5, UNE 21.538 y DIN 42.523.

En el caso de que el fabricante no cumpla las normas que se indican o existan puntos no definidos por éstas, se aplicarán las normas usuales del fabricante, citando en este caso en la oferta las normas utilizadas por el mismo, así como los puntos concretos en que se aplicarán estas normas y su diferencia, con las requeridas, quedando a criterio la PROPIEDAD su aprobación definitiva.

Conexión lado primario:

Situación	A la vista
Tipo	Interior
Cantidad	4

Conexión lado secundario:

Situación	A la vista
Tipo	Interior
Cantidad	3

Equipamiento

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Bornas de toma de tierra.
- Sondas térmicas (1) con alarma a cuadro de control y disparo a la bobina del interruptor y termómetro digital en control.
- Conexiones para terminal enchufable.
- Envolvente de carcasa metálica.
- Elementos de elevación y arrastre.
- Ruedas orientables.

Regulación de tensión en vacío

La máquina estará dotada de un conmutador sobre tapa de cuatro posiciones, siendo la posición central la correspondiente a la tensión nominal primaria.

La potencia de la máquina no será inferior a la nominal en cualquier posición del conmutador.

Datos técnicos a definir (Propuesta del contratista)

- Pérdidas en carga y en vacío
- Tensión de cortocircuito
- Rendimiento
- Caídas de tensión
- Sobrecargas admisibles
- Peso
- Croquis con las dimensiones principales.

Pintura y tratamiento superficial

Todas las superficies férricas serán limpiadas de óxido por granallado hasta un grado de casi blancas (grado SA2,5 de ASTM) y tratadas a continuación con una imprimación a base de pintura y cromato o fosfato de zinc, según UNE 20-175-85.

Toda la tornillería exterior empleada será inoxidable.

El espesor mínimo aceptable final del transformador será de 60 micras en todos los puntos que se midan.

Deberá realizarse prueba de adherencia.

Deberá someterse para aprobación de la PROPIEDAD, el procedimiento de limpieza, preparación y pintura del transformador.

Ensayos

Todos los transformadores serán montados en fábrica y sometidos a los ensayos (presenciados) y comprobaciones que a continuación se especifican.

Ensayos de rutina

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Comprobación de dimensiones y disposición de los diferentes accesorios.
- Ensayo de tensión aplicada.
- Ensayo de tensión inducida.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los arrollamientos.
- Ensayo de vacío.
- Ensayo de cortocircuito.
- Ensayo de relación de transformación.
- Ensayo de medida de la resistencia de los devanados.
- Ensayo de grupo de conexión y polaridad.
- Medida de descargas parciales.

Ensayos tipo

- Ensayo de impulso.
- Ensayo de calentamiento por el método de cortocircuito, a la potencia nominal.
- Nivel de ruido.

Los ensayos tipo se realizarán independientes, uno a uno.

El fabricante deberá suministrar los protocolos de los ensayos de tipo y especiales que se exigen en la norma CEI-76 o UNE 20101.

Embalaje, marcado y envío

El fabricante presentará a la PROPIEDAD para su aprobación o comentarios su procedimiento de embalaje, marcado y envío.

Los equipos deberán transportarse hasta el parque eólico

Garantías y Penalidades:

El fabricante garantiza todo el material objeto el suministro hasta la fecha de la recepción definitiva, contra cualquier defecto de diseño, de material, de fabricación o montaje, que pudiera presentarse a consecuencia de uso normal bajo las condiciones estipuladas en la Especificación Técnica.

La recepción definitiva se efectuará doce meses después de la puesta en servicio de los equipos, siempre y cuando durante este tiempo no se observe ninguna anomalía.

Si se comprobara dentro del período de garantía que algún elemento o dispositivo fuese defectuoso, el fabricante está obligado a repararlo o sustituirlo, dejando nuevamente el material en perfectas condiciones de servicio, por su cuenta y riesgo, y en el plazo más breve posible.

Se establecerá un nuevo período de garantía, igual al primero, para todo elemento reparado o instalado en sustitución del defectuoso, así como para todo el material restante que pudiera resultar afectado.

Si, a pesar de las modificaciones realizadas por el constructor, no se cumplirán los valores garantizados por el mismo, se aplicarán las siguientes penalidades y rechazos:

Pérdidas: Para las pérdidas totales referidas a una temperatura de 75º se estipula una tolerancia de más menos diez por ciento sobre los valores garantizados, siendo

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

rechazado el transformador cuando las pérdidas sobrepasen en más de 25% las garantizadas. Se conviene una prima o penalidad del medio por ciento del precio en fábrica del transformador en el momento de expedición, por cada uno por ciento de falta o exceso sobre la tolerancia con un tope de un 5% sobre la prima.

Relación de transformación: Se admite una tolerancia de un más menos 0,5% sobre el valor de la relación garantizada. Si esta tolerancia es sobrepasada, quedaría a libre criterio de la Dirección de la Obra, que, el transformador sea o no rechazado.

Tensión de cortocircuito: Se admite una tolerancia de ± 10% sobre el valor garantizado sobre la toma principal. Si esa tolerancia es sobrepasada, quedará al libre criterio de la Dirección de la Obra, la aceptación o rechazo.

Calentamiento: Los calentamientos indicados anteriormente deben entenderse como límite y no deberán, por tanto, ser sobrepasados. En caso de que esto ocurriera, el transformador sería rechazado.

Documentación

Documentación técnica que se debe presentar con la oferta

El ofertante deberá presentar en su propuesta, la siguiente información por triplicado:

- Lista de excepciones del presente Pliego. Las excepciones no incluidas en esta lista de excepciones no tendrán validez contractual.
- Croquis de dimensiones, incluyendo detalle de las bornas, esfuerzos máximos soportados por las bornas, detalles de anclaje, peso total de la máquina etc.
- Memoria o folleto descriptivo del procedimiento de diseño y fabricación de los transformadores, pintura y de todos los accesorios.
- Relación de normas y reglamentos en su última edición, que se tendrán en cuenta para la fabricación y ensayos del equipo.
- Lista valorada de los repuestos recomendados para 5 años.
- El ofertante deberá además incluir en su oferta un ejemplar totalmente cumplimentado de las Hojas de Datos Técnicos, requisito sin el cual la oferta no será tomada en consideración.

Documentación técnica que debe facilitar el fabricante después de cursado el pedido

El fabricante de los transformadores deberá someter para su aprobación, dentro de las tres (3) primeras semanas a partir de la fecha en que sea cursado el pedido o télex de adjudicación, la siguiente documentación por triplicado:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Planos certificados de dimensiones generales de los transformadores y de sus accesorios incluyendo, pero no limitándose, a lo siguiente:
- Dimensiones de los transformadores.
- Detalles de las bornas.
- Pesos.
- Situación de accesorios.
- Listas de materiales.
- Instrucciones de almacenamiento del equipo, montaje y mantenimiento, incluyendo en este último apartado indicación expresa de regulaciones para alarma y disparo de termostatos, etc. y las averías o problemas más usuales (según experiencia del fabricante), su solución y prevención. Este libro de instrucciones será presentado de forma sencilla y didáctica y deberá referirse a todos y cada uno de los distintos componentes del transformador.
- Plan de fabricación y acopios.

Toda la documentación deberá llevar indicación de confirmación de pedido y el número del mismo.

De toda la documentación deberán entregarse seis copias (6). De los planos se entregará, además, un ejemplar reproducible y un disquete con ficheros DWG de los mismos.

Toda la documentación se entregará en castellano.

3.4.3. AUTOVÁLVULAS-PARARRAYOS

Características eléctricas

Próximo a las barras de 20 kV del transformador se instalarán tres pararrayos – autoválvulas de las siguientes características eléctricas:

– Instalación/tipo	Interior/Zn0
– Tensión máxima de servicio entre fases	24 kV
– Tensión nominal	20 kV
– Frecuencia nominal	50 Hz
– Nivel de aislamiento del equipo a proteger	125 kVcr
– Intensidad nominal de descarga (8/20µs)	10 kAcr
– Sobretensión temporal (TOV a 1 seg)	45,1 kV
– Tipo de servicio	Continuo
– Temperatura ambiente admisible	-40...+40ºC

Normas

Los pararrayos objeto de esta Especificación, deberán ser diseñados, fabricados y ensayados de acuerdo con las normas que se indican a continuación y que les sean aplicables en tanto no se opongan a lo indicado en esta.

Especificación. Estas normas se entenderán en su última edición, vigente en el momento del pedido.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

UNE 21-087-89 (1) (Concuerda con CEI-99-1/1970): Pararrayos de resistencia variable para redes de corriente alterna.

UNE 21-087-81 (1) 1C (Concuerda con CEI-99-1A/1965): Pararrayos de resistencia variable. Guía de aplicación.

UNE 21-087-89 (1) 2C: Pararrayos de resistencia variable. Guía de aplicación.

CEI 99-4-1991: Pararrayos de óxidos metálicos sin descargadores para sistemas de corriente alterna.

ANSI/IEEE C62: Pararrayos de óxidos metálicos para redes de corriente alterna.

UNE 20-509-85 (1) (Concuerda con CISPR 18-1/1982): Características de las líneas y aparamenta de alta tensión, relativas a las perturbaciones radioeléctricas.

Descripción del fenómeno.

UNE 20-509-90 (2) (Concuerda con CISPR 18-1/1986): Características de las líneas y aparamenta de alta tensión, relativas a las perturbaciones radioeléctricas. Métodos de medida y procedimiento para establecer los límites.

UNE 20-509-90 (3) (Concuerda con CISPR 18-3/1986): Características de las líneas y aparamenta de alta tensión relativas a las perturbaciones radioeléctricas. Código práctico para minimizar la generación de ruido radioeléctrico.

Real Decreto 186/2016, de 6 de junio, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.

En el caso de que el fabricante no cumpla las normas que se indican o existan puntos no definidos por éstas, en su oferta deberá indicar las normas usuales que utiliza, los puntos concretos en que se aplicarán estas normas y su diferencia con las requeridas, quedando a criterio de La PROPIEDAD su aprobación definitiva.

Características constructivas

Los pararrayos deberán ser del tipo de óxido de zinc. Estarán constituidos por una columna de elementos activos formados por una o varias unidades montadas unas sobre otras y conectadas eléctricamente en serie. Cada unidad de elementos activos estará alojada en una envuelta cilíndrica de porcelana o silicona, herméticamente cerrada y deberá estar provista de un limitador de presión que impida una rotura violenta de la envuelta provocada por un posible defecto del pararrayos.

Los pararrayos deberán suministrarse dispuestos para anclaje a soportes metálicos mediante tornillos, estando éstos excluidos del suministro. También estarán provistos de un terminal de puesta a tierra en la parte inferior de los mismos.

Deberán tener también una placa de características y esquema de conexiones fijada en un lugar visible. La placa deberá ser de acero inoxidable, debiendo inscribirse en ella como mínimo y de forma indeleble las características que se indican a continuación:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Fabricante.
- Tipo e identificación del pararrayos completo.
- N.º de fabricación.
- Año de fabricación.
- Normas.
- Peso total.
- Tensión más elevada de la red.
- Tensión de operación continua (COV).
- Tensión nominal.
- Frecuencia nominal.
- Corriente de descarga nominal.
- Corriente asignada al limitador de presión en kA eficaces.
- Clase de descarga de la línea.
- Nivel de contaminación soportado por la porcelana.

Todas las piezas exteriores metálicas de naturaleza férrica irán galvanizadas en caliente.

Caso de que el fabricante proponga algún aparato especial para verificación del estado del pararrayos, deberá documentar su propuesta de forma adecuada, así como incluir los accesorios para la realización de las verificaciones.

Ensayos

Todos los pararrayos se montarán completamente en fábrica y serán sometidos a los siguientes ensayos:

- Ensayo de soportabilidad del aislamiento.
- Ensayo de soportabilidad de impulso de corriente de larga duración.
- Ensayos de tensión residual:
- Con impulso de frente escarpado (1/20 µs).
- Con impulso tipo rayo.
- Con impulso de maniobra.
- Ensayo en condiciones de servicio.
- Ensayos para determinar la característica tensión a frecuencia industrial frente al tiempo.
- Ensayo del limitador de presión.
- Ensayos de dispositivos de desconexión para los pararrayos.
- Ensayo de polución artificial.
- Ensayo de descargas parciales.
- Ensayo de estanqueidad (si es aplicable).
- Ensayo de medida del nivel de radiointerferencias según norma UNE-20-509. acuerdo con la norma CEI 99-4: Ensayos tipo (CEI 99-4 Secc. 7)

Estos ensayos podrán ser sustituidos por el correspondiente certificado de ensayo, para pararrayos iguales a los especificados, emitido por un laboratorio de prestigio reconocido.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Ensayos de rutina (CEI 99-4 Apdo. 8.1)

Los ensayos de rutina a efectuar por el fabricante serán como mínimo:

- Medida de la tensión de referencia.
- Ensayo de la tensión residual.
- Ausencia de descargas parciales y ruido de contactos.
- Ensayo de estanqueidad sobre cada elemento del pararrayos.

Ensayos de recepción (CEI 99-4 Apdo. 8.2)

Los siguientes ensayos serán efectuados sobre uno de los pararrayos del pedido:

- Medida de la tensión a frecuencia industrial del pararrayos completo a la corriente de referencia.
- Medida de la tensión residual ante impulso tipo rayo para el pararrayos completo a la corriente de descarga nominal.
- Ensayo de descargas parciales, sometiendo el pararrayos completo a su tensión nominal y después de al menos 10 sg. bajar hasta 1,05 veces la tensión de operación continua (COV).
- Ensayo de estabilidad térmica.
- Ensayo de la medida de la corriente de fuga resistiva a tensión nominal.

Embalaje, marcado y envío

El fabricante presentará a la PROPIEDAD para su aprobación o comentarios su procedimiento de embalaje, marcado y envío.

Los equipos deberán transportarse hasta el término municipal donde estará ubicado el centro de seccionamiento, con el embalaje apropiado para resistir su almacenamiento a la intemperie durante el período de montaje.

Documentación

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA QUE SE DEBE PRESENTAR CON LA OFERTA

El ofertante deberá incluir en su oferta, la siguiente información por triplicado.

- Lista de excepciones a la presente Especificación, Las excepciones no incluidas en la lista de excepciones no tendrán validez contractual.
- Croquis de dimensiones de los pararrayos y contadores de descarga, incluyendo detalle de las bornas, esfuerzos máximos soportados por la borna de línea, detalles de anclaje, detalle de borna de tierra y peso total del aparato.
- Memoria o folleto descriptivo de los pararrayos y de los contadores de descarga ofertados.
- Descripción de los procedimientos de los ensayos requeridos en el punto 7.
- Copia de protocolos de ensayos tipo.
- Relación de normas y reglamentos en su última edición, que se tendrán en cuenta para la fabricación del equipo.
- Lista de referencias.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El ofertante deberá además incluir en su oferta un ejemplar de las Hojas de Datos totalmente cumplimentadas, requisito sin el cual la oferta no será tomada en consideración.

DOCUMENTACIÓN TÉCNICA QUE DEBE DE FACILITAR EL FABRICANTE DESPUÉS DE CURSADO EL PEDIDO

El suministrador de los pararrayos deberá entregar para someter a su aprobación, dentro de las tres (3) primeras semanas a partir de la fecha en que sea cursado el fax de intención, tres (3) copias de la siguiente información:

- Plano certificado de dimensiones generales de los pararrayos y contadores de descargas incluyendo, pero no limitándose, a lo siguiente:
- Dimensiones de los pararrayos.
- Detalle de las bornas de línea y tierra.
- Esfuerzos máximos soportados por la borna de línea.
- Detalles de anclaje.
- Peso total del pararrayos.
- Plano de la placa de características.
- Plano de las placas de identificación.
- Instrucciones de almacenamiento del equipo en obra, montaje y mantenimiento.
- Plan de fabricación y acopios.
- Certificados de ensayos.
- Certificado de calibración del contador de descargas.
- Protocolos de ensayos de recepción en fábrica.
- Protocolos de ensayo de rutina.
- Protocolos completos de ensayo tipo.

De toda la documentación, una vez aprobada por la PROPIEDAD deberán entregarse seis (6) copias. De los planos se entregará además un ejemplar reproducible y un cd con ficheros DWG de los mismos.

Toda la documentación se entregará en castellano.

Garantía

El fabricante garantiza todo el material objeto el suministro hasta la fecha de la recepción definitiva, contra cualquier defecto de diseño, de material, de fabricación o montaje, que pudiera presentarse a consecuencia de uso normal bajo las condiciones estipuladas en la Especificación Técnica.

La recepción definitiva se efectuará doce meses después de la puesta en servicio de los equipos siempre y cuando durante este tiempo no se observe ninguna anomalía.

Si se comprobara dentro del período de garantía que algún elemento o dispositivo fuese defectuoso, el fabricante está obligado a repararlo o sustituirlo, dejando nuevamente el material en perfectas condiciones de servicio, por su cuenta y riesgo, y en el plazo más breve posible.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Se establecerá un nuevo período de garantía, igual al primero, para todo elemento reparado o instalado en sustitución del defectuoso, así como para todo el material restante que pudiera resultar afectado.

3.4.4. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

OBJETO

El suministro y montaje se considera integrado por 2 unidades de Puestas a Tierra de aerogeneradores.

Línea de acompañamiento o de enlace de la P.a.T.

REGLAMENTACIÓN Y NORMAS

La instalación de puesta a tierra cumplimentará la reglamentación y normativa siguiente, que es de aplicación:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, según el Real Decreto 337/2014, de 9 de junio. En particular la ITC MIE-RAT 13 “Instalaciones de puesta a tierra”.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión e Instrucciones complementarias. En particular la MI- BT039 “Puestas a tierra”.
- Norma UNE-21017.- Cables de cobre desnudos, semirrígidos, para conductores eléctricos.
- “Instalaciones de Puesta a Tierra en Centros de Transformación” y su hoja de aplicación a la red de Compañía de Electricidad, publicado por el Dr. Ingº Industrial D. Julián Moreno Clemente (2ª edición, Málaga 1991).
- “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” publicado por UNESA.
- Norma IEEE 80-2000 en el diseño de sistemas de puesta a tierra para subestaciones.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Características de la red:

- Tensión nominal 20 KV.
- Tensión máxima 24 KV.
- Intensidad de cortocircuito simétrico 16 KA.
- Intensidad de defecto 11,54 kV.
- Régimen de neutro Conectado directo a tierra

Características de la Puesta a tierra:

- Puesta a tierra para protección y servicio aislada.
- Resistividad media del terreno ρS.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Resistencia de difusión a tierra, individual para cada aerogenerador, exigida por la PROPIEDAD Rt ≤2 Ω.
- Diseño: 5 Anillos perimetral al aerogenerador de cable de cobre desnudo de 50 mm2. Las conexiones entre cables se resolverán con soldadura aluminotérmica.
- El paso de los cables de tierra a través de la armadura del zócalo de la cimentación se resolverá mediante tubos pasacables flexibles de PVC. Si es preciso se cortarán en obra las barras de la parrilla afectadas por los citados tubos.
- Sistema general de puesta a tierra único: compuesto por la P. a T. de todos los aerogeneradores, líneas de enlace y malla centro de seccionamiento.

MONTAJE DE LA PUESTA A TIERRA

Para la ejecución del montaje se deberán realizar las siguientes operaciones:

- Suministro y transporte de los materiales a utilizar, hasta el Parque Eólico
- Montaje coordinado con los trabajos de obra civil de las cimentaciones de los aerogeneradores.
- Tendido del anillo con derivaciones a las picas y realización de las soldaduras aluminotérmicas.
- La conexión entre cables subterráneos se resolverá mediante soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión, con el auxilio de moldes en “T” o en “cruz” necesarios, según sus características de utilización. Tanto los cables como los moldes, en el momento del montaje deberán estar libres de impurezas y secos, en evitación de posibles porosidades en las soldaduras.
- Hincado de picas acero-cobre con los accesorios adecuados y conexión con apriete de doble tornillo.
- Colocación de tubos pasacables, a través de la parrilla de la cimentación, previo corte de aquellas por el contratista de la obra civil, si es necesario.
- Tendido de la línea de enlace de tierras con cable de cobre desnudo de 50 mm2, se realizará por la misma zanja que la red de media tensión, con soldaduras aluminotérmicas para las derivaciones a cada uno de los aerogeneradores. Se efectuará en coordinación con la apertura de zanjas y con el tendido de los conductores de M.T. y de fibra óptica.

Conviene resaltar que las pletinas de cobre para conexión a la red de tierras con cable desnudo, no se posarán ni rozarán directamente sobre la torre u otros elementos metálicos, para evitar la oxidación de aquellos por formación de “par galvánico”. Esta condición se hará extensiva a las conexiones en general, que deberán resolverse mediante terminales en bronce con tornillería galvanizada. La limpieza del cable y de las superficies objeto de P.a.T., así como el terminal empleado, deberá formar un conjunto cuya resistencia de contacto eléctrico sea inferior a 2 Ω.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ENSAYOS Y PRUEBAS

Se comprobará la continuidad de la línea de enlace de tierras, entre aerogeneradores y centro de seccionamiento.

Se procederá a la comprobación de las soldaduras aluminotérmicas, mediante corte de un muestreo (≈5%) de las mismas para verificar la ausencia de porosidades.

Se verificará, mediante telurómetro, la resistencia de difusión a tierra del sistema general de tierras y de cada de aerogenerador.

Mediante inyección de 5 A, como mínimo, se procederá a la medición de las tensiones de paso y de contacto, en los puntos de acceso al C.T. de la torre y en la periferia de ésta. Los resultados deberán ser inferiores a los admisibles según los cálculos.

Si los valores obtenidos, no fueran los adecuados, se adoptarán las reformas o ampliaciones necesarias de acuerdo con la Dirección de Obra.

3.5. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE OBRA CIVIL

Cumplirán lo estipulado en Pliego específico de obra civil.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

4. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

4.1. ORDEN DE LOS TRABAJOS

El técnico Director de Obra dispondrá el orden en que deberán realizarse las obras y a la vista de las incidencias que puedan presentarse, introducir las modificaciones y adecuaciones que considere necesarias para la correcta ejecución de las mismas, siempre y cuando los materiales y unidades de obra se ajusten a lo establecido.

4.2. REPLANTEO

El Director de Obra podrá exigir con carácter previo al replanteo, la presentación para su inspección de prototipos o modelos de los materiales a instalar con la finalidad de confrontarlos con los materiales proyectados, así como las certificaciones de calidad que estime conveniente, pudiendo ordenar la realización de cuantas pruebas y ensayos considere necesarios, hasta un máximo del 1% del presupuesto de ejecución material, que serán por cuenta del Contratista adjudicatario de las obras.

El replanteo será una operación minuciosa definiendo, la correcta ubicación de las torres de los aerogeneradores, detallando la situación de las cimentaciones, trazado de las zanjas, redes eléctricas y otras, procediendo a situar las correspondientes señales en cantidad y situación adecuadas, quedando desde dicho momento la responsabilidad del mantenimiento de dichas señales al cargo del Contratista adjudicatario.

El replanteo deberá realizarse por el Director de Obra en presencia del Contratista adjudicatario de las mismas, acompañado del Técnico encargado de su ejecución y del titular o solicitante de las instalaciones.

De todo lo actuado se levantará acta de replanteo, en la que se hará constar, en su caso, los cambios de los materiales y unidades de obra admitidos, plazos de ejecución y plan de obra y, en general, cuantas incidencias se estimen oportunas. Dicha acta de replanteo será suscrita por el Técnico Director de Obra, por el Contratista adjudicatario y por el titular o solicitante de las instalaciones.

4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se realizarán de acuerdo con el Programa de Trabajo, con estricta sujeción a lo establecido en el presente Proyecto, con los materiales y unidades de obra definidos en este Pliego, y previamente aceptados por el Director de la Obra. Su ejecución, en general, se ajustará a lo que se considere buena práctica.

4.3.1. EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Líneas de Media Tensión en tierra

Se instalarán en zanjas de una profundidad de 0,90 m. Con anchuras de 0,60m hasta 2 líneas, de 0,80m para 3 líneas y de 1 m para 4 y 5 líneas. En su caso, el fondo de la zanja se dejará limpio de piedras y cascotes, colocando un lecho de arena tamizada o lavada de río suelta y áspera, inerte, de 10 cm.

Seguidamente se tenderán los cables agrupados en ternas, recubriéndolos con una capa de arena de 20 cm. compactada, y sobre ella ladrillos testigo, rellenándola con tierras

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

seleccionadas procedentes de la excavación compactada mecánicamente por tongadas de un espesor máximo de 30 cm., densidad 95% P.M. como mínimo.

A 30cm de la superficie se colocarán las cintas de señalización de peligro.

Líneas de Media Tensión en cruces de calzada y de paso por áreas de maniobra

Se instalarán en zanjas de una profundidad de 0,90 m y una anchura de 1,00 m. El fondo de la zanja se dejará limpio de piedras y cascotes, preparando un lecho de hormigón HM-20 de 10 cm., colocando tantos tubos de polietileno de alta densidad, PE.AD., corrugado de doble capa, 160 mm Ø como líneas, rellenándolos a la vez con hormigón formando un dado de 0,60m de profundidad por 1,00m de anchura.

El resto de zanja se rellenará con tierra de excavación debidamente compactada según los criterios ya indicados, previamente a su terminación se tenderán unas cintas de señalización de peligro a 0,30m de la superficie.

Instalación de los conductores de M.T.

En las bobinas, que serán de origen y en el conductor, figurarán el tipo del mismo, la sección y el nombre del fabricante.

Se realizarán al menos ensayos de aislamiento, de propagaciones de llama y agua, verificación dimensional, medida de resistencia eléctrica y control de continuidad una vez instalado.

Cada línea será conductores unipolares agrupados en ternas y en posición de triángulo equilátero para igualar impedancias, atadas por cremalleras de plástico cada metro.

El tendido de conductores se realizará con sumo cuidado, sobre rodillos, evitando roces perjudiciales y tracciones exageradas, no dándose en ellos curvaturas superiores a las admisibles para cada tipo, con especial atención a los pasos de caminos y entrada-salida a los centros de los aerogeneradores.

Su conexionado y empalmes se realizarán con terminales adecuados al tipo de instalación, características y sección del cable.

Los extremos de los conductores almacenados o en fase de montaje deberán encintarse adecuadamente para evitar la entrada de humedad.

4.4. COMIENZO DE LAS OBRAS

Las obras se iniciarán después de la adjudicación, salvo en caso de que el Contratista indique como resultado el mismo que debe modificar el programa de trabajo incluido en su oferta. En este caso una vez aprobado el programa de trabajo, las obras deben iniciarse dentro de los dos días siguientes a la aprobación del programa de trabajo definitivo.

En cualquier caso, serán prioritarias las condiciones del contrato y la coordinación con la obra civil general.

4.5. ENSAYOS Y PRUEBA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Durante el transcurso de las obras el Técnico Director de Obra realizará, entre otras, las siguientes comprobaciones:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Confrontación de los distintos materiales de los Centros de transformación y de las redes de Media Tensión, tales como, conductores, aparellajes, equipos y otros.
- Verificación de los cruzamientos y trazados de las redes eléctricas subterráneas, comprobando el cumplimiento del régimen mínimo de distancias con otros servicios e instalaciones.
- Medición de las unidades de obra antes de su cerramiento o terminación.
- Comprobación de la instalación y estética general.

Los ensayos y pruebas verificadas durante la realización de la instalación no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por consiguiente, la admisión de materiales u obras, en cualquier forma que se realicen, no atenúan las obligaciones a subsanar o reponer que el Contratista contrae si las instalaciones resultasen inaceptables, parcial o totalmente, en el acto de reconocimiento final y pruebas de recepción.

4.6. ACOPIOS

Queda terminantemente prohibido efectuar acopios de materiales cualquiera que sea su naturaleza, sin haber solicitado previamente autorización al Director de las Obras, sobre el lugar a efectuar dichos acopios.

Los materiales se acopiarán en forma tal, que se asegure la preservación de su calidad para su utilización en obra, y de la forma que el Ingeniero Director prescriba.

Los daños que pudieran derivarse de la ocupación de terrenos, así como de los cánones que pudieran solicitarse por los propietarios de los mismos al ser utilizados como lugares de acopio, serán de absoluta carga para el Contratista, no responsabilizándose la Dirección ni del abono de dichos cánones ni de los daños que pudieran derivarse de su uso.

4.7. DIRECCIÓN E INSPIRACIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista está obligado a prestar su colaboración al Ingeniero Director de las Obras, para el mejor cumplimiento de las funciones de éste. Es decir, facilitará el acceso a todas las unidades de obra en ejecución, tanto en el campo como en talleres y los medios necesarios para efectuar las comprobaciones o ensayos que el Ingeniero Director estime pertinentes.

Todas estas comprobaciones se harán en presencia de un representante legal del Contratista, que éste deberá nombrar antes de dar comienzo a los trabajos y que actuará como tal ante la Dirección de la Obra a todos los efectos a que se le requiera durante la ejecución de los trabajos.

Siempre que para ello sea requerido, el Contratista deberá dar su conformidad a los partes de obra haciendo constar los reparos que pudiera oponer a dichos partes.

Todos los planos de detalle preparados durante la ejecución de las obras deberán estar aprobados por el Ingeniero Director de las Obras, sin cuyo requisito no podrían ejecutarse los trabajos correspondientes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

4.8. REPRESENTACIÓN FACULTATIVA DEL CONTRATISTA

La representación facultativa del Contratista en la obra deberá ser a nivel de técnico industrial competente, con conocimientos, experiencia y atribuciones suficientes para poder realizar la instalación bajo las órdenes del Director de Obra.

4.9. OBRAS ACCESORIAS

Será obligación de la Contrata, la ejecución de las obras de recibido de aparatos, aparellaje, cuadros, mecanismos, etc., y obras complementarias de las consignadas en el presupuesto, así como las necesarias para la debida terminación de todas las instalaciones, cuya liquidación se hará en la forma que se detalla en el capítulo correspondiente.

4.10. DETALLES OMITIDOS

Todos aquellos detalles que por su minuciosidad pueden haberse omitido en este Pliego y resulten necesarios para la completa y perfecta terminación de las obras, quedan a la determinación exclusiva de la Dirección de las Obras, en tiempo oportuno, y la Contrata se halla obligada a su ejecución y cumplimiento sin derecho a reclamación alguna.

4.11. RESPONSABILIDADD DE LA CONTRATA

La Contrata será la única responsable de la ejecución de las Obras, no teniendo derecho a indemnización de ninguna clase por errores que pudiera cometer y que serán de su cuenta y riesgo.

Aún después de la recepción la Contrata viene obligada a rectificar toda deficiencia que sea advertida por la Dirección de Obra. El desmontaje o reparación precisa, será de exclusivo cargo de la Contrata. Así mismo, la Contrata se responsabilizará ante los Tribunales de los accidentes que puedan ocurrir durante la ejecución de las obras.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543
VISADO

5. PRUEBAS PARA RECEPCIONES

5.1. CONTROL DE MATERIALES. ENSAYOS

El adjudicatario pondrá en conocimiento de la Dirección de Obra todos los acopios de material que realice para que ésta compruebe que corresponden al tipo y fabricante aceptados y que cumplen las Prescripciones Técnicas correspondientes.

La ejecución de los ensayos y pruebas necesarias para comprobar la calidad de los materiales empleados se ordenará por la Dirección de Obra y se realizará a cargo del Contratista.

5.1.1. ENSAYOS PARA REDES DE DESTRIBUCIÓN DE M.T.-MATERIALES

Para recepcionar las instalaciones se realizarán como mínimo las pruebas y ensayos indicados en el Capítulo III, de este Pliego.

5.2. PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

Para la recepción de las obras, una vez terminadas, la Dirección de la Obra, procederá en presencia de los representantes del Contratista, a efectuar los reconocimientos y ensayos que se estimen necesarios para comprobar que las obras han sido ejecutadas con sujeción al presente Proyecto, las modificaciones autorizadas y a las órdenes de la Dirección de la Obra.

No se recibirá ninguna instalación eléctrica que no haya sido probada con su tensión de servicio normal y demostrado su perfecto funcionamiento.

5.2.1. CONDICIÓN PREVIA AL RECONOCIMIENTO DE LAS OBRAS

Antes del reconocimiento de las obras, el Contratista retirará de las mismas, hasta dejarlas completamente limpias y despejadas, todos los materiales sobrantes, restos, embalajes, bobinas de cables, medios auxiliares, tierras sobrantes de las excavaciones y rellenos, escombros, etc.

5.2.2. PRUEBAS RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

Durante la obra y una vez finalizada la misma, la Dirección Técnica verificará que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes de Aparellaje y Conductores.

5.2.3. PRUEBAS DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO

<u>Celdas de Media Tensión</u>

Las pruebas y ensayos a que han de ser sometidas las celdas de M.T. una vez terminada su fabricación, son los siguientes:

Prueba de operación mecánica:

Se realizarán pruebas de funcionamiento mecánico sin tensión en el circuito principal de interruptores, seccionadores y demás aparellaje, así como todos los elementos móviles y enclavamientos. Se probarán cinco veces en ambos sentidos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos

Se realizarán pruebas sobre elementos que tengan una determinada secuencia de operación. Se probará cinco veces cada sistema.

Verificación de cableado

El cableado será verificado conforme a los esquemas eléctricos.

Ensayo a frecuencia industrial

Se someterá el circuito principal a la tensión de frecuencia industrial especificada en la columna 4 de la tabla II de la norma UNE-20.099 durante un minuto. El procedimiento de ensayo queda especificado en el punto 24.4 de dicha norma.

Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control

Este ensayo se realizará sobre los circuitos de control y se hará de acuerdo con el punto 24.5 de la norma UNE-20.099.

Ensayo a onda de choque 1,2/50 µseg.

Se deberá disponer del protocolo de pruebas realizadas a la tensión (1,2/50 µseg) especificada en la columna 2 de la tabla II de la norma UNE-20.099. El procedimiento de ensayo se realizó según lo especificado en el punto 24.3 de dicha norma.

Verificación del grado de protección

El grado de protección será verificado de acuerdo con el punto 30.1 de la norma UNE-20.099.

<u>Generales de los Centros de Transformación</u>

- Se medirán la resistencia de difusión a tierra individualmente para cada C.T., debiendo alcanzar un valor Rt ≤ 2 Ω.
- Medición del sistema general único de la red de tierras.
- Medición de las tensiones de paso y de contacto en cada centro.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

6.1. GENERALIDADES

Las obras ejecutadas se medirán por su volumen, peso, superficie, longitud o, simplemente, por el número de unidades, de acuerdo con la definición de unidades de obra que figura en el Presupuesto y se abonarán a los precios señalados en el mismo, o prioritariamente a los que figuren en el contrato con la PROPIEDAD.

En los precios se consideran incluidos:

a) Los materiales con todos sus accesorios, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
b) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
c) En su caso, los gastos de personal, combustible, energía, amortización, conservación, etc. de la maquinaria que se prevea utilizar en la ejecución de la unidad de obra.
d) Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificaciones de almacenes y talleres, los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra; los causados por los medios y obras auxiliares, los ensayos de los materiales y los detalles imprevistos que, al ejecutar las obras deben ser utilizados o realizados.

La medición y abono al Contratista, de obras ejecutadas, deben referirse a unidades totalmente terminadas, a juicio exclusivo del Director de Obra. Solamente en casos excepcionales, con autorización de la PROPIEDAD se incluirán obras incompletas y acopios de materiales.

Las unidades de obra que por una junior facilidad al confeccionar los presupuestos se hayan agrupado para construir un presupuesto parcial, deberán medirse y abonarse individualmente.

La medición de las unidades de obra ejecutadas se llevará a cabo conjuntamente por el Director de Obra y el Contratista siendo a cuenta de este último todos los gastos de materiales y personal que se originen.

6.2. ABONO DE LAS PARTIDAS ALZADAS

Las partidas alzadas consignadas, en su caso, en el presupuesto, serán de abono íntegro, salvo que en el título de la partida se indique expresamente que es a justificar, lo que deberá hacerse con precios del Proyecto, siempre que sea posible y, en caso contrario, con precios contradictorios.

El abono íntegro de la partida alzada se producirá cuando hayan sido, completa y satisfactoriamente, ejecutadas todas las obras que en conjunto comprende. En ningún caso podrá exigirse por el Contratista cantidad suplementaria alguna sobre el importe de la partida alzada, a pretexto de un junior coste de las obras a realizar con cargo a la misma.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.3. MEDICIÓN Y ABONO DE LA EXCAVACIÓN

La excavación se medirá por su volumen referido al terreno y no a los productos extraídos.

El precio en m3 de excavación comprende:

- Todas las operaciones necesarias para la ejecución de la excavación, cualquiera que sea la naturaleza del terreno.
- El transporte a vertedero de los productos sobrantes, con independencia de la distancia a que se encuentre y, si es necesario, el extendido o arreglo de los productos vertidos.
- El refino de la superficie de la excavación.
- La limpieza de las calzadas y caminos que hayan resultado ensuciadas por los productos resultantes de la excavación.
- Cuantos medios y obras auxiliares sean precisos, tales como accesos provisionales, entibaciones, desagües, desvío de cauces, extracciones de agua, agotamientos, pasos provisionales, apeos de canalizaciones, protecciones, señales, etc.

No se tendrá en cuenta la profundidad de la excavación cuando no se indique en el precio.

No serán abonables los excesos de excavación que ejecute el Contratista sobre los volúmenes teóricos deducidos de los planos órdenes de la Dirección de la Obra y perfiles reales del terreno, ni tampoco los desprendimientos.

No obstante, prevalecerán los criterios plasmados en el pliego específico de la Obra civil.

6.4. MEDICIÓN Y ABONO DEL RELLENO

El relleno se medirá y abonará por su volumen, referido al terreno y no a los productos sueltos necesarios.

El precio del m3 de relleno comprende: todas las operaciones necesarias para formar el relleno con los productos indicados, la compactación o consolidación de los mismos, el refino de la superficie, el transporte a vertedero de los productos no utilizados y cuantos medios y obras auxiliares sean necesarios.

No serán abonables los excesos de rellenos ejecutados por el Contratista sobre los volúmenes teóricos deducidos de los planos, órdenes de la Dirección de las Obras y perfiles reales del terreno.

Prevalecerán los criterios indicados en el Pliego de la Obra civil.

6.5. ABONO DE LOS MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES, DE LOS ENSAYOS Y DE LOS DETALLES IMPREVISTOS

No serán de abono independiente:

Los medios y obras auxiliares indicadas.

Los gastos ocasionados por la realización de los ensayos hasta un 1% del presupuesto.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.6. MEDICIÓN Y ABONO DE OBRAS NO INCLUIDAS

Cuando sea necesario ejecutar unidades de obra no incluidas en el presente Proyecto, el precio contradictorio correspondiente será calculado, siempre que sea posible, tomando como base los mismos precios de los elementos descompuestos que han servido para formar los que figuran en este Proyecto.

Para estas unidades especificará claramente la forma de medición al convenir el precio contradictorio y, si no es así, se estará a lo admitido en la práctica habitual.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

7. DISPOSICIONES FINALES

7.1. CARÁCTER DE ESTE CONTRATO

Es voluntad de ambas partes contratantes, que una vez aceptados el presente Pliego de Condiciones en sus apartados “A” OBRA CIVIL y “B” ELECTRICIDAD, tenga, respecto a su cumplimiento la misma fuerza y valor que una escritura pública, debidamente otorgada con el reintegro correspondiente a la Hacienda. Tanto la PROPIEDAD, como la Contrata, se reservan la facultad de elevar este documento a escritura pública, en cualquier estado de la obra.

Los impuestos, serán del exclusivo cargo de la Contrata, así como todas las demás contribuciones.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

INDICE

CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD 1
1. INTRODUCCIÓN 5
2. MEMORIA DESCRIPTIVA 6
2.1. Antecedentes 6
2.2. Titular del proyecto 6
2.3. Objeto del estudio de seguridad y salud 6
2.4. Ámbito de aplicación 7
2.5. Legislación y normativa técnica de aplicación 8
2.6. Empresa responsable del plan de seguridad 9
2.7. Relación de elementos a utilizar 9
2.8. Implantaciones de salubridad y confort 11
2.9. Botiquín de primeros auxilios 12
2.10. Atención en caso de accidente 13
3. RIESGOS LABORALES EVITABLES MEDIDAS PREVENTIVAS 15
3.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que puedan ser evitados .. 15
4. RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN SER EVITADOS – MEDIDAS PREVENTIVAS. PROTECCIONES Y EFICACIA DE LAS MISMAS 18
4.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que no pueden ser evitados 18
4.2. Medidas preventivas que palien los riesgos inevitables 19
4.3. Eficacia de las medidas preventivas 20
5. PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS Y OBJETOS 21
5.1. Redes de seguridad 21
5.2. Condena de huecos horizontales con mallazo 22
5.3. Marquesinas rígidas 22
5.4. Plataforma de carga y descarga 22
5.5. Barandillas de protección 22
5.6. Andamios apoyados en el suelo, de estructura tubular 22
5.7. Andamio de Borriquetas 24
5.8. Andamios colgados móviles 25
5.9. Cargas 26

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.10. Plataformas de trabajo 27
5.11. Altura mínima a partir del nivel del suelo 27
5.12. Pasarelas 28
5.13. Protecciones y resguardos en máquinas 28
5.14. Escaleras portátiles 28
5.15. Escaleras de mano de un solo cuerpo 29
5.16. Cuerda de retenida 29
5.17. Aparatos elevadores (Grúas torre) 30
5.18. Eslingas de cadena 33
5.19. Eslinga de cable 33
5.20. Cable "de llamada" 33
5.21. Adecuación del tajo en el lugar de carga 33
5.22. Caída de objetos 34
5.23. Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza 34
5.24. Protección de personas contra contactos eléctricos 34
5.25. Prevención de incendios, orden y limpieza 35
5.26. Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo 35
5.27. Señalización de seguridad 36
5.28. Cinta de señalización y de delimitación de zona de trabajo 37
5.29. Señales óptico acústicas de vehículos de obra 37
5.30. Iluminación 37
6. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD LABORAL 39
6.1. Ordenación de la acción preventiva 39
6.2. Organigrama funcional 40
6.3. Normas generales de seguimiento y control 42
6.4. Reuniones de seguimiento y control interno 45
7. FORMACIÓN E INFORMACIÓN 47
7.1. Acciones formativas 47
7.2. Instrucciones generales y específicas 48
7.3. Información y divulgación 49
7.4. Atribuciones generales de seguridad del personal facultativo de obra 50
7.5. Funciones específicas de seguridad 52

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

8. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO RELATIVA A LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD 61
9. MEDIDAS DE SEGURIDAD PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA 62
9.1. Condiciones generales 62
9.2. Información previa 62
9.3. Servicios afectados: identificación, localización y señalización 62
9.4. Accesos, circulación interior y delimitación de la obra 63
10. MEDIDAS DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN 65
10.1. Protecciones colectivas 65
10.2. Equipos de protección individual (e.p.i.) 65
11. SEÑALIZACIONES 67
11.1. Normas generales 67
11.2. Señalización de las vías de circulación 67
11.3. Personal auxiliar de los maquinistas para señalización 67
12. CONCLUSIÓN 68

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

1. INTRODUCCIÓN

Se adjunta el presente Estudio de Seguridad y Salud a efectos de dar cumplimiento al RD. 1627/1997 de 24 de octubre, que en su art. 4 nos dice:

1. El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:
   - Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 euros.
   - Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
   - Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.

Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2. En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1. Antecedentes

El presente Estudio de Seguridad y Salud es parte del Proyecto de ejecución Parque Eólico "Cararrillo" 6 MW, CSE, Línea de Evacuación y Subestación Elevadora, ubicado en el término municipal de Rillo, en la provincia de Teruel.

El proyecto consiste en un parque eólico de 6 MW, que consta de 2 aerogeneradores, modelo E-115 EP3 fabricado por ENERCON, de 3 MW de potencia unitaria, y de su línea subterránea de evacuación de Media Tensión a 30 kV hasta elevarla a 45 kV en la subestación para su entronque a la línea ESCUCHA-UTRILLAS 45 KV.

Las características principales de la obra son las siguientes:

- Plazo de ejecución del proyecto: 262 días
- Número máximo de trabajadores en los momentos de mayor intensidad: 20 personas
- Presupuesto de ejecución material: 4.982.357,86 €

2.2. Titular del proyecto

La entidad promotora de la actuación es la siguiente:

- GENERACIÓN EOLICOSOLAR 1 S.L. CIF: B-88077276

Los datos de la persona y dirección de contacto a efectos de notificaciones relacionadas son los siguientes:

- Calle Espoz y Mina, 2, 3 planta, 28012, Madrid

El teléfono y dirección de contacto a efectos de notificaciones relacionadas son los siguientes:

- Tfno.: 664247116
- Correo: notificaciones@geolisol.es

El técnico redactor del proyecto es el siguiente:

- Sergio Paredes García
- Ingeniero Técnico Industrial
- Colegiado en el COGITIM 26.543

2.3. Objeto del estudio de seguridad y salud

El objeto del Estudio de Seguridad y Salud (en los sucesivo E.S.S) es cumplimentar las previsiones contenidas en el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establecen las DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS, con la descripción de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hallas de utilizarse en la presente obra, así como con los sistemas de ejecución de las empresas subcontratadas, trabajadores autónomos, industriales y oficios que han de intervenir en dichos trabajos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2.4. Ámbito de aplicación

La vigencia del Estudio de Seguridad y Salud se inicia desde la fecha en que se produzca el visado del proyecto base de ejecución por el Colegio Oficial Correspondiente y la aprobación expresa del Plan de Seguridad, por el Coordinador en materia de Seguridad e Higiene durante la ejecución de la Obra, responsable de su control y seguimiento.

Su aplicación será vinculante para todo el personal propio de la empresa constructora, el dependiente de otras empresas subcontratadas por esta y los distintos trabajadores autónomos, para realizar sus trabajos en el interior del recinto de la obra, con independencia de las condiciones contractuales que regulen su intervención en la misma.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

2.5. Legislación y normativa técnica de aplicación

- Ley 31/1.995, Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.

2.5.1. Estudio básico de seguridad e higiene

- R.D. 1627/97 por el que se establece la obligatoriedad de la inclusión de un estudio básico de seguridad e higiene en el trabajo, en los proyectos de construcción (B.O.E de 25/10/97).

2.5.2. Reglamentos

- R.D. 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. BOE nº 60 11/03/2006.
- Señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo (R.D 485/97 B.O.E 23/04/97). Reglamento electrotécnico de Baja Tensión (R.D 842 de 2/8/02. B.O.E de 18/9/02).
- R.D. 1407/92 de 20/11/92, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (EPIs).
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, R.D. 773/97 de 30/05/97 B.O.E de 12/06/97.
- Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo, R.D.1.215/97 de 18/07/97 B.O.E de 07/07/97.
- Reglamento de los Servicios de Prevención, R.D. 39/1.997 de 17/01/97, B.O.E de 31/01/97.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo, R.D.486/97 de 14 de Abril B.O.E de 23/04/97.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores, R.D. 487/97 de 14 de Abril, B.O.E de 23/04/97.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- R.D. 171/04 de 30/01/04, por el que se desarrolla el Articulo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, B.O.E. 31/01- 04, de prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de Actividades Empresariales y sus correcciones.
- Protección de la Salud de los Trabajadores contra los Riegos Relacionados con los Agentes Químicos durante el Trabajo corrección de erratas. (R.D. 374/01 de 6 de Abril, B.O.E.01/05/01).
- Disposiciones mínimas para la protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al Riesgo Eléctrico, R.D.614/01 de 8 de Junio, B.O.E. 21/06/01.
- Modificación del R.D. 665/97, de 12 de Junio, sobre la protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los Agentes Mutágenos, R.D.349/03 de 21 de Marzo, B.O.E. 05/04/03.
- Protección de la Salud y la Seguridad de los trabajadores Expuestos a los Riesgos Derivados de las Atmósferas Explosivas en el lugar de trabajo, R.D. 681/03 de 12 de junio, B.O.E. 18/06/03.

2.5.3. Normas

- Norma Básica de la Edificación.
- Normas NTE que les sean de aplicación, según fase de obra. Normas UNE que les sean de aplicación.

2.6. Empresa responsable del plan de seguridad

No se ha determinado a fecha actual la empresa responsable.

2.7. Relación de elementos a utilizar

Está previsto que se utilicen durante el transcurso de la obra la siguiente maquinaria, máquinas herramientas y herramientas siguientes:

Movimiento de tierra:

Comprende toda la maquinaria necesaria para la realización de los trabajos de desbroce y excavaciones a cielo abierto y en zanja. Los equipos de trabajo que se consideran son:

Martillo rompedor

Retroexcavadora

Pala cargadora

Excavadora de draga de arrastre

Zanjadora continua

Transporte horizontal:

Comprende toda la maquinaria necesaria para la entrega en obra de los materiales de construcción y el movimiento de materiales, todo ello en sentido horizontal. Los equipos de trabajo que se consideran son:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Carretilla por pinzas elevadoras o torito

Camión basculante

Maquinaria de elevación:

Comprende toda la maquinaria necesaria para la elevación y montaje de los aerogeneradores. Los equipos de trabajo que se consideran son:

Cabrestante (maquinillo)

Puente grúa

Grúa móvil

Maquinaria para hormigones.

Bomba de hormigón hidráulica

Camión hormigonera

Autohormigonera

Proyectadora de mortero y hormigones

Maquinaria para compactación y pavimentación

Comprende toda la maquinaria necesaria para el relleno y el compactado de tierras. Los equipos de trabajo que se consideran son:

Extendedora

Rodillo vibrante autopropulsado Explanadora

Maquinaria transformadora de energía:

Comprende la maquinaria necesaria para transformar la energía eléctrica en energía mecánica. El equipo de trabajo que se considera es:

Motor eléctrico

Máquinas herramientas:

Comprende toda la maquinaria necesaria para llevar a cabo determinados trabajos en la obra. Los equipos de trabajo que se consideran son:

Martillo neumático.

Electroesmeriladora (radial)

Tronzadora de metal

Tronzadora de cerámica

Sierra de cinta

Amasadora

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Herramientas:

Comprende todas las herramientas necesarias para la ejecución de la obra. Los equipos de trabajo que se consideran son:

Eléctricas portátiles

Hidráulicas portátiles

De corte y soldadura de metales

Herramientas de mano

2.8. Implantaciones de salubridad y confort

La contrata principal, así como las empresas subcontratadas vinculadas contractualmente con ella, asume en primera instancia la dotación y mantenimiento de la implantación para albergar, en condiciones de salubridad y confort equivalentes, a la totalidad del personal que participe en esta obra.

El cargo de amortización, alquileres y limpieza, derivados de la dotación y equipamiento de estas instalaciones provisionales del personal en obra, se prorrateará por parte de la empresa constructora en función de las necesidades de utilización tanto del personal propio como del subcontratado en condiciones de una utilización no discriminatoria, funcional y digna.

El cálculo estimativo de las condiciones de utilización de este tipo de implantación provisional de obra será el siguiente:

Comedores colectivos:

Se dotará cuando más de 10 trabajadores tomen su comida en la obra. Superficie aconsejable: 1,20 m por persona.

Ventilación suficiente en verano y calefacción efectiva en invierno. Limpieza diaria realizada por persona fija.

Bancos corridos y mesas de superficie fácil de limpiar (hule, tablero fenólico o laminado). Dimensiones previstas: 0,65 m lineal por persona.

Dotación de agua: Un grifo y fregadero por cada 10 usuarios del refectorio y un botijo por cada 5 productores.

Plancha, hornillo o parrilla a gas, electricidad o de combustión de madera para calentar la comida, a razón de un punto de calor para cada 12 operarios.

Recipiente hermético de 60 l de capacidad y escoba con recogedor para facilitar el acopio y retirada de desperdicios, por cada 20 productores.

Retretes:

Estarán separados por sexos

Situados en lugar aislado de los comedores y vestuarios. Limpieza diaria realizada por persona fija.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Ventilación continua.

Una placa turca o inodoro de taza alta cada 25 hombres o fracción. Un inodoro de taza alta cada 15 mujeres o fracción.

Espacio mínimo por cabina de evacuación: 1,5 m x 2,3 m con puertas de ventilación inferior y superior.

Equipamiento mínimo por cabina: papel higiénico, descarga automática de agua y conexión a la red de saneamiento o fosa séptica. Disponer de productos para garantizar la higiene y limpieza.

Vestuarios:

Separados por sexos.

Superficie aconsejable: 1,25 m2 por persona. Limpieza diaria realizada por persona fija.

Ventilación suficiente en verano y calefacción efectiva en invierno.

Útiles de limpieza: Serrín, escobas, recogedor, cubo de basura con tapa hermética, fregona y ambientador.

Suelo liso y aislado térmicamente.

Una taquilla guardarropa dotada de cierre individual mediante clave o llave y doble compartimento (separación del vestuario de trabajo y el de calle) y dos perchas por cada trabajador contratado o subcontratado directamente por la empresa constructora

Bancos corridos o sillas.

Una ducha por cada 10 trabajadores o fracción.

Pileta corrida para el aseo personal: Un grifo por cada 10 usuarios. Jaboneras, portarrollos, toalleros, según el número de duchas y grifos. Un espejo de 40 x 50 cm mínimo, por cada 25 trabajadores o fracción. Rollos de papel, toalla o secadores automáticos.

Instalaciones de agua caliente y fría.

“En caso de obras o instalaciones en el interior de locales o de adecuación de los mismo, se justificará para ese proyecto, el cumplimiento del R.D. 486/97 sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en lugares de Trabajo”.

2.9. Botiquín de primeros auxilios

Es obligatorio en todos los centros de trabajo.

<u>Equipamiento mínimo aconsejable del armario botiquín:</u>

Desinfectantes y antisépticos autorizados

Gasas estériles. Algodón hidrófilo.

Venda.

Esparadrapo. Apósitos adhesivos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

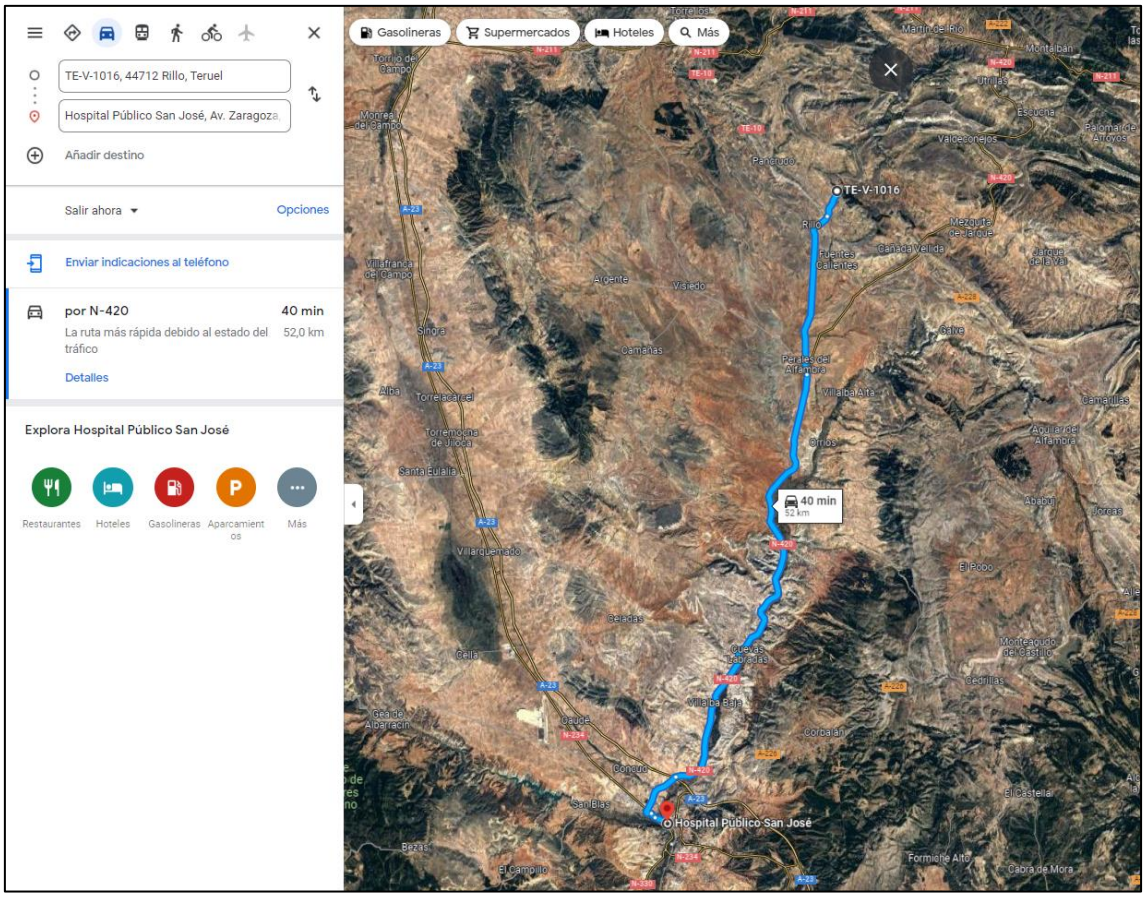
Tijeras.

Pinzas.

Guantes desechables.

2.10. Atención en caso de accidente

En el caso de que ocurra un accidente en la ubicación en la que se desarrolle la obra, y el accidentado requiera ser transportado a un centro médico u hospital, los más cercanos a los lugares de la obra son los siguientes:



- Hospital Público San José: a 52 km de distancia

  Recorrido a Hospital Público San José, en Av. Zaragoza, 16, 44001 Teruel

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Centro de Salud Utrillas



Recorrido a Centro de Salud Utrillas, Av. Ramón y Cajal, 5, 44760, Utrillas, Teruel

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3. RIESGOS LABORALES EVITABLES MEDIDAS PREVENTIVAS

3.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que puedan ser evitados

El análisis con detenimiento de la obra nos permitirá conocer y evaluar los distintos riesgos laborables a que están expuestos los trabajadores, este análisis nos conducirá a poder adoptar en la obra un proceso de actuación preventiva, estableciendo las condiciones de seguridad óptimas que garanticen la integridad de los trabajadores no solo físicamente sino en el más amplio concepto de salud laboral.

Es por tanto premisa previa indispensable esta identificación de los riesgos laborales en las obras para afrontar con éxito los compromisos mediante los cuales la empresa constructora desarrollará desde el punto de vista preventivo cada una de las distintas actuaciones constructivas contempladas en el Estudio de Seguridad y Salud para esta obra.

Esta evaluación inicial de riesgos, que su vez viene contemplada en la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Profesionales, tendrá a efectos reales, el carácter de NORMA DE SEGURIDAD de obligado cumplimiento en el interior del recinto de la obra, por lo que viene a representar en la práctica un Plan Específico de Seguridad para cada actividad o fase constructiva que intervenga en el proceso de realización de este proyecto.

La evaluación e identificación de los riesgos laborales, establece, divulga e impone para esta obra, una serie de medidas preventivas y determina el comportamiento que se debe seguir o al que se deben ajustar las operaciones y la forma de actuación del trabajador y sus compañeros en cada uno de los tajos, comportamiento este extensivo a todas las empresas contratadas directa o indirectamente para esta obra por la empresa constructora principal.

La evaluación inicial de riesgos elaborada en el Estudio de Seguridad y Salud, es solamente un documento informativo y genérico de los riesgos a que están expuestos los trabajadores, el posterior Plan de Seguridad y Salud elaborado por la empresa constructora y adaptado a las posibilidades de la misma, tendrá el carácter de verdadera Evaluación Inicial de Riesgos laborales que hace mención la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

3.1.1. Identificación de los riesgos laborales de carácter genérico más frecuentes y medidas preventivas a adoptar

<u>Identificación de los riesgos</u>

Caída de operarios a mismo nivel. (Tránsito por la obra)

Caída de operarios a distinto nivel (Andamios, escaleras de mano, huecos, etc.)

Caída de objetos sobre operarios en manipulación de los mismos.

Caída de objetos sobre operarios (Trabajos a distintos niveles.)

Choques o golpes contra objetos móviles

Choques o golpes contra objetos inmóviles.

Atrapamientos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Aplastamientos

Contactos eléctricos directos e indirectos.

Proyección de partículas a ojos.

Cortes en manos y pies por objetos o herramientas.

Pisadas sobre objetos cortantes o punzantes Atropello de vehículos.

Medidas preventivas a adoptar

Las medidas preventivas a adoptar con carácter general en una obra están encaminadas a ofrecer una protección colectiva y eliminar los riesgos detectados, por tanto, con carácter general, en la obra se adoptarán las medidas preventivas señaladas en el Anexo 1 adjunto y que le sean de aplicación.

3.1.2. Relación de las fases de obra e identificación de los riesgos laborales particulares a cada una de ellas y medidas preventivas

Esta obra la estudiaremos dividida en las siguientes fases de obra, que serán objeto de estudio detallado en anejos independientes:

Demolición mecánica

Desbroce mecánico

Desbroce manual

Demolición especial

Demolición manual

Excavación manual

Excavación mecánica

Excavación a cielo abierto

Hormigonado con bomba

Hormigonado directo

Muros pantalla

Taludes

Hormigonado de cimientos con cubilote

Encofrado de pilares

Encofrado de forjados y losas

Ferrallado de muros y pantallas

Ferrallado de soportes y pilares

Forjados de viguetas y bovedillas

Consolidación de terrenos

Entibaciones

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Estructura metálica

Estructura de hormigón armado, cubilote

Estructura de hormigón armado, bomba

Albañilería

Carpintería metálica

Montaje de líneas eléctricas en alta tensión

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

4. RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN SER EVITADOS – MEDIDAS PREVENTIVAS. PROTECCIONES Y EFICACIA DE LAS MISMAS

4.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que no pueden ser evitados

Existe la máxima de seguridad que dice "Se ha de proteger la obra de forma que el trabajador este protegido, hasta el punto de que, aunque quiera accidentarse, no pueda".

Esta norma es claramente una quimera, pues en la práctica, por muy bien protegida que tengamos la obra y por muy bien estudiado y puesta en marcha que este el Plan de Seguridad de una obra, siempre habrá una multitud de causas que pueden originar un accidente. Bien conocido por todos es la gran movilidad que existe en una obra, llegado el caso de decirse que una obra es un ser vivo, que crece día a día y que está en continua evolución.

Es por esto por lo que intentar llegar a la protección integral total es prácticamente imposible. Por ello se ha de prever una serie de riesgos de carácter inevitables, los cuales hemos de intentar minimizar fundamentalmente con equipos de protección personal, prendas estas que por sí solas son claramente insuficientes pero que junto a los sistemas de protección colectiva hacen y logran una protección integral, mejorable con la propia evolución de la obra, pero que pueden ser considerado como el único realmente viable y constatable.

Entre estos riesgos inevitables, cabe destacar:

Lumbalgias por sobreesfuerzos

Contaminaciones acústicas

Lesiones por exposición a vibraciones.

Contactos eléctricos.

Vuelcos de maquinaria o vehículos.

Cuerpos extraños en ojos.

Contactos con sustancias corrosivas.

Caída de materiales en proceso de manipulación.

Caída de materiales por desplome.

Golpes o cortes con herramientas y/o materiales.

Pisadas sobre objetos punzantes.

Inhalación de sustancias tóxicas.

Caída de operarios a mismo nivel.

Caída de operarios a distinto nivel, por/en/desde:

Zanjas

Escaleras fijas o móviles.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Huecos de forjado.

Andamios. Etc.

4.2. Medidas preventivas que palien los riesgos inevitables

Las medidas preventivas que palien los efectos de los riesgos inevitables son tan diversas como fases de obra estemos ejecutando, así hemos de tener en cuenta:

Talud natural del terreno

Entibaciones

Limpieza

Apuntalamientos

Redes

Mallazos

Pasos o pasarelas

Iluminación adecuada

Carcasas o resguardos de máquinas

Protección de escaleras

Sistemas de evacuación de escombros

Limpieza de zona de trabajo

Plataformas de descarga de materiales

Caminos de circulación

Andamios de seguridad

Barandillas

Etc.

También se ha de tener en cuenta que, aunque todos estos sistemas de seguridad estén correctamente ejecutados, hemos de prever el fallo y por tanto se ha de tener en cuenta la protección individual con el único fin de minimizar las consecuencias que puede originar un accidente de trabajo.

Por ello se ha de dotar a los trabajadores de las prendas de protección o equipos de protección individual que sean imprescindibles y que ello no sea en detrimento de la protección colectiva, única arma eficaz de combatir con cierto rigor técnico y eficaz la lacra de los accidentes en las obras de construcción, entre estas prendas tenemos:

Casco de seguridad

Botas o calzado de seguridad

Gafas de seguridad

Mascarilla de filtro mecánico

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

Mascarillas de filtros químicos

Guantes de lona y piel

Protectores auditivos

Cinturón de seguridad

Cinturón antivibratorio

Ropa de trabajo

Traje de agua

Pantallas de soldador

Herramientas aislantes

Etc.

4.3. Eficacia de las medidas preventivas

La eficacia de las medidas preventivas de los riesgos inevitables, no se puede evaluar de forma independientemente de las de los riesgos evitables, ya que partiremos de la base de que todos los riesgos han de ser evitados, por lo que evaluaremos la eficacia de las medidas adoptadas cuando o bien no se produzcan accidentes, en cuyo caso presumiremos que las mismas han sido eficaces, o por el contrario en la fatal consecución de un accidente, en la que una vez analizado el mismo adoptaremos las medidas pertinentes para que no pueda originarse nuevamente.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5. PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS Y OBJETOS

5.1. Redes de seguridad

Paños de dimensiones ajustadas al hueco a proteger, de poliamida de alta tenacidad, con luz de malla 7,5 x 7,5 cm, diámetro de hilo 4 mm y cuerda de recercado perimetral de 12 mm de diámetro, de conformidad a norma UNE 81- 650 - 80.

Pescantes de sustentación de redes en fachadas

Horcas metálicas comerciales, homologadas o certificadas por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, constituidas por un mástil vertical (de 8 m de longitud generalmente) coronado por un brazo acartelado (de 2 m de voladizo generalmente), confeccionado con tubo rectangular en chapa de acero de 3mm de espesor y 5 x 10 cm de sección, protegido anticorrosión y pintado por inmersión.

El conjunto del sistema queda constituido por paños de red de seguridad según norma UNE 81-650-80, colocadas con su lado menor (7 m) emplazado verticalmente, cubriendo la previsible parábola de caída de personas u objetos desde el forjado superior de trabajo y cuerdas de izado y ligazón entre paños también de poliamida de alta tenacidad de 10 mm de diámetro, enanos de anclaje y embolsamiento inferior del paño confeccionados con "caliqueños" de redondo corrugado de 8 mm de diámetro, embebidos en el canto del forjado y distanciados 50 cm entre sí; cajetines sobre el forjado u omegas de redondo corrugado de 12 mm de diámetro, situadas en voladizo y en el canto del forjado para el paso y bloqueo del mástil del pescante, sólidamente afianzados todos sus elementos entre sí, capaz de resistir todo el conjunto la retención puntual de un objeto de 100 kg. de peso, desprendido desde una altura de 6 m por encima de la zona de embolsamiento, a una velocidad de 2 m/seg.

Montaje

Deberá instalarse este sistema de red cuando se tengan realizados la solera de planta baja y un forjado.

Una vez colocada la horca, se instalará un pasador en el extremo inferior para evitar que el brazo pueda girar en sentido horizontal.

Ciclo normal de utilización y desmontaje

Los movimientos posteriores de elevación de la red a las distintas plantas de la obra, se ejecutarán siguiendo los movimientos realizados en la primera. El desmontaje se efectúa siguiendo el ciclo inverso al montaje. Tanto en el primer caso como en el segundo, los operarios deberán estar protegidos contra las caídas de altura mediante protecciones colectivas, cuando por el proceso de montaje y desmontaje las redes pierdan la función de protección colectiva.

NOTA: El sistema tradicional de protección de mástiles y redes puede ser sustituido, si así se ha previsto en el Proyecto, por pasarelas perimetrales en voladizo, tipo consola o ménsulas de soporte para redes horizontales. En cualquiera de los sistemas de protección colectiva contra caídas de altura que se adopte será preceptiva la homologación o certificación de idoneidad expedido por el fabricante.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.2. Condena de huecos horizontales con mallazo

Confeccionada con mallazo electrosoldado de redondo de diámetro mínimo 3 mm y tamaño máximo de retícula de 100 x 100 mm, embebido perimetralmente en el zuncho de hormigón, capaz de garantizar una resistencia > 1.500 N/m2 (150 Kg/m2).

5.3. Marquesinas rígidas

Apantallamiento en previsión de caídas de objetos, compuesto de una estructura de soporte generalmente metálica en forma de ménsula o pies derechos, cuajada horizontalmente de tablones durmientes de reparto y tableros, capaces de retener, sin colapsarse, un objeto de 100 Kg de peso, desprendido desde una altura de 20 m, a una velocidad inicial de 2 m/s.

5.4. Plataforma de carga y descarga

La carga y descarga de materiales se realizará mediante el empleo de plataformas metálicas en voladizo.

Estas plataformas deberán reunir las características siguientes:

Muelle de descarga industrial de estructura metálica, emplazable en voladizo, sobresaliendo de los huecos verticales de fachada, de unos 2,5 m2 de superficie.

Dotado de barandilla de seguridad de 1 m de altura en sus dos laterales y cadena de acceso y tope de retención de medios auxiliares desplazables mediante ruedas en la parte frontal.

El piso de chapa industrial lagrimeada de 3mm de espesor, estará emplazada al mismo nivel del forjado de trabajo sin rampas ni escalones de discontinuidad.

Podrá disponer opcionalmente de trampilla practicable para permitir el paso del cable de la grúa torre si se opta por colocar todas las plataformas bajo el mismo vertical.

El conjunto deberá ser capaz de soportar descargas de 2.000 Kg/m2 y deberán tener como mínimo un certificado de idoneidad, resistencia portante y estabilidad, garantizado por el fabricante, si se siguen sus instrucciones de montaje y utilización.

5.5. Barandillas de protección

Antepechos provisionales de cerramiento de huecos verticales y perímetro de plataformas de trabajo, susceptibles de permitir la caída de personas u objetos desde una altura superior a 2 m, constituidos por balaustre, rodapié de 20 cm de altura, travesaño intermedio y pasamanos superior, de 1 m de altura, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, capaces de resistir en su conjunto un empuje frontal suficiente.

5.6. Andamios apoyados en el suelo, de estructura tubular

Previamente a su montaje se habrán de examinar en obra que todos sus elementos no tengan defectos apreciables a simple vista, calculando con un coeficiente de seguridad igual o superior a 4 veces la carga máxima prevista de utilización.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Las operaciones de montaje, utilización y desmontaje, estarán dirigidas por persona competente para desempeñar esta tarea, y estará autorizado para ello por el responsable Técnico del Contratista Principal a pie de obra o persona delegada por la Dirección Facultativa de la obra.

En el andamio de sujeción por pernos no se deberá aplicar a los mismos un par de apriete superior al fijado por el fabricante, a fin de no sobrepasar el límite elástico del acero restando rigidez al nudo.

Se comprobará especialmente que los módulos de base queden perfectamente nivelados, tanto en sentido transversal como longitudinal. El apoyo de las bases de los montantes se realizará sobre durmientes de tablones, carriles (perfiles en "U") u otro procedimiento que reparta uniformemente la carga del andamio sobre el suelo.

Durante el montaje se comprobará que todos los elementos verticales y horizontales del andamio estén unidos entre sí y arriostrados con las diagonales correspondientes.

Se comprobará durante el montaje la verticalidad de los montantes. La longitud máxima de los montantes para soportar cargas comprendidas entre 125 Kg/m2, no será superior a 2.00 m.

Para soportar cargas inferiores a 125 kg/m2, la longitud máxima de los montantes será de 2,30 m.

Se comprobará durante el montaje la horizontalidad entre largueros. La distancia vertical máxima entre largueros consecutivos no será superior a 2 m.

Los montantes y largueros estarán grapados sólidamente a la estructura, tanto horizontal como verticalmente, cada 3 m como mínimo. únicamente pueden instalarse aisladamente los andamios de estructura tubular cuando la plataforma de trabajo esté a una altura no superior a cuatro veces el lado más pequeño de su base.

En el andamio de pórticos, se respetará escrupulosamente las zonas destinadas a albergar las zancas interiores de escaleras, así como las trampillas de acceso al interior de las plataformas. En el caso de tratarse de algún modelo antiguo, carente de escaleras interiores, se dispondrá lateralmente y adosada, una torre de escaleras completamente equipada, o en último extremo una escalera "de gato" adosada al montante del andamio, equipada con aros salvacaídas o sirga de amarre tensada verticalmente para anclaje del dispositivo de deslizamiento y retención del cinturón anticaídas de los operarios.

Las plataformas de trabajo serán las normalizadas por el fabricante para sus andamios y no se depositarán cargas sobre los mismos salvo en las necesidades de uso inmediato y con las siguientes limitaciones:

Quedará un pasaje mínimo de 0,60 m libre de todo obstáculo (anchura mínima de la plataforma con carga 0,80 m). El peso sobre la plataforma de los materiales, máquina, herramientas y personas, será inferior a la carga de trabajo prevista por el fabricante.

Reparto uniforme de cargas, sin provocar desequilibrios.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La barandilla perimetral dispondrá de todas las características reglamentarias de seguridad enunciadas anteriormente.

El piso de la plataforma de trabajo sobre los andamios tubulares de pórtico, será la normalizada por el fabricante. En aquellos casos que excepcionalmente se tengan que realizar la plataforma con madera, esta será escuadrada con tablones sanos, sin nudos y sin pintar y ofrecerá una resistencia suficiente para el objeto a que se destina.

Bajo las plataformas de trabajo se señalizará o balizará adecuadamente la zona prevista de caída de materiales u objetos.

Se inspeccionará semanalmente el conjunto de los elementos que componen el andamio, así como después de un período de mal tiempo, heladas o interrupción importante de los trabajos.

No se permitirá trabajar en los andamios sobre ruedas, sin la previa inmovilización de las mismas, ni desplazarlos con persona alguna o material sobre la plataforma de trabajo.

El espacio horizontal entre un paramento vertical y la plataforma de trabajo, no podrá ser superior a 0,30 m, distancia que se asegurará mediante el anclaje adecuado de la plataforma de trabajo al paramento vertical.

Excepcionalmente la barandilla interior del lado del paramento vertical podrá tener en este caso 0,60 m de altura como mínimo.

Las pasarelas o rampas de intercomunicación entre plataformas de trabajo tendrán las características enunciadas más adelante.

5.7. Andamio de Borriquetas

Previamente a su montaje se habrá de examinar en obra que todos los elementos de los andamios no tengan defectos apreciables a simple vista, y después de su montaje se comprobará que su coeficiente de seguridad sea igual o superior a 4 veces la carga máxima prevista de utilización.

Las operaciones de montaje, utilización y desmontaje estarán dirigidas por persona competente para desempeñar esta tarea, y estará autorizado para ello por el responsable técnico de la ejecución material de la obra o persona delegada por la Dirección Facultativa de la obra.

No se permitirá, bajo ningún concepto, la instalación de este tipo de andamios, de forma que queden superpuestos en doble hilera o sobre andamio tubular con ruedas.

Se asentarán sobre bases firmes niveladas y arriostradas, en previsión de empujes laterales, y su altura no rebasara sin arriostrar los 3 m, y entre 3 y 6 m se emplearán borriquetas armadas de bastidores móviles arriostrados.

Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo, así como los accesos, pasos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m de altura, estarán protegidas con barandillas de 1 m de altura, equipadas con listones intermedios y rodapiés de 20 cm de altura, capaces de resistir en su conjunto un empuje frontal de suficiente resistencia.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

5.8. Andamios colgados móviles

NOTA: Su empleo debe ser restringido al máximo.

Los sistemas de sujeción, soportes, cables, mecanismos de elevación y plataformas de trabajo, deben estar avalados por algún organismo de certificación nacional o extranjero de solvencia técnica contrastada.

Se seguirán las instrucciones de montaje conforme a las especificaciones del fabricante, quedando prohibido intercambiar elementos entre sistemas y efectuar lastrados con materiales fungibles o inestables.

Los pescantes no deben contrapesarse de no ser homologados por el fabricante e instalados conforme a sus instrucciones de montaje. Por regla general, se anclarán al forjado mediante pernos roscados y piezas metálicas (en los forjados unidireccionales deberán abarcar tres viguetas), o bien redondos embutidos en el forjado que abracen la cola del pescante, provistos de tetones soldados para impedir el deslizamiento del cable portante.

Es básico en este tipo de andamiaje el que se efectúen revisiones antes de su empleo, principalmente en lo que se refiere a los cables de sustentación de la plataforma y el mecanismo de elevación de la misma.

El aparejo deberá disponer de los siguientes sistemas de seguridad:

- Trinquete de retención que actúa sobre el mecanismo interior, impidiendo su descenso.
- Trinquete que evita a la manivela girar en el sentido de descenso, a no ser que se accione intencionadamente el embrague.
- Freno de expansión accionado por el propio peso del andamio.
- Dispositivo de guías interiores para los cables, impidiendo que éstos se traben.

Se rechazarán todos los cables en los que se encuentren más del 10 % de hilos rotos, asimismo éstos estarán siempre libres de nudos, torceduras, "jaulas" u otros defectos.

Se deberá efectuar periódicamente (máximo 1 año) el desmontaje para la limpieza y cambio de piezas si fuera necesario, del mecanismo de elevación.

Se someterán siempre a una prueba a plena carga uniformemente repartida del doble a la que se prevea vaya a soportar, durante 24 horas a 1 m del suelo, manteniendo horizontalmente la andamiada. Para trabajos habituales comúnmente utilizados, ésta carga viene a ser de 500 kg.

Si los módulos de andamio se unen entre sí, la máxima longitud horizontal de la andamiada no superará en ningún caso 8 m, Es decir, si los módulos son de 2,65 m de longitud, no sobrepasarán las tres unidades.

En todo caso, la unión de andamios se efectuará mediante dispositivos de seguridad o trinquetes dispuestos en los puntos de articulación que rigidicen la andamiada en caso de rotura de cables o aparejos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Al montar la andamiada se dispondrán en los extremos liras extremas, y en los intermedios liras intermedias, que permitan el paso de los operarios.

Efectuar la operación de ascenso y descenso con tantos operarios como mecanismos de elevación existan para que, de esta forma, la plataforma ascienda o descienda asegurando en todo momento su horizontalidad.

La plataforma deberá permanecer horizontal durante los trabajos.

No sobrecargar las plataformas de trabajo con materiales u otros elementos.

Se controlará el buen estado de la superficie de tránsito de la plataforma, no debiéndose pintar si ésta es de madera salvo con barnices transparentes, para evitar que queden ocultos posibles defectos.

En andamios colgados aislados, así como en los módulos de esquina y retranqueo, se añadirán verticales y paralelos a los cables de suspensión, otros segundos cables que quedarán en su parte superior amarrados sólidamente a la estructura, pero en lugar diferente a los pescantes de los cables de suspensión, equipados con dispositivos tipo "seguricable" fijado al andamio con independencia del aparejo de elevación y descenso. Este sistema es el único que garantiza la estabilidad de la plataforma en caso de fallo o rotura de los elementos de sustentación.

Los operarios que trabajen sobre estos andamios deben utilizar cinturón de seguridad anticaídas (dotados de arnés tipo paracaidista), que sujetarán a puntos fijos de la estructura o a sirga de seguridad dotada de nudo de seguridad deslizante y autoestrangulable al entrar en carga, o dispositivo de deslizamiento y anclaje anticaídas, suspendida y amarrada a un punto fijo de la estructura del edificio, situado por encima de la plataforma de trabajo. Esta medida de seguridad, aconsejable para todo trabajo en altura sobre plataformas móviles, será rigurosamente obligatoria en tajos sobre andamios colgantes aislados y módulos esquineros que carezcan del segundo cable de seguridad y dispositivo "seguricable" perfectamente instalado.

5.9. Cargas

No se depositarán cargas sobre las plataformas de los andamios de borriquetas, salvo en las necesidades de uso inmediato y con las siguientes limitaciones:

Debe quedar un paso mínimo de 0,40 m libre de todo obstáculo.

El peso sobre la plataforma no superará a la prevista por el fabricante, y deberá repartirse uniformemente para no provocar desequilibrio.

La barandilla perimetral estará equipada con rodapiés de 0,20 m de altura.

Tanto en su montaje como durante su utilización normal, estarán alejadas más de 5 m de la línea de alta tensión más próxima, o 3 m en baja tensión.

Características de las tablas o tablones que constituyen las plataformas:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Madera de buena calidad, sin grietas ni nudos: Será de elección preferente el abeto sobre el pino.
- Escuadra de espesor uniforme y no inferior a 2,4 x 15 cm.
- No pueden montar entre sí formando escalones.
- No pueden volar más de cuatro veces su propio espesor, máximo 0,20 cm.
- Estarán sujetos por lías a las borriquetas.

Estará prohibido el uso de esta clase de andamios cuando la superficie de trabajo se encuentre a más de 6 m de altura del punto de apoyo en el suelo de la borriqueta.

A partir de 2 m de altura habrá que instalar barandilla perimetral completa o, en su defecto, será obligatorio el empleo de cinturón de seguridad de sujeción, para el que obligatoriamente se habrán previsto puntos fijos de enganche, preferentemente sirgas de cable de acero tensas.

5.10. Plataformas de trabajo

Durante la realización de los trabajos, las plataformas de madera tradicionales deberán reunir las siguientes características:

- Anchura mínima 60 cm (tres tablones de 20 cm de ancho).
- La madera deberá ser de buena calidad sin grietas ni nudos. Será elección preferente el abeto sobre el pino.
- Escuadría de espesor uniforme sin alabeos y no inferior a 7 cm de canto (5 cm si se trata de abeto).
- Longitud máxima entre apoyos de tablones 2,50 m.
- Los elementos de madera no pueden montar entre si formando escalones ni sobresalir en forma de llatas, de la superficie lisa de paso sobre las plataformas.
- No puede volar más de cuatro veces su propio espesor (máximo 20 cm), únicamente rebasarán esta distancia cuando tenga que volar 0.60 m, como mínimo de la arista vertical en los ángulos formados por paramentos verticales de la obra.
- Estarán sujetos por lías o sargentos a la estructura portante.

Las zonas perimetrales de las plataformas de trabajo, así como los accesos, pasos y pasarelas a las mismas, susceptibles de permitir caídas de personas u objetos desde más de 2 m de altura, estarán protegidas con barandillas de 1 m de altura, equipada con listones intermedios y rodapiés de 20 cm de altura, capaces de resistir en su conjunto un empuje frontal de 150 kg/ml.

5.11. Altura mínima a partir del nivel del suelo

La distancia entre el pavimento y plataforma será tal, que evite la caída de los operarios. En el caso de que no se pueda cubrir el espacio entre la plataforma y el pavimento, se habrá de cubrir el nivel inferior, sin que en ningún caso supere una altura de 2.00 m.

Para acceder a las plataformas, se instalarán medios seguros. Las escaleras de mano que comuniquen los diferentes pisos del andamio habrán de salvar cada una la altura de dos pisos seguidos. La distancia que han de salvar no sobrepasará 2.00 m.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.12. Pasarelas

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre huecos, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Serán preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto, realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 m, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

- Su anchura útil mínima será de 0,80 m.
- Dispondrá de barandillas completas a alturas de acceso con diferencias de nivel superiores a 2 m
- Inclinación máxima admisible: 25 %.
- La nivelación transversal debe estar garantizada.
- Su superficie debe ser lisa y antideslizante.

5.13. Protecciones y resguardos en máquinas

Toda la maquinaria utilizada durante la fase de obra objeto de este procedimiento, dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones, que impidan el acceso.

5.14. Escaleras portátiles

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera, en función a la tarea a que esté destinado.

Las escaleras de mano deberán de reunir las necesarias garantías de solidez, estabilidad y seguridad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas. Como mínimo deberán reunir las siguientes condiciones:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Largueros de una sola pieza.
- Peldaños bien ensamblados, no clavados.
- En las de madera el elemento protector será transparente.
- Las bases de los montantes estarán provistas de zapatas, puntas de hierro, grapas u otro mecanismo antideslizante. Y de ganchos de sujeción en la parte superior.
- Espacio igual entre peldaños y distanciados entre 25 y 35 cm Su anchura mínima será de 50 cm
- En las metálicas los peldaños estarán bien embrochados o soldados a los montantes.
- Las escaleras de mano nunca se apoyarán sobre materiales sueltos, sino sobre superficies planas y resistentes.
- Se apoyarán sobre los montantes.
- El ascenso y descenso se efectuará siempre frente a las mismas.
- Si la escalera no puede amarrarse a la estructura, se precisará un operario auxiliar en su base.

En las inmediaciones de líneas eléctricas se mantendrán las distancias de seguridad. Alta tensión: 5 m. Baja tensión: 3 m.

Las escaleras de tijeras estarán provistas de cadenas o cables que impidan su abertura al ser utilizadas, así como topes en su extremo superior.

5.15. Escaleras de mano de un solo cuerpo

No deberán salvar más de 5 m de altura, a no ser que estén reforzadas, siempre se acuerdo con las condiciones y limitaciones establecidas por el fabricante.

La inclinación de la escalera apoyada deberá estar en torno a los 75 grados.

La parte superior de los montantes debe sobrepasar en un metro su punto superior de apoyo. Escaleras de mano telescópicas:

- Dispondrán como máximo de dos tramos de prolongación, además del de base, cuya longitud máxima total del conjunto no superará los 12 m.
- Estarán equipadas con dispositivos de enclavamiento y correderas que permitan fijar la longitud de la escalera en cualquier posición, de forma que coincidan siempre los peldaños sin formar dobles escalones.
- La anchura de su base no podrá ser nunca inferior a 75 cm, siendo aconsejable el empleo de estabilizadores laterales que amplíen esta distancia.

5.16. Cuerda de retenida

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente la trayectoria de los equipos, en su aproximación a la zona de colocación o acopio, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 mm de diámetro, como mínimo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.17. Aparatos elevadores (Grúas torre)

Básicamente deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos de reglaje durante su utilización:

- Traslación.
- Momento de vuelco.
- Carga máxima.
- Final de recorrido de gancho de elevación.
- Final de recorrido de carro.
- Final de recorrido de orientación.
- Anemómetro.
- Seguridad eléctrica de sobrecarga.
- Puenteado para paso de simple a doble reenvío.
- Seguridades físicas para casos especiales.
- Seguridades físicas de los medios auxiliares accesorios para el transporte y elevación de cargas.

Seguridad de traslación

Se coloca en la parte inferior de la grúa torre, adosada a la base y consiste normalmente en un microrruptor tipo "lira" o similar que, al ser accionado por un resbalón colocado en ambos extremos de la vía, detiene la traslación de la grúa en el sentido deseado y permite que se traslade en sentido opuesto. Los resbalones se colocan como mínimo 1 m antes de los topes de la vía y éstos un metro antes del final del carril, de esta forma queda asegurada eléctrica y mecánicamente la parada correcta de la traslación de la grúa.

Seguridad de momento de vuelco

Es la medida preventiva más importante de la grúa, dado que impide el trabajar con cargas y distancias que pongan en peligro la estabilidad de la grúa.

En las grúas torre normales, la seguridad de momento consiste en una barra situada en alguna zona de la grúa que trabaje a tracción (p.e. atado de tirante) y que dicha tracción sea proporcional al momento de vuelco de la carga. En las grúas autodesplegables, este dispositivo de seguridad va colocado en el tirante posterior. En ambos casos, se gradúa la seguridad de tal forma que no corte con la carga nominal en punta de flecha e impide los movimientos de "elevación y carro adelante", al sobrecargar por encima de la carga nominal en punta de flecha.

En grúas de gran tamaño, puede ser interesante el disponer de dos sistemas de seguridad antivuelco, graduados para carga en punta y en pie de flecha, por variación de sensibilidad. A su vez, el sistema de seguridad puede ser de una etapa (o corte directo) o de tres etapas con aviso previo (bocina, luz y corte).

Seguridad de carga máxima

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cabrestante de elevación, es decir, por la carga nominal del pié de flecha.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Normalmente van montadas en pié de flecha o contraflecha y están formadas por arandelas tipo "Schnrr", accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la ELEVACION de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia ADELANTE. Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10%.

Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descensor del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De esta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

Seguridad de final de recorrido de carro

Impide que el carro se traslade más adelante o más atrás que los puntos deseados en ambos extremos de la flecha. Su actuación se realiza mediante un reductor que acciona dos levas excéntricas que actúan sobre dos microrruptores, que cortan el movimiento ADELANTE en punta de flecha y ATRAS en pie de flecha.

Como complemento, y más hacia los extremos, se encuentran los topes elásticos del carro que impiden que éste se salga de las guías, aunque fallen los dispositivos de seguridad.

Seguridad de final de recorrido de orientación

Este sistema de seguridad es de sumo interés cuando se hace preciso regular el campo de trabajo de la grúa en su zona de orientación de barrido horizontal (p.e. en presencia de obstáculos tales como edificios u otras grúas).

Normalmente consiste en una rueda dentada accionada por la corona y que, a través de un reductor, acciona unas levas que actúan sobre los correspondientes microrruptores.

Funciona siempre con un equipo limitador de orientación, que impide que la grúa de siempre vueltas en el mismo sentido. El campo de reglaje es de 1/4 de vuelta a 4 vueltas y permite que la "columna montante" del cable eléctrico no se deteriore por torsión.

En las grúas con cabestraste en mástil o "parte fija" ayuda a la buena conservación del cable de elevación.

Anemómetro

Sirve para avisar y detener la grúa cuando la velocidad del viento sobrepasa determinados valores. Se taran normalmente para avisar (bocina) entre 40/50 Km/h y para parar la grúa entre 50/60 Km/h.

Consiste en un anemómetro provisto de 2 microrruptores colocados de forma que su accionamiento se efectúe a las velocidades previstas.

Debe colocarse en los lugares de la grúa más expuestos a la acción del viento (p.e. en punta de torreta).

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Seguridades eléctricas de sobrecarga

Sirven para proteger los motores de elevación de varias velocidades, impidiendo que se puedan elevar las cargas pesadas a velocidades no previstas. Para ello, existe un contactor auxiliar que sólo permite pasar por ejemplo de 2ª a 3ª velocidad, cuando la carga en 2ª da un valor en Amperios menor al predeterminado. Este sistema de seguridad suele ser independiente de los relés térmicos.

Normas de carácter general

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.

En las fases de transporte y colocación de las armaduras, en ningún momento los operarios estarán debajo de la carga suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas o ganchos con pestillo de seguridad.

El gruista, antes de iniciar los trabajos, comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los limitadores de giro, si los tuviera.

Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra.

Se seguirán las siguientes normas de seguridad:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se realizarán tiros sesgados.
- No deben ser accionados manualmente los contactores e inversores del armario eléctrico de la grúa. En caso de avería deberá ser subsanado por personal especializado.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.
- Nunca se dará más de una vuelta a la orientación en el mismo sentido, para evitar el retorcimiento del cable de elevación.
- Cuando existan zonas del centro de trabajo que no queden dentro del campo de visión del gruista, será asistido por uno o varios trabajadores que darán las señales adecuadas para la correcta carga, desplazamiento y parada.
- Al terminar el trabajo se dejará desconectada la grúa y se pondrá la pluma en veleta. Si la grúa es sobre raíles se sujetará mediante las correspondientes mordazas.
- Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.

5.18. Eslingas de cadena

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5% de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

5.19. Eslinga de cable

A la carga nominal máxima se le aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar; las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10 % de los hilos en un segmento superior a 8 veces el diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

5.20. Cable "de llamada"

Seguricable paralelo e independiente al principal de izado y sustentación de las cestas sobre las que tenga que trabajar el personal: Variables según los fabricantes y los dispositivos de afianzamiento y bloqueo utilizados.

5.21. Adecuación del tajo en el lugar de carga

Establecer un canal de entrada y salida de las unidades de acopio y evacuación de materiales en general Establecer un ritmo de trabajo que evite las acumulaciones.

Trabajar desde la cota superior hacia la inferior para aprovechar la fuerza de la gravedad.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5.22. Caída de objetos

Se evitará el paso de persona bajo las cargas suspendidas en todo caso se acotarán las áreas de trabajo.

Las parrillas de armaduras empleadas para la realización de muros pantalla se colgarán para su transporte por medio de vigas de reparto o eslingas de brazos múltiples para asegurar el izado sin tensiones, bien eslingadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

El izado de los materiales alargados, se realizará manteniendo la horizontalidad de los mismos.

Preferentemente el transporte de materiales se realizará sobre bateas para impedir el corrimiento de la carga.

5.23. Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza

Las aperturas de huecos horizontales, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo "seta" o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 m, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

En verano, proceder al regado previo de las zonas de paso y de trabajo que puedan originar polvareda durante el trasiego de armaduras.

Se establecerá una zona de aparcamiento de vehículos y máquinas, así como un lugar de almacenamiento y acopio de materiales inflamables y combustibles (gasolina, gasoil, aceites, grasas, etc.,) en lugar seguro fuera de la zona de influencia de los trabajos.

La distancia mínima entre las partes móviles más salientes de la maquinaria empleada para el preformado, acopios de armaduras y alcance de las mismas, y los obstáculos verticales más próximos, será de 70 cm en horizontal y 2,50 m en altura en los obstáculos horizontales para evitar alcances a personas.

5.24. Protección de personas contra contactos eléctricos

La instalación eléctrica estará ajustada al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión avalada por instalador homologado.

Cables adecuados a la carga que han de soportar, conexionados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindadas e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de 78 Ohmios. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Las tomas de corriente estarán provistas de neutro con enclavamiento y serán blindadas.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas a instalaciones de alumbrado estarán protegidos por fusibles blindados, interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Los cables eléctricos que presenten defectos de recubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión: 3,3 + tensión (en KV)/100.

Tajos en condiciones de humedad muy elevada: es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

5.25. Prevención de incendios, orden y limpieza

Junto a los acopios de materiales combustibles, en oficinas y almacenes, se dispondrá de unos extintores adecuados en número y capacidad al riesgo de incendio de la zona.

El grupo electrógeno tendrá en sus inmediaciones un extintor con agente seco o producto halogenado para combatir incendios. Como es obvio, no se debe utilizar jamás agua o espumas, para combatir conatos de incendio en grupos electrógenos o instalaciones eléctricas en general.

Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente junto a la zona de aparcamiento de maquinaria en general.

5.26. Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo

Establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo.

Estará terminantemente prohibido colocar focos para alumbrado reposando sobre las armaduras.

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, redes, mallazo o ménsula que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas en la zona de trabajo.

Se efectuarán apuntalamientos cuando los encofrados no tengan garantías de estabilidad durante la fase de colocación de armaduras. Se ejecutarán recalces cuando el comportamiento de la cimentación contigua o el terreno inestable contiguo a la zona de armado lo exija.

Siempre que existan interferencias entre los trabajos de conformación y montaje de armaduras y las zonas de circulación de peatones, máquinas o vehículos, se ordenarán

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

y controlarán mediante personal auxiliar debidamente adiestrado, que vigile y dirija sus movimientos.

5.27. Señalización de seguridad

El Real Decreto 485/97 de 14 de Abril, BOE de 23/4/97 establece un conjunto de preceptos sobre dimensiones, colores, símbolos, formas de señales y conjuntos que proporcionan una determinada información relativa a la seguridad.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Señales de prohibición

Forma:	Circulo
Color de seguridad:	Rojo
Color de contraste:	Blanco
Color de Símbolo:	Negro

Señales de indicación de peligro

Forma:	Triángulo equilátero
Color de seguridad:	Amarillo
Color de contraste:	Negro
Color de símbolo:	Negro

Señales de información de seguridad

Forma:	Rectangular
Color de seguridad:	Verde
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Señales de obligación

Forma:	Circulo
Color de seguridad:	Azul
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Señales de información

Forma:	Rectangular
Color de seguridad:	Azul
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Señalización y localización equipos contra incendios

Forma:	Rectangular

Color de seguridad:	Rojo
Color de contraste:	Blanco
Color de símbolo:	Blanco

Las dimensiones de las señales serán las siguientes:

La superficie de la señal, S (m2), ha de ser tal que S>L2/2000, siendo L la distancia máxima en (m) de observación prevista para una señal (formula aplicable para L<50 m).

En general se adoptarán los valores normalizados por UNE 175, serie A.

Las señales de seguridad pueden ser complementadas por letreros preventivos auxiliares que contienen un texto proporcionando información complementaria. Se utiliza conjuntamente con la señal normalizada de seguridad. Son de forma rectangular, con la misma dimensión máxima de la señal que acompañan, y colocadas debajo de ellas.

Este tipo de señales se encuentran en el mercado en diferentes soportes (plásticos, aluminio, etc.) y en distintas calidades y tipos de acabado (reflectante, fotoluminiscente, etc.).

5.28. Cinta de señalización y de delimitación de zona de trabajo

En caso de señalizar obstáculos, zonas de caída de objetos, se delimitará con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinándose 60º con la horizontal.

La intrusión en el tajo de personas ajenas a la actividad representa un riesgo que al no poderse eliminar se debe señalizar mediante cintas en color rojo o con bandas alternadas verticales en colores rojo y blanco que delimiten la zona de trabajo.

5.29. Señales óptico acústicas de vehículos de obra

Las máquinas autoportantes que ocasionalmente puedan intervenir en la evacuación de materiales de la excavación manual deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizador rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, mallas, lámparas destellantes, etc.).

5.30. Iluminación

Se atendrá a lo dispuesto por el R.D. 486/1.997 Zonas de paso: 50 lux

Zonas de trabajo: 200 lux

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad. Portátiles manuales de alumbrado eléctrico: 24 voltios.

Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

6.1. Ordenación de la acción preventiva

6.1.1. Criterios de selección de las medidas preventivas

Las acciones preventivas que se lleven a cabo en la obra estarán constituidas por el conjunto coordinado de medidas, cuya selección deberá dirigirse a:

- Identificar los riesgos laborales que puedan ser evitados, con indicación de las medidas preventivas. Evaluar los riesgos que no se pueden evitar, adoptando las medidas pertinentes.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la selección de los métodos de trabajo y de producción, con miras, en especial, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud (ergonomía).
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entraña poco o ningún peligro.
- Planificar la prevención buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual. Dar las debidas instrucciones a los trabajadores, formación e información.

En la selección de las medidas preventivas se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que las mismas pudieran implicar, debiendo adoptarse, solamente, cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existen alternativas razonables más seguras.

6.1.2. Planificación y organización

La planificación y organización de la acción preventiva deberá formar parte de la organización del trabajo, orientando esta actuación a la mejora de las condiciones de trabajo y disponiendo de los medios oportunos para llevar a cabo la propia acción preventiva.

La acción preventiva deberá integrarse en el conjunto de actividades que conllevan la planificación, organización y ejecución de la obra y en todos los niveles jerárquicos del personal adscrito a la obra, a la empresa constructora principal y a las subcontratas.

La empresa constructora deberá tomar en consideración las capacidades profesionales, en materia de Seguridad y Salud laboral, de los trabajadores en el momento de encomendarles tareas que impliquen riesgos graves.

6.1.3. Coordinación de actividades empresariales

Se adoptarán las medidas necesarias para que los trabajadores de las demás empresas subcontratadas reciban la información adecuada sobre los riesgos existentes en la obra y las correspondientes medidas de prevención.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Se comprobará que los subcontratistas o empresas con las que se contraten determinados trabajos reúnen las características y condiciones que les permitan dar cumplimiento a las prescripciones establecidas en este Pliego. A tal fin, entre las condiciones correspondientes que se estipulen en el contrato que haya de suscribirse entre ellas, deberá figurar referencia específica a las actuaciones que tendrán que llevarse a cabo para el cumplimiento de la normativa de aplicación sobre Seguridad y Salud laboral en el trabajo.

Se vigilará que los subcontratistas cumplan con la normativa de protección de la salud de los trabajadores en la ejecución de los trabajos que desarrollen.

Se vigilará que los trabajadores autónomos cumplan con la normativa de protección de la salud de los trabajadores en la ejecución de los trabajos que desarrollen.

6.2. Organigrama funcional

6.2.1. Servicios de prevención

En los términos y con las modalidades previstas en las disposiciones vigentes, dispondrán de servicios encargados de la asistencia técnica preventiva, en cuya actividad participarán los trabajadores conforme a los procedimientos establecidos. El conjunto de medios humanos y materiales constitutivos de dicho servicio será organizado por el contratista directamente.

Los servicios de prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en lo referente a:

Diseñar y aplicar los planes y programas de actuación preventiva.

Evaluar los factores de riesgo que puedan afectar a la salud e integridad física de los trabajadores. Determinar las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia. La asistencia para la correcta información y formación de los trabajadores.

Asegurar la prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.

Vigilar la salud de los trabajadores respecto de los riesgos derivados del trabajo.

El servicio de prevención tendrá carácter interdisciplinar, debiendo sus medios ser apropiados para cumplir sus funciones. Para ello, el personal de estos servicios, en cuanto a su formación, especialidad, capacitación, dedicación y número, así como los recursos técnicos, deberán ser suficientes y adecuados a las actividades preventivas a desarrollar en función del tamaño de la empresa, tipos de riesgo a los que puedan enfrentarse los trabajadores y distribución de riesgos en la obra, todo ello al amparo de dispuesto por el R.D. 39/97, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6.2.2. Los representantes de los trabajadores

Los representantes del personal que en materia de prevención de riesgos hayan de constituirse según las disposiciones vigentes, contarán con una especial formación y conocimiento sobre Seguridad y Salud laboral en el Trabajo, de acuerdo con el anexo IV del R.D. 39/97.

El contratista deberá proporcionar a los representantes de los trabajadores la formación complementaria, en materia preventiva, que sea necesaria para el ejercicio de "sus funciones, por sus propios medios o por entidades especializadas en la materia. Dicha formación se reitera con la periodicidad necesaria.

6.2.3. Comité de seguridad y salud

Se constituirá obligatoriamente un Comité de Seguridad y Salud cuando la obra cuente con más de 50 trabajadores. Estará compuesto por los representantes de los trabajadores y por el contratista o sus representantes, en igual número. Su organización, funciones, competencias y facultades serán las determinadas legalmente.

6.2.4. Coordinador de seguridad y salud laboral, técnicos y mandos intermedios

El contratista deberá nombrar, entre el personal técnico adscrito a la obra, al representante de seguridad que coordinará la ejecución del Estudio de Seguridad y Salud laboral y será su representante e interlocutor ante el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, en el supuesto de no ejercitar por sí mismo tales funciones de manera permanente y continuada.

Antes del inicio de la obra, el contratista habrá de dar conocimiento al Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de obra, de quien asumirá los cometidos mencionados, así como de las sustituciones provisionales o definitivas del mismo, caso que se produzcan.

La persona asignada para ello deberá estar especializada en prevención de riesgos profesionales y acreditar tal capacitación mediante la experiencia, diplomas o certificaciones pertinentes.

El coordinador de la seguridad deberá ejercer sus funciones de manera permanente y continuada, para lo que le será preciso prestar la dedicación adecuada, debiendo acompañar en sus visitas a la obra al responsable del seguimiento y control del Estudio de Seguridad y Salud y recibir de éste las órdenes e instrucciones que procedan, así como ejecutar las acciones preventivas que de las mismas pudieran derivarse.

El resto de los técnicos, mandos intermedios, encargados y capataces adscritos a la obra, tanto de la empresa principal como de las subcontratas, con misiones de control, organización y ejecución de la obra, deberán estar dotados de la formación suficiente en materia de prevención de riesgos y salud laboral, de acuerdo con los cometidos a desempeñar.

En cualquier caso, el contratista deberá determinar, antes del inicio de la obra, los niveles jerárquicos del personal técnico y mandos intermedios adscritos a la misma.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

6.2.5. Coordinación de los distintos órganos especializados

Los distintos órganos especializados que coincidan en la obra, deberán coordinar entre sí sus actuaciones en materia preventiva, estableciéndose por parte del contratista la programación de las diversas acciones, de modo que se consiga una actuación coordinada de los intervinientes en el proceso y se posibilite el desarrollo de sus funciones y competencias en la Seguridad y Salud laboral del conjunto de la obra.

El contratista de la obra o su representante en materia de prevención de riesgos deberán poner en conocimiento del responsable del seguimiento y control del Estudio de Seguridad y Salud cuantas acciones preventivas hayan de tomarse durante el curso de la obra por los distintos órganos especializados.

El contratista principal organizará la coordinación y cooperación en materia de seguridad y salud que propicien actuaciones conjuntas sin interferencias, mediante un intercambio constante de información sobre las acciones previstas o en ejecución y cuantas reuniones sean necesarias para contraste de pronunciamientos y puesta en común de las actuaciones a emprender.

6.3. Normas generales de seguimiento y control

6.3.1. Toma de decisiones

Con independencia de que, por parte del contratista, su representante, los representantes legales de los trabajadores o Autoridad Laboral se pueda llevar a cabo la vigilancia y control de la aplicación correcta y adecuada de las medidas preventivas recogidas en el Estudio de Seguridad y Salud, la toma de decisiones en relación con el mismo

corresponderá al responsable de la prevención, salvo que se trate de casos en que hayan de adoptarse medidas urgentes sobre la marcha que, en cualquier caso, podrán ser modificadas con posterioridad si el referido técnico no las estima adecuadas.

En aquellos otros supuestos de riesgos graves e inminentes para la salud de los trabajadores que hagan necesaria la paralización de los trabajos, la decisión deberá tomarse por quien detecte la anomalía referida y esté facultado para ello sin necesidad de contar con la aprobación previa del responsable de la Seguridad y Salud, aun cuando haya de darse conocimiento inmediato al mismo, a fin de determinar las acciones posteriores.

6.3.2. Evaluación continua de los riesgos

Por parte del contratista principal se llevará a cabo durante el curso de la obra una evaluación continuada de los riesgos, debiéndose actualizar las previsiones iniciales, reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud laboral, cuando cambien las condiciones de trabajo o con ocasión de los daños para la salud que se detecten, proponiendo en consecuencia, si procede, la revisión del Plan aprobado, antes de reiniciar los trabajos afectados.

Asimismo, cuando se planteen modificaciones de la obra proyectada inicialmente, cambios de los sistemas constructivos, métodos de trabajo o proceso de ejecución

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

previstos, o variaciones de los equipos de trabajo, el contratista deberá efectuar una nueva evaluación de riesgos previsibles y, en base a ello, proponer, en su caso, las medidas preventivas a modificar, en los términos reseñados anteriormente.

6.3.3. Controles periódicos

La empresa deberá llevar a cabo controles periódicos de las condiciones de trabajo, y examinar la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios para detectar situaciones potencialmente peligrosas.

Cuando se produzca un daño para la salud de los trabajadores o, si con ocasión de la vigilancia del estado de salud de éstos respecto de riesgos específicos, se apreciasen indicios de que las medidas de prevención adoptadas resultan insuficientes, el contratista deberá llevar a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de dichos hechos. Sin perjuicio de que haya de notificarse a la autoridad laboral, cuando proceda por caso de accidente.

Asimismo, el contratista deberá llevar el control y seguimiento continuo de la siniestralidad que pueda producirse en la obra, mediante estadillos en los que se reflejen: tipo de control, número de accidentes, tipología, gravedad y duración de la incapacidad (en su caso) y relaciones de partes de accidentes cursados y deficiencias.

La empresa principal deberá vigilar que los subcontratistas cumplen la normativa de protección de la salud de los trabajadores y las previsiones establecidas en el Plan de Seguridad y Salud laboral, en la ejecución de los trabajos que desarrollen en la obra.

El personal directivo de la empresa principal, delegado o representante del contratista, técnicos y mandos intermedios adscritos a la obra deben cumplir personalmente y hacer cumplir al personal a sus órdenes lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud laboral y las normas o disposiciones vigentes sobre la materia.

6.3.4. Adecuación de las medidas preventivas y adopción de medidas correctoras

Cuando, como consecuencia de los controles e investigaciones anteriormente reseñadas, se apreciase por el contratista la inadecuación de las medidas y acciones preventivas utilizadas, se procederá a la modificación inmediata de las mismas en el caso de ser necesario, proponiendo al responsable de la Seguridad y Salud laboral su modificación en el supuesto de que afecten a trabajos que aún no se hayan iniciado. En cualquier caso, hasta tanto no puedan materializarse las medidas preventivas provisionales que puedan eliminar o disminuir el riesgo, se interrumpirán, si fuere preciso, los trabajos afectados.

Cuando el responsable de la Seguridad y Salud laboral observase una infracción a la normativa sobre prevención de riesgos laborales o la inadecuación a las previsiones reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud laboral y requiriese la adopción de las medidas correctoras que procedan, vendrá obligado su ejecución en el plazo que se fije para ello. A la empresa constructora, no le será exigible por la Autoridad Laboral ni por la Propiedad, la responsabilidad "in vigilando", de las diversas empresas de contrata no vinculadas contractualmente, de forma directa o indirecta con ella.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

6.3.5. Paralización de los trabajos

Cuando se observase la existencia de riesgo de especial gravedad o de urgencia, se dispondrá la paralización de los tajos afectados o de la totalidad de la obra, en su caso, debiendo la empresa principal asegurar el conocimiento de dicha medida a los trabajadores afectados.

Si con posterioridad a la decisión de paralización se comprobase que han desaparecido las causas que provocaron el riesgo motivador de tal decisión o se han dispuesto las medidas oportunas para evitarlo, podrá acordarse la reanudación total o parcial de las tareas paralizadas mediante la orden oportuna.

El personal directivo de la empresa principal o representante del mismo, así como los técnicos y mandos intermedios adscritos a la obra, habrán de prohibir o paralizar, en su caso, los trabajos en que se advierta peligro inminente de accidentes o de otros siniestros profesionales.

A su vez, los trabajadores podrán paralizar su actividad en el caso de que, a su juicio, existiese un riesgo grave e inminente para la salud, siempre que se hubiese informado al superior jerárquico y no se hubiesen adoptado las necesarias medidas correctivas. Se exceptúan de esa obligación de información los casos en que el trabajador no pudiera ponerse en contacto de forma inmediata con su superior jerárquico. En los supuestos reseñados no podrá pedirse a los trabajadores que reanuden su actividad mientras persista el riesgo denunciado. De todo ello deberá informarse, por parte del contratista principal o su representante, a los trabajadores, con antelación al inicio de la obra o en el momento de su incorporación a ésta.

6.3.6. Registro y comunicación de datos e incidencias

Las anotaciones que se incluyan en el libro de incidencias estarán únicamente relacionadas con la inobservancia de las instrucciones, prescripciones y recomendaciones preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud laboral. Las anotaciones en el referido libro sólo podrán ser efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección facultativa, por el contratista principal, por los subcontratistas o sus representantes, por técnicos de los Organismos de la Administración autónoma, por la Inspección de Trabajo, por miembros del Comité de Seguridad y Salud laboral y por los representantes de los trabajadores en la obra.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el contratista principal deberá remitir en el plazo máximo de 24 horas copias a la Inspección de Trabajo de la provincia en que se realiza la obra, al responsable del seguimiento y control del Plan, al Comité de Salud y Seguridad y al representante de los trabajadores. Conservará las destinadas a sí mismo, adecuadamente agrupadas, en la propia obra, a disposición de los anteriormente relacionados.

Los partes de accidentes, notificaciones e informes relativos a la Seguridad y salud laboral que se cursen por escrito por quienes estén facultados para ello, deberán ser puestos a disposición del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud laboral Los datos obtenidos como consecuencia de los controles e investigaciones

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

previstos en los apartados anteriores serán objeto de registro y archivo en obra por parte del contratista, y a ellos deberán tener acceso el responsable del seguimiento y control del Plan.

6.3.7. Colaboración con el responsable del seguimiento del plan de seguridad y salud laboral

El contratista deberá proporcionar al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud laboral cuantos medios sean precisos para que pueda llevar a cabo su labor de inspección y vigilancia.

El contratista se encargará de coordinar las diversas actuaciones de seguimiento y control que se lleven a cabo por los distintos órganos facultados para ello, de manera que no se produzcan interferencias y contradicciones en la acción preventiva y deberá, igualmente, establecer los mecanismos que faciliten la colaboración e interconexión entre los órganos referidos.

El contratista habrá de posibilitar que el responsable del seguimiento y control del Plan pueda seguir el desarrollo de las inspecciones e investigaciones que lleven a cabo los órganos competentes.

Del resultado de las visitas a obra del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, se dará cuenta por parte del contratista principal a los representantes de los trabajadores.

6.4. Reuniones de seguimiento y control interno

Las reuniones de seguimiento y control interno de la Seguridad y Salud laboral de la obra tendrán como objetivo la consulta regular y periódica de los planes y programas de prevención de riesgos de la empresa, el análisis y evaluación continuada de las condiciones de trabajo y la promoción de iniciativas sobre métodos y procedimientos para la efectiva prevención de los riesgos, así como propiciar la adecuada coordinación entre los diversos órganos especializados que incidan en la Seguridad y Salud laboral de la obra.

En las reuniones del Comité de S. y S., participarán, con voz, pero sin voto, además de sus elementos constitutivos, los responsables técnicos de la seguridad de la empresa. Pueden participar en las mismas condiciones, trabajadores de la empresa que cuenten con una especial cualificación o información respecto de concretas cuestiones a debatir en dicho órgano, o técnicos en prevención ajenos a la empresa, siempre que así lo solicite alguna de las representaciones del Comité.

Sin perjuicio de lo establecido al respecto por la normativa vigente, se llevará a cabo como mínimo, una reunión mensual desde el inicio de la obra hasta su terminación, con independencia de las que fueren, además, necesarias ante situaciones que requieran una convocatoria urgente, o las que se estimen convenientes por quienes estén facultados para ello.

Salvo que se disponga otra cosa por la normativa vigente o por los Convenios Colectivos Provinciales, las reuniones se celebrarán en la propia obra y dentro de las horas de trabajo. En caso de prolongarse fuera de éstas, se abonarán sin recargo, o se retardará,

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

si es posible, la entrada al trabajo en igual tiempo, si la prolongación ha tenido lugar durante el descanso del mediodía.

Las convocatorias, orden de asuntos a tratar y desarrollo de las reuniones se establecerán de conformidad con lo estipulado al respecto por las normas vigentes o según acuerden los órganos constitutivos de las mismas.

Por cada reunión que se celebre se extenderá el acta correspondiente, en la que se recojan las deliberaciones y acuerdos adoptados. El contratista o su representante vienen obligados a proporcionar al responsable de Seguridad y Salud laboral cuanta información o documentación le sea solicitada por el mismo sobre las cuestiones debatidas.

Se llevará, asimismo, un libro de actas y se redactará una memoria de actividades, y en casos graves y especiales de accidentes, o enfermedades profesionales se emitirá un informe completo con el resultado de las investigaciones realizadas y la documentación se pondrá a disposición del responsable del seguimiento y control del Plan.

Con independencia de las reuniones anteriormente referidas, el contratista principal deberá promover, además, las que sean necesarias para posibilitar la debida coordinación entre los diversos órganos especializados y entre las distintas empresas o subcontratas que pudieran concurrir en la obra, con la finalidad de unificar criterios y evitar interferencias y disparidades contraproducentes.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

7. FORMACIÓN E INFORMACIÓN

7.1. Acciones formativas

7.1.1. Normas legales

Como mínimo los Delegados de Prevención y sucesivamente todo el personal recibirá formación de acuerdo con el Anexo IV del R.D. 39/97 El contratista está obligado a posibilitar que los trabajadores reciban una formación teórica y práctica apropiada en materia preventiva en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, así como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñen o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo susceptibles de provocar riesgos para la salud del trabajador. Esta formación deberá repetirse periódicamente.

La formación inicial del trabajador habrá de orientarse en función del trabajo que vaya a desarrollar en la obra, proporcionándole el conocimiento completo de los riesgos que implica cada trabajo, de las protecciones colectivas adoptadas, del uso adecuado de las protecciones individuales previstas, de sus derechos y obligaciones y, en general, de las medidas de prevención de cualquier índole.

7.1.2. Contenido de las acciones de formación

a) A nivel de mandos intermedios, el contenido de las sesiones de formación estará principalmente integrado, entre otros, por los siguientes temas:
   - Plan de Seguridad y Salud laboral de la obra.
   - Causas, consecuencias e investigación de los accidentes y forma de cumplimentar los partes y estadillos de régimen interior.
   - Normativa sobre Seguridad y Salud laboral. Factores técnicos y humanos.
   - Elección adecuada de los métodos de trabajo para atenuar el trabajo monótono y repetitivo. Protecciones colectivas e individuales.
   - Salud laboral.
   - Socorrismo y primeros auxilios.
   - Organización de la Seguridad y Salud laboral de la obra. Responsabilidades.
   - Obligaciones y derechos de los trabajadores.

b) A nivel de operarios, el contenido de las sesiones de formación se seleccionará fundamentalmente en función de los riesgos específicos de la obra y estará integrado principalmente, entre otros, por los siguientes temas:
   - Riesgos específicos de la obra y medidas de prevención previstas en el Plan de Seguridad y Salud laboral Causas y consecuencias de los accidentes.
   - Normas de Seguridad y Salud laboral (señalización, circulación, manipulación de cargas, etc.).
   - Señalizaciones y sectores de alto riesgo.
   - Socorrismo y primeros auxilios.
   - Actitud ante el riesgo y formas de actuar en caso de accidente.
   - Salud laboral.
   - Obligaciones y derechos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

c) A nivel de representantes de los trabajadores en materia de SEGURIDAD Y SALUD LABORAL, el contenido de las sesiones de formación estará integrado, además de por los temas antes especificados para su categoría profesional, por los siguientes:
   - Investigación de los accidentes y partes de accidentes. Estadística de la siniestralidad.
   - Inspecciones de seguridad.
   - Legislación sobre Seguridad y Salud laboral. Responsabilidades.
   - Coordinación con otros órganos especializados.

7.1.3. Organización de la acción formativa

Las sesiones de formación serán impartidas por personal suficientemente acreditado y capacitado en la docencia de Seguridad y Salud laboral contándose para ello con los servicios de seguridad de la empresa, representante o delegado de ésta en la obra, servicios de prevención, mutuas, organismos oficiales especializados, representantes cualificados de los trabajadores y servicio médico, propio o mancomunado, que por su vinculación y conocimientos de la obra en materia específica de Seguridad y Salud laboral sean los más aconsejables en cada caso.

En el Plan de Seguridad y Salud laboral que haya de presentar el contratista se establecerá la programación de las acciones formativas, de acuerdo con lo preceptuado en el presente Pliego y según lo establecido, en su caso, por los Convenios Colectivos, precisándose de forma detallada: número, duración por cada sesión, períodos de impetración, frecuencia, temática, personal al que van dirigidas, lugar de celebración y horarios.

7.2. Instrucciones generales y específicas

Independientemente de las acciones de formación que hayan de celebrarse antes de que el trabajador comience a desempeñar cualquier cometido o puesto de trabajo en la obra o se cambie de puesto o se produzcan variaciones de los métodos de trabajo inicialmente previstos, habrán de facilitársele, por parte del contratista o sus representantes en la obra, las instrucciones relacionadas con los riesgos inherentes al trabajo, en especial cuando no se trate de su ocupación habitual; las relativas a los riesgos generales de la obra que puedan afectarle y las referidas a las medidas preventivas que deban observarse, así como acerca del manejo y uso de las protecciones individuales. Se prestará especial dedicación a las instrucciones referidas a aquellos trabajadores que vayan a estar expuestos a riesgos de caída de altura, atrapamientos o electrocución.

El contratista habrá de garantizar que los trabajadores de las empresas exteriores o subcontratas que intervengan en la obra han recibido las instrucciones pertinentes en el sentido anteriormente indicado.

Las instrucciones serán claras, concisas e inteligibles y se proporcionarán de forma escrita y/o de palabra, según el trabajo y operarios de que se trate y directamente a los interesados.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Las instrucciones para maquinistas, conductores, personal de mantenimiento y otros análogos se referirán, además de a los aspectos reseñados, a: restricciones de uso y empleo, manejo, manipulación, verificación y mantenimiento de equipos de trabajo. Deberán figurar también de forma escrita en la máquina o equipo de que se trate, siempre que sea posible.

Las instrucciones sobre socorrismo, primeros auxilios y medidas a adoptar en caso de situaciones de emergencia habrán de ser proporcionadas a quienes tengan encomendados cometidos relacionados con dichos aspectos y deberán figurar, además, por escrito en lugares visibles y accesibles a todo el personal adscrito a la obra, tales como oficina de obra, comedores y vestuarios.

Las personas relacionadas con la obra, con las empresas o con los trabajadores, que no intervengan directamente en la ejecución del trabajo, o las ajenas a la obra que hayan de visitarla serán previamente advertidas por el contratista o sus representantes sobre los riesgos a que pueden exponerse, medidas y precauciones preventivas que han de seguir y utilización de las protecciones individuales de uso obligatorio.

7.3. Información y divulgación

El contratista o sus representantes en la obra deberán informar a los trabajadores de:

Los resultados de las valoraciones y controles del medio-ambiente laboral correspondientes a sus puestos de trabajo, así como los datos relativos a su estado de salud en relación con los riesgos a los que puedan encontrarse expuesto.

Los riesgos para la salud que su trabajo pueda entrañar, así como las medidas técnicas de prevención o de emergencia que hayan sido adoptadas o deban adoptarse por el contratista, en su caso, especialmente aquéllas cuya ejecución corresponde al propio trabajador y, en particular, las referidas a riesgo grave e inminente.

La existencia de un riesgo grave e inminente que les pueda afectar, así como las disposiciones adoptadas o que deban adoptarse en materia de protección, incluyendo las relativas a la evacuación de su puesto de trabajo.

Esta información, cuando proceda, deberá darse lo antes posible.

El derecho que tienen a paralizar su actividad en el caso de que, a su juicio, existiese un riesgo grave e inminente para la salud y no se hubiesen podido poner en contacto de forma inmediata con su superior jerárquico o, habiéndoselo comunicado a éste, no se hubiesen adoptado las medidas correctivas necesarias.

Las informaciones anteriormente mencionadas deberán ser proporcionadas personalmente al trabajador, dentro del horario laboral o fuera del mismo, considerándose en ambos casos como tiempo de trabajo el empleado para tal comunicación.

Asimismo, habrá de proporcionarse información a los trabajadores, por el contratista o sus representantes en la obra, sobre:

Obligaciones y derechos del contratista y de los trabajadores.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Funciones y facultades de los Servicios de Prevención, Comités de Salud y Seguridad y delegados de Prevención. Servicios médicos y de asistencia sanitaria con indicación del nombre y ubicación del centro asistencial al que acudir en caso de accidente.

Organigrama funcional del personal de Seguridad y Salud laboral de la empresa adscrita a la obra y de los órganos de prevención que inciden en la misma.

Datos sobre el seguimiento de la siniestralidad y sobre las actuaciones preventivas que se llevan a cabo en la obra por la empresa.

Estudios, investigaciones y estadísticas sobre la salud de los trabajadores.

Toda la información referida se le suministrará por escrito a los trabajadores o, en su defecto, se expondrá en lugares visibles y accesibles a los mismos, como oficina de obra, vestuarios o comedores, en cuyo caso habrá de darse conocimiento de ello.

El contratista deberá disponer en la oficina de obra de un ejemplar del Plan de Seguridad y Salud laboral aprobado y de las normas y disposiciones vigentes que incidan en la obra.

En la oficina de obra se contará, también, con un ejemplar del Plan y de las normas señaladas, para ponerlos a disposición de cuantas personas o instituciones hayan de intervenir, reglamentariamente, en relación con ellos.

El contratista o sus representantes deberán proporcionar al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud laboral toda la información documental relativa a las distintas incidencias que puedan producirse en relación con dicho Plan y con las condiciones de trabajo de la obra.

El contratista deberá colocar en lugares visibles de la obra rótulos o carteles anunciadores, con mensajes preventivos de sensibilización y motivación colectiva. Deberá exponer, asimismo, los que le sean proporcionados por los organismos e instituciones competentes en la materia sobre campañas de divulgación.

El contratista deberá publicar mediante cartel indicado, en lugar visible y accesible a todos los trabajadores, la constitución del organigrama funcional de la Seguridad y Salud laboral de la obra y de los distintos órganos especializados en materia de prevención de riesgos que incidan en la misma, con expresión del nombre, razón jurídica, categoría a cualificación, localización y funciones de cada componente de los mismos. De igual forma habrá de publicar las variaciones que durante el curso de la obra se produzcan en el seno de dichos órganos.

7.4. Atribuciones generales de seguridad del personal facultativo de obra

Independiente de las atribuciones, obligaciones y responsabilidades que el R.D.1426/97 establece para los responsables de Seguridad y Salud durante la ejecución de la Obra y durante la elaboración del proyecto, las cuales vienen definidas en el mismo.

La empresa constructora en su estructura de gestión empresarial tiene fijado para todos sus Centros de Trabajo, el sistema de "Seguridad Integrada", es decir considera que la Seguridad, la Higiene, la Prevención de Pérdidas y el Control de la Calidad Total, son tareas directivas a realizar por las diferentes "Líneas de Mando" habituales en la misma y que incluyen desde la Alta Dirección hasta Jefes de Equipo, Capataces así como los

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Responsables Técnicos a pie de obra de las empresas subcontratadas, siendo todos ellos, y a su nivel, Supervisores de Seguridad. Por principio, el Supervisor es responsable de cuantas actividades se desarrollen en su área de competencia, incluyendo naturalmente, la seguridad de las personas e instalaciones a su cargo.

A la hora de establecer prioridades, la Prevención de Accidentes ocupa el mismo nivel de importancia que la Producción, la Calidad y los Costos.

A continuación, van descritas las más relevantes funciones de tipo general, entre las que destacan:

1. Encargados de que todos los que participan en una operación bajo su mando reciben el entrenamiento adecuado para la realización de los trabajos a ellos encomendados con un grado aceptable de aseguramiento de la calidad y del control de los riesgos para las personas y las cosas.
2. Encargados de que los Planes de Seguridad que afecten a su área de trabajo estén actualizados, a disposición de los ejecutantes y que sea exigido su cumplimiento.
3. Encargados de que exista la información suficiente sobre los riesgos de exposición a los productos, medios auxiliares, máquinas y herramientas utilizadas en su área de responsabilidad. Si no existiese, deberá solicitarla al suministrador o departamento competente para facilitarla, y en última instancia, al Director o Responsable de su Centro de Trabajo.
4. Encargados de que en su área se cumpla con el programa de Seguridad, previamente establecido.
5. Encargados de que exista en su área de responsabilidad y se realice prácticamente un programa rutinario de comprobación del entorno laboral, los medios, aparatos y dispositivos que existan en relación con la Prevención. En particular:
   - Prendas y Equipos de Protección Individual, su estado y mínimos de utilización. Sistemas de Protección Colectiva y su eficacia preventiva.
   - Equipos de detección de riesgos higiénicos y comprobación del medio ambiente de trabajo.
   - Estado de limpieza y salubridad de las instalaciones de implantación provisional a utilizar por el personal de obra. Estado y funcionamiento de los recipientes de gases a presión, retimbrado de los mismos y válvulas de seguridad.
   - Mangueras y juntas de expansión.
   - Maquinaria, máquinas herramientas, instrumentos críticos, medios auxiliares, aparatos de elevación, herramientas y en general todos aquellos sistemas o equipos que se consideren problemáticos o peligrosos en condiciones normales de trabajo.
   - Condiciones climatológicas adversas.
   - Almacenamiento de productos tóxicos, contaminantes y/o peligrosos. Etc.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6. Encargados de efectuar las revisiones de Seguridad del área a su cargo, en relación con las distintas operaciones que allí se realicen. En el caso de que su realización se salga fuera de su competencia, solicitarla de los correspondientes Servicios o Especialistas, propios o concertados.
7. Encargados de informar, mediante reuniones de seguridad, charlas de tajo u otros medios, siempre que ocurra un accidente o incidente potencialmente importantes en su área de responsabilidad, para su estudio y análisis o cuando lo crea oportuno para la motivación o la formación en Prevención.
8. Encargados de solicitar a su superior jerárquico y cumplir las revisiones de seguridad de nuevas instalaciones, así como sugerir mejoras para la modificación de las existentes.
9. Encargados asimismo de garantizar la clasificación de los riesgos y la prelación de los distintos niveles preventivos en la utilización de todos los productos y energías incluidos en los procesos de trabajo desarrollados en su área.
10. Encargados de preparar los trabajos e instalaciones para realizar las tareas de Mantenimiento Preventivo, proporcionando a los ejecutantes la información y los medios necesarios para su realización con seguridad.
11. Encargados de cumplir y hacer cumplir la reglamentación vigente en materia de seguridad, las Normas Internas de Seguridad de su propia empresa y las contenidas en el presente Estudio de Seguridad y Salud, tanto en lo que respecta al personal propio como al subcontratado.
12. Encargados de notificar jerárquicamente a su Dirección la producción de cualquier incidente o accidente que ocurra en sus instalaciones e iniciar la investigación técnica del mismo, así como el establecimiento de medidas preventivas, con independencia de que se hayan producido o no daños.
13. Realización de la parte que les corresponda de las tareas y actividades señaladas en el estudio de seguridad y salud y controles administrativos. En aras del perfeccionamiento y simplificación de los mismos, aportará las sugerencias de mejora y simplificación que estime necesarios, a sus superiores jerárquicos.
14. Establecer un programa básico de mantenimiento preventivo de las instalaciones, utillaje, máquinas, herramientas y equipos de protección individual y colectivos correspondientes a su área de responsabilidad.

7.5. Funciones específicas de seguridad

7.5.1. Dirección de obra

La empresa constructora y Responsables Técnicos de las empresas subcontratadas, tienen las funciones de seguridad siguientes:

1. Tienen la máxima responsabilidad en materia de Producción y Condiciones de Trabajo, en función de sus atribuciones sobre la "Línea Ejecutiva".
2. Asignan responsabilidad y autoridad delegada a los Mandos en materia de prevención de accidentes y control de aseguramiento de la calidad del personal y actividades sometidos a su jurisdicción.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3. Participan e intervienen en el establecimiento de las políticas de Seguridad atendiendo las sugerencias de los especialistas, propios o externos, asesores de seguridad, así como a los restantes órganos ejecutivos de la Empresa competentes en la mejora de las Condiciones de Trabajo.
4. Promulgan las políticas en materia de prevención de la siniestralidad y mejora de las condiciones de trabajo en la empresa, y las hace cumplir.
5. Dentro de sus respectivas competencias, autorizan los gastos necesarios para desarrollar las políticas de mejora de las condiciones de trabajo.
6. Promocionan y facilitan el adiestramiento profesional y de prevención, adecuado para cualificar a los Técnicos y Cuadros de Mando bajo su jurisdicción.
7. Aprueban, a iniciativa propia o propuesta del Comité de Seguridad e Higiene, la concesión de premios o sanciones de los Cuadros de Mando que dependan jerárquicamente de él, y que a su juicio sean acreedores a las mismas, por su actitud ante la prevención de accidentes y enfermedades profesionales.

7.5.2. Jefes y técnicos de obra

Los responsables Técnicos de obra de la empresa constructora y de las empresas subcontratadas, tienen las funciones de seguridad siguientes:

1. Tienen responsabilidad y autoridad delegada en materia de Producción y Condiciones de Trabajo en función de sus competencias sobre el personal de la "Línea Productiva" sometido a su jurisdicción, y de las Empresas de Subcontrata que estén a su mando.
2. Asignan responsabilidades y autoridad delegada en materia de prevención de accidentes a los Cuadros de Mando y Técnicos, del personal a su cargo, tanto propios como subcontratado.
3. Participan e intervienen en el establecimiento de las políticas de seguridad, según lo recomendado por la Dirección de la empresa, Dirección Facultativa de la Obra y Mutuas Patronales de Accidentes de Trabajo (propia y de las empresas subcontratadas).
4. Supervisan y colaboran en el análisis y propuestas de solución de la investigación técnica de los accidentes ocurridos en la obra (tanto del personal propio como subcontratado), mediante la cumplimentación del documento establecido al efecto, adoptando de inmediato las medidas correctoras que estén a su alcance.
5. Divulgan la política general de la empresa en materia de seguridad y medicina preventiva, dentro de su jurisdicción, y velan por su cumplimiento, así como de mantener unos niveles altos en la relación productividad y condiciones de trabajo.
6. Dentro de sus competencias, autorizan los gastos necesarios para desarrollar la política de prevención en las obras a su cargo.
7. Promocionan y facilitan el adiestramiento profesional y de prevención adecuado para cualificar a los Técnicos, Cuadros de Mando y Personal de Producción, dentro de su jurisdicción.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

8. Presiden el órgano colegiado de seguridad que, en función del volumen e importancia de la obra, se considere oportuno establecer (p.e. Comisión General de Seguridad e Higiene de Empresas de Contrata, Comisión de Seguridad e Higiene de Subcontratistas, Círculos de Seguridad o Comité de Seguridad e Higiene). En obras de menor volumen despachará regularmente con el o los Delegados de Prevención.
9. Controlan el cumplimiento y materialización de los compromisos adquiridos en el E.B.S.S. de aquellas obras que lo tengan establecido por ley.
10. Proponen a sus superiores jerárquicos y/o al Comité de S. e H. los nombres y circunstancias del personal a su mando, que a su juicio sean acreedores de premio o sanciones graves o muy graves, por su actitud ante la prevención de accidentes y enfermedades profesionales.
11. Exigirán a las empresas contratadas o subcontratadas el cumplimiento riguroso de las cláusulas de Seguridad anejas al contrato pactado con la empresa constructora.

7.5.3. Mandos intermedios

Los mandos intermedios, Encargados, Capataces, Jefes de Equipo o de Brigada y Técnicos Especialistas a pie de obra de la empresa constructora y de las empresas subcontratadas, tienen las funciones de seguridad siguientes:

1. Son responsables de la seguridad y condiciones de trabajo de su grupo de trabajadores.
2. Son responsables de la seguridad del lugar de trabajo, orden y limpieza, iluminación, ventilación, manipulación y acopio de materiales, recepción, utilización y mantenimiento de equipos.
3. Cuidarán de que se cumplan las normas relativas al empleo de prendas y equipos protectores.
4. Son responsables de que se presten con rapidez los primeros auxilios a los lesionados.
5. Deben informar a su Mando Superior e investigar técnicamente todos los accidentes producidos en su área de responsabilidad, analizando las causas y proponiendo soluciones, mediante el documento establecido al efecto en el presente E.S.S. "Informe Técnico de Investigación de Accidente" (ITIA).

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

6. Facilitarán gratuitamente a los trabajadores los medios de protección personal homologados por el Ministerio de Trabajo o normalizados para todo el personal de la empresa constructora. Entra dentro de sus competencias, asegurarse el acopio suficiente y suministro de estos materiales, así como el control documental de su entrega y seguimiento de su correcta utilización. Los operarios de empresas subcontratadas que incumplan con el compromiso de su empleador respecto a la correcta utilización de Equipos de Protección Individual y Sistemas de Protección Colectiva, para la realización de sus trabajos, fijados en las cláusulas de seguridad anejas al contrato pactado con la empresa constructora, verán subsanadas por parte de la misma, las situaciones de riesgo voluntariamente asumidas, imputando íntegramente la repercusión de su coste en la certificación a abonar al subcontratista del cual dependa.
7. Mantendrá reuniones informales de seguridad con sus productores y responsables de las empresas subcontratadas, tratando también de los temas de seguridad con los trabajadores por separado.
8. Fomentarán y estimularán los cometidos de los delegados de Prevención a su cargo.
9. Colaborará con los Representantes legales de los Trabajadores en cuantas sugerencias de carácter preventivo puedan aportar.
10. Cumplirán personalmente y harán cumplir al personal y subcontratistas a sus órdenes la normativa legal vigente en materia de prevención y las Normas de Seguridad de carácter interno de la empresa constructora, así como las específicas para cada Centro de Trabajo fijadas por el Estudio de seguridad y Salud y el Plan de seguridad y salud.
11. Tienen responsabilidad y autoridad delegada de la Alta Dirección de su empresa en materia de seguridad en función de sus atribuciones sobre el personal de la Línea Productiva y subcontratistas sometidos a su jurisdicción.
12. Asignan responsabilidades y autoridad delegada al personal de producción cualificado en materia de prevención de accidentes, sobre los trabajadores y subcontratistas que estén a cargo de ellos.
13. Darán a conocer al personal a su cargo y subcontratistas, las directrices de prevención que sucesivamente adopte la Empresa y la Dirección Facultativa de la Obra, velando por su cumplimiento.
14. Participan e intervienen en el establecimiento de las políticas de seguridad que afecten a este Centro de Trabajo, según lo recomendado por los órganos de la empresa constructora y de la Dirección Facultativa, competentes en materia de prevención.
15. Dentro de sus competencias autorizarán los gastos necesarios para desarrollar la política en su Centro de Trabajo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

16. Procederán a una acción correctora cuando observen métodos o condiciones de trabajo inseguras e interesarán a aquellas personas, departamentos, empresas subcontratadas, Dirección Facultativa o Propiedad, según proceda, que por su situación o competencias puedan intervenir en la solución de aquellos problemas que escapen a sus medios y competencias técnicas.
17. Tienen la facultad de prohibir o paralizar, en su caso, los trabajos en que se advierta peligro inminente de accidentes, siempre que no sea posible el empleo de los medios adecuados para evitarlos o minimizarlos.
18. Realizarán y supervisarán mensualmente la inspección de seguridad y de mantenimiento preventivo de los diferentes tajos y equipos de la obra a su cargo.
19. Intervendrán con el personal a sus órdenes en la reducción de las consecuencias de siniestros que puedan ocasionar víctimas en el Centro de Trabajo y prestarán a éstos los primeros auxilios que deban serles dispensados. Fomentará y estimulará los cometidos de los Socorristas del Centro de Trabajo a su cargo.
20. Promocionarán y facilitarán el adiestramiento profesional de sus trabajadores, seleccionándolos y controlando se observen las prácticas de trabajo habituales para el correcto desempeño de cada oficio.
21. Dentro de sus posibilidades, promocionarán y facilitarán la formación en materia de prevención del personal a su cargo.
22. Exigirán a las empresas contratadas y Subcontratistas el cumplimiento de las cláusulas de Seguridad anejas al contrato pactado con la empresa constructora

7.5.4. Representantes legales del personal de la empresa constructora

Corresponde a los órganos de representación del Personal y los Representantes Sindicales, de acuerdo con lo dispuesto en el Estatuto de los Trabajadores y la Ley Orgánica de Libertad Sindical, la vigilancia y control de la puesta en práctica de la normativa de aplicación en materia de seguridad, patología laboral y condiciones de trabajo, formulando en su caso, y en su calidad de representantes, las acciones legales oportunas ante la empresa y los órganos de jurisdicción competentes.

Las funciones básicas de los Representantes legales de los Trabajadores en el área de la Prevención de Riesgos en la empresa serán la definidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

7.5.5. Delegados de prevención

La empresa constructora y cada una de las empresas contratadas, con más de 5 trabajadores a pie de obra, tendrá nombrado un Delegado de Prevención.

Su cualificación técnica estará avalada por documento expedido por el Servicio de Seguridad de su Mutua de Accidentes de Trabajo, con antelación a su nombramiento definitivo, que deberá estar acreditado ante la Inspección Provincial de Trabajo.

Sus funciones como Delegados de Prevención, serán compatibles con las que normalmente preste en la Línea Productiva el trabajador designado al efecto y tendrán las competencias legales que dicta la citada Ley 31/1.995 de Prevención de Riesgos Laborales.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

7.5.6. Trabajadores

1. Los trabajadores de la empresa constructora, de las empresas subcontratadas y los trabajadores autónomos, realizarán su actividad de conformidad con las prácticas de seguridad establecidas en el presente Estudio de Seguridad y Salud. y aceptadas en la especialidad que desarrolle.
2. Deben dar cuenta a su Encargado de las condiciones, averías o prácticas inseguras apreciadas en equipos, personal propio o ajeno que puedan implicar directamente a la empresa constructora o a terceros en las inmediaciones de la obra.
3. Hacer sugerencias de mejora de las medidas de prevención y protección a los mandos responsables de su materialización.
4. Usar correctamente los Equipos de Protección Individual (EPI), homologados por el Ministerio de Trabajo o normalizado en la obra, cuidando de su perfecto estado y conservación.
5. Someterse a los reconocimientos médicos preceptivos y a las vacunaciones ordenadas por las Autoridades Sanitarias competentes o por el Servicio Médico de Empresa.
6. Cuidar y mantener su higiene personal, en evitación de enfermedades contagiosas o molestas para sus compañeros.
7. Comprometerse a no introducir bebidas u otras sustancias no autorizadas en los Centros de Trabajo, no presentarse o permanecer en los mismos en estado de embriaguez o de cualquier otro género de intoxicación.
8. Recibir las enseñanzas sobre prevención de accidentes y sobre extinción de incendios, salvamento y socorrismo en los Centros de Trabajo que les sean facilitados por la empresa, Mutua Patronal o por las instituciones competentes de la Administración.
9. Proponer a su Mando Inmediato superior la demora o sustitución de la realización de trabajos que impliquen riesgo de accidentes o enfermedad profesional en el caso de que no se disponga de los medios adecuados para llevarlas a cabo con las suficientes garantías para su integridad física o la de sus compañeros.
10. Pedir asesoramiento suficiente a su Mando Inmediato superior sobre la realización de aquellas tareas que no comprenda o no se sienta capacitado para llevarlas a término en condiciones de seguridad.
11. Si el trabajador conociese la existencia de posibles incompatibilidades entre sus características personales y las condiciones de determinados puestos de trabajo a los que pudiera ser destinado, deberá poner tal hecho en conocimiento del empresario. La omisión de esta comunicación tendrá la consideración de transgresión de la buena fe contractual.
12. Cumplirá personalmente la normativa legal vigente en materia de prevención y las Normas de Seguridad internas de la Empresa y de la Dirección Facultativa de la obra donde presta sus servicios.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

13. Cooperará en la extinción de incendios y en el salvamento de las víctimas de accidentes de trabajo en las condiciones que, en cada caso, sean racionalmente exigibles.

7.5.7. Funciones del "encargado general"

En cualquier fase el Encargado General deberá realizar la formación específica de su personal, haciendo especial hincapié en su disciplinada integración a los usos y costumbres preventivos del sector de la construcción.

Velará por todos los medios que sus hombres estén en todo momento bajo la cobertura de protecciones de carácter colectivo; cuando esto no fuera posible por las especiales circunstancias del tajo o escasa duración de los trabajos con exposición a riesgo, obligará al empleo de la totalidad de los equipos de protección individual (EPI) recomendados para minimizar las consecuencias de los previsibles incidentes y/o accidentes.

Es responsable de que la construcción de los andamios y plataformas a utilizar por su personal se haga conforme a la normativa técnica del fabricante y reglamentación legal vigente. Velará constantemente por el estado reglamentario y de estabilidad de utilización de andamios, plataformas de trabajo y plataformas de apoyo y accesos. En su calidad de "Jefe de Maniobra" vigilará constantemente la forma de elevación del material.

7.5.8. Funciones del "jefe de maniobra"

Es el responsable de la coordinación de un equipo compuesto por el "Señalista" y el "Estrobador" durante las operaciones de preparación de equipos, materiales, apilado, eslingado, aplomo, ajuste, embridado, deslingado, descarga, acopio y posicionado de los mismos.

Dará las instrucciones y comprobará personalmente las condiciones de utilización o rechazo de:

Accesorios, suplementos, trabazón, monolitismo de los materiales, para su transporte y sistemas de elevación y manutención mecánica.

Balizado y señalización de zonas de acopio de los materiales y zonas de paso elevado durante la trayectoria de las maniobras.

Estado de las cuerdas de retenida, eslingas planas (de banda textil de fibra), de cable o cadenas, ganchos y sus cierres de seguridad, anclajes de los equipos, conexionado de los elementos hidráulicos, estado de los cables y condiciones de utilización de sus distintos elementos como sistema de trabajo.

Conjuntamente con el "Gruista", comprobará la zona de partida de la maniobra, la zona intermedia a seguir por la trayectoria de la misma y la zona de destino final, cerciorándose de:

Que el piso esté plano y su superficie resista la carga a acopiar y las dinámicas de trabajo de la propia máquina. Que, en las máquinas accionadas por cable, en la posición nominal más baja del bloque diferencial queden aún dos vueltas de cable en el enrollamiento del tambor de elevación.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Que en las máquinas hidráulicas las articulaciones no tengan holguras y los bombines, manguitos y émbolos trasmitan la presión correcta sin descompresiones por pérdidas o fugas.

Que la trayectoria de la maniobra no pueda dañar conducciones, instalaciones, equipos ni personas. Que los medios auxiliares los equipos y accesorios sean los adecuados a la maniobra a realizar.

El "Jefe de Maniobra" indica al "Señalista" de viva voz (sin gesto ni ademán alguno que pueda ser mal interpretado por el "Gruista"), el momento en que puede iniciarse la maniobra, su destino y eventualmente, el itinerario y precauciones especiales a adoptar.

Si el "Jefe de Maniobra" realiza conjuntamente otras funciones como las de "Señalista" o las correspondientes al "Estrobador", debe prestar especial atención en que las señales que pueda hacer con las manos a sus ayudantes no puedan nunca ser confundidas con los ademanes dirigidos al "Gruista"

7.5.9. Funciones del "señalista"

El "Señalista" es un auxiliar de "Jefe de Maniobra" de quien recibe las órdenes, cuya misión consiste en dirigir al "Gruista" en cada una de las fases de la maniobra.

El "Señalista" pasa a ser el "Jefe del Gruista", desde el momento en que hace el ademán normalizado de toma de mando y este ha contestado "entendido".

Desde que se inicia la maniobra, durante su trayectoria, y si tiene jurisdicción en la zona de llegada, el "Señalista" tiene la responsabilidad de las órdenes dadas al "Gruista".

El "Señalista" ha de comunicarse con el "Gruista" mediante señales normalizadas, utilizando ambos brazos.

Salvo en los casos de movimientos lentos de aproximación, el "Señalista" no debe repetir ningún ademán (excepto si el "Gruista" da la señal de repetición).

No es misión del "Señalista" indicar al operador de la grúa cuáles son las palancas o mandos a accionar para efectuar determinado movimiento.

Durante el desplazamiento en la zona de su mando, el "Señalista" guía el movimiento de cargas y elementos articulados, para evitar golpes con obstáculos, ya que el gruista carece de la adecuada referencia de relieve.

El "Señalista" no abandona el mando hasta la llegada al destino final de la maniobra o al límite de su jurisdicción. Antes de dar la orden de bajada, el "señalista" se asegurará de que no hay persona alguna en la zona sobre la que se ha de depositar la carga.

Para el cumplimiento correcto de su función, el "Señalista" se situará en un lugar que le permita: Ser visto perfectamente por el "Gruista".

Ver por su parte, y en las mejores condiciones posibles, todos los sistemas implicados en la maniobra, y poder seguirla con la vista durante su desplazamiento en la zona que tiene asignada.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

No encontrarse él mismo amenazado por los desplazamientos de la maniobra, si ésta pasa por las inmediaciones de donde se encuentra situado.

La plataforma de señalización u observatorio situado a más de 2 m de altura, dispondrá de las protecciones colectivas perimetrales reglamentarias, y si esto no es posible, el "Señalista" utilizará cinturones anticaídas a una sirga de afianzamiento que le facilite los desplazamientos horizontales sin dificultad. El suelo estará limpio y libre de obstáculos.

El "Señalista" debe permanecer constantemente a la vista del "Gruista". En los casos necesarios, pedirá al "Jefe de Maniobra" un auxiliar como enlace, para que le informe sobre la situación de determinado punto de acción de la maniobra.

El "Señalista" debe disponer de una indumentaria suficientemente vistosa e identificativa de su misión (P.e. casco y guantes en color fosforito, brazalete, chaleco fotoluminiscente, parka de señalista de O.P., etc.,).

7.5.10. Funciones del "estrobador"

El "Estrobador" es un auxiliar del "Jefe de Maniobra", de quien recibe las órdenes, su misión consiste en elegir los medios auxiliares y equipos para asegurar la correcta operatividad de la maniobra y la estabilidad del conjunto durante su trayectoria. Su función puede coincidir con la del "Señalista".

Al comenzar la jornada, comprobará la inexistencia de defectos que descalifiquen la utilización de medios o equipos para la realización de las maniobras previstas.

Procederá a la retirada, etiquetaje e inutilización de los elementos aportados por equipos de trabajo, designados como "fuera de servicio".

Distribuirá los pesos y cargas de forma racional y uniformemente repartida para no castigar los equipos empleados. Se asegurará de que el equipo o medio auxiliar a utilizar, no sobrepase la capacidad de la máquina que tiene que utilizarlo.

Empleará solo señales convenidas para dirigir al "Señalista" y permanecerá donde el "Gruista" o, en su defecto el "Señalista", puedan verle.

No pasará nunca por debajo de cargas suspendidas, ni permitirá que otros lo hagan.

No arrastrará descolgará o dejará caer las eslingas o equipos acoplados, antes bien, apilará y acuñará los elementos de forma que no puedan deslizarse o desequilibrarse.

No permitirá el izado, suspensión, sostenimiento o descenso de ninguna armadura, uña portapalets, cangilón o tolva, por medio de cadena o eslinga de cable metálico que tenga un nudo en cualquier parte sometida a tracción directa, ni tampoco con cadenas acortadas o empalmadas provisionalmente o de forma inadecuada.

Exigirá y comprobará los certificados de control de calidad realizados por los fabricantes respecto a sus equipos, medios auxiliares y accesorios de estrobado.

El transporte suspendido de cargas, debe realizarse de forma que el equilibrio del conjunto transportado sea estable. Los trabajadores responsables de la maniobra estrobado y aparejado de armaduras irán provistos de guantes anticorte y antiabrasión, casco, calzado de seguridad y chalecos reflectantes de señalista

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

8. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO RELATIVA A LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, Ley 31/1995, de 8 de Noviembre; BOE de l0 de Noviembre/1995.
- 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. BOE nº 60 11/03/2006 - Señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo (RD 485/97 BOE 23/04/97).
- REAL DECRETO 842/2002 de 2 de agosto, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión publicado en el BOE N.º 224 de 18 de septiembre de 2003.
- R.D. 1407/92 de 20/11/92, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (EPIs).
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, R.D. 773/97 de 30/05/97 BOE de 12/06/97.
- Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo, R.D.1.215/97 de 18/07/97 BOE de 07/07/97.
- Reglamento de los Servicios de Prevención, R.D. 39/1.997 de 17/01/97, BOE de 31/01/97.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo, R.D.486/97 de 14 de Abril BOE de 23/04/97.
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbales, para los trabajadores, R.D. 487/97 de 14 de Abril, BOE de 23/04/97.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (O.M. 20-5-52) (B.O.E.] 5-6-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-11-59) (B.O.E. 27-11-59).
- 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.

Aparte de las disposiciones legales citadas, se tendrá en cuenta las normas contenidas en el Reglamento de Régimen Interior de la empresa, así como las que provienen del Comité de Seguridad e Higiene y en el caso de los Convenios Colectivos y por su interés, el repertorio de recomendaciones prácticas de la O.I.T.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

9. MEDIDAS DE SEGURIDAD PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA

9.1. Condiciones generales

No deberá iniciarse ningún trabajo en la obra sin la aprobación previa del Plan de Seguridad y Salud laboral y sin que se haya verificado con antelación, por el responsable del seguimiento y control del mismo, que han sido dispuestas las protecciones colectivas e individuales necesarias y que han sido adoptadas las medidas preventivas establecidas en el Estudio.

Antes del inicio de la obra, habrán de estar instalados los locales y servicios de higiene y bienestar para los trabajadores. Antes de iniciar cualquier tipo de trabajo en la obra, será requisito imprescindible que el contratista tenga concedidos los permisos, licencias y autorizaciones reglamentarias que sean pertinentes, tales como: colocación de vallas o cerramientos, señalizaciones, desvíos y cortes de tráfico peatonal y de vehículos, accesos, acopios, etc.

Antes del inicio de cualquier trabajo en la obra, deberá realizarse las protecciones pertinentes, en su caso, contra actividades molestas, nocivas, insalubres o peligrosas que se lleven a cabo en el entorno próximo a la obra y que puedan afectar a la salud de los trabajadores.

9.2. Información previa

Antes de acometer cualquier de las operaciones o trabajos preparatorios a la ejecución de la obra, el contratista deberá informarse de todos aquellos aspectos que puedan incidir en las condiciones de Seguridad y Salud laboral requeridas. A tales efectos recabará información previa relativa, fundamentalmente, a:

Servidumbre o impedimentos de redes de instalaciones y servicios y otros elementos ocultos que puedan ser afectados por las obras o interferir la marcha de éstas.

Intensidad y tipo de tráfico de las vías de circulación adyacentes a la obra, así como cargas dinámicas originadas por el mismo, a los efectos de evaluar las posibilidades de desprendimientos, hundimientos u otras acciones capaces de producir riesgos de accidentes durante la ejecución de la obra.

Vibraciones, trepidaciones u otros efectos análogos que puedan producirse por actividades o trabajos que se realicen o hayan de realizarse en el entorno próximo a la obra y puedan afectar a las condiciones de Seguridad y Salud laboral de los trabajadores.

Actividades que se desarrollan en el entorno próximo a la obra y puedan ser nocivas insalubres o peligrosas para la salud de los trabajadores.

Tipo, situación, profundidad y dimensiones de las cimentaciones de las construcciones colindantes o próximas, en su caso, e incidencia de las mismas en la seguridad de la obra.

9.3. Servicios afectados: identificación, localización y señalización

Antes de empezar cualquier trabajo en la obra, habrán de quedar definidas qué redes de servicios públicos o privados pueden interferir su realización y pueden ser causa de riesgo para la salud de los trabajadores o para terceros.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

En el caso de líneas eléctricas aéreas que atraviesen el solar o estén próximas a él se interfieran la ejecución de la obra, no se deberá empezar a trabajar hasta que no hayan sido modificadas por la compañía suministradora. A tales efectos se solicitará de la propia compañía que proceda a la descarga de la línea o a su desvío.

De no ser viable lo anterior, se considerarán unas distancias mínimas de seguridad, medidas entre el punto más próximo con tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero, o de la máquina, teniéndose en cuenta siempre la situación más desfavorable. Habrá de vigilarse en todo momento que se mantienen las distancias mínimas de seguridad referidas.

En el supuesto de redes subterráneas de gas, agua o electricidad, que afecten a la obra, antes de iniciar cualquier trabajo deberá asegurarse la posición exacta de las mismas, para lo que se recabará, en caso de duda, la información necesaria de las compañías afectadas, gestionándose la posibilidad de desviarlas o dejarlas sin servicio.

Estas operaciones deberán llevarlas a cabo las citadas compañías. De no ser factible, se procederá a su identificación sobre el terreno y, una vez localizada la red, se señalizará marcando su dirección, trazado y profundidad, indicándose, además, el área de seguridad y colocándose carteles visibles advirtiendo del peligro y protecciones correspondientes.

9.4. Accesos, circulación interior y delimitación de la obra

Antes del inicio de la obra deberán quedar definidos y ejecutados su cerramiento perimetral, los accesos a ella y las vías de circulación y delimitaciones exteriores.

Las salidas y puertas exteriores de acceso a la obra serán visibles o debidamente señalizadas y suficientes en número y anchura para que todos los trabajadores puedan abandonar la obra con rapidez y seguridad. No se permitirán obstáculos que interfieran la salida normal de los trabajadores.

Los accesos a la obra serán adecuados y seguros, tanto para personas como para vehículos y máquinas.

Deberán separarse, si es posible, los de estos últimos de los del personal. Dicha separación, si el acceso es único, se hará por medio de una barandilla y será señalizada adecuadamente.

El ancho mínimo de las puertas exteriores será suficiente para el número de personas que se prevea los utilicen normalmente.

En todos los accesos a la obra se colocarán carteles de "Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra", "Es obligatorio el uso del casco" y "Prohibido aparcar" y, en los accesos de vehículos, el cartel indicativo de "Entrada y salida de vehículos".

Los vehículos, antes de salir a la vía pública, contarán con un tramo horizontal de terreno consistente o pavimentado, de longitud no menos de vez y media de separación entre ejes o de 6 metros. Si ello no es posible, se dispondrá de personal auxiliar de señalización para efectuar las maniobras.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Se procederá a ejecutar un cerramiento perimetral que delimite el recinto de la obra e impida el paso de personas y vehículos ajenos a la misma. Dicho cerramiento deberá ser suficientemente estable, tendrá una altura mínima de 2 metros y estará debidamente señalizado.

Las rampas para el movimiento de camiones y/o máquinas tendrán un ancho mínimo de 4,5 metros, ensanchándose en las curvas. Sus pendientes no serán juniores del 12 y 8%, respectivamente, según se trate de tramos rectos o curvas. En cualquier caso, habrá de tenerse en cuenta la maniobrabilidad de los vehículos que se utilicen. Deberán acotarse y delimitarse las zonas de cargas, descargas, acopios, almacenamiento y las de acción de los vehículos y máquinas dentro de la obra. Habrán de quedar previamente definidos y debidamente señalizados los trazados y recorridos de los itinerarios interiores de vehículos, máquinas y personas, así como las distancias de seguridad y limitaciones de zonas de riesgo especial, dentro de la obra y en sus proximidades.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

10. MEDIDAS DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN

10.1. Protecciones colectivas

10.1.1. Generalidades

Cuando se diseñen los sistemas preventivos, se dará prioridad a los colectivos sobre los personales o individuales. La protección personal no dispensa en ningún caso de la obligación de emplear los sistemas de tipo colectivo.

En cuanto a los colectivos, se preferirán las protecciones de tipo preventivo (las que eliminan los riesgos) sobre las de protección (las que no evitan el riesgo, pero disminuyen o reducen los daños del accidente).

Mantenimiento

Los medios de protección, una vez colocados en obra, deberán ser revisados periódicamente y antes del inicio de cada jornada, para comprobar su efectividad.

10.1.2. Señalización y ordenación de tráfico

La señalización será visible y sencilla que, con fácil interpretación, advierta de los riesgos existentes. Se emplearán colores, avisos, señales, balizamientos, etc., para facilitar la atención visual.

Se considerará una zona de 5 cm. alrededor de la máquina como zona de peligrosidad.

Cuando trabajan varias máquinas en el mismo tajo, la distancia mínima entre ellas será de 30 m.

Las rampas de acceso serán estables y con el talud adecuado, el borde la rampa estará reforzada con un retablo que sirve de tope a los camiones en la circulación. Las rampas estarán señalizadas con stop, limitación de velocidad, pendiente, etc.

10.2. Equipos de protección individual (e.p.i.)

10.2.1. Generalidades

Solo podrán disponerse en obra y ponerse en servicio los E.P.I. que garanticen la salud y la seguridad de los usuarios sin poner en peligro ni la salud ni la seguridad de las demás personas o bienes, cuando su mantenimiento sea adecuado y cuando se utilicen de acuerdo con su finalidad.

A los efectos de este Pliego de Condiciones se considerarán conformes a las exigencias esenciales mencionadas los E.P.I. que lleven la marca "CE" y, de acuerdo con las categorías establecidas en las disposiciones vigentes.

10.2.2. Exigencias esenciales de sanidad y seguridad

Los E.P.I. deberán garantizar una protección adecuada contra los riesgos. Reunirán las condiciones normales de uso previsibles a que estén destinados, de modo que el usuario tenga una protección apropiada y de nivel tan elevado como sea posible.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

El grado de protección óptimo que se deberá tener en cuenta será aquel por encima del cual las molestias resultantes del uso del E.P.I. se opongan a su utilización efectiva mientras dure la exposición al peligro o el desarrollo normal de la actividad.

Los materiales de que estén compuestos los E.P.I. y sus posibles productos de degradación no deberán tener efectos nocivos en la salud o en la higiene del usuario.

Cualquier parte de un E.P.I. que esté en contacto o que pueda entrar en contacto con el usuario durante el tiempo que lo lleve estará libre de asperezas, aristas vivas, puntas salientes, etc., que puedan provocar una excesiva irritación o que puedan causar lesiones.

Los E.P.I. ofrecerán los mínimos obstáculos posibles a la realización de gestos, a la adopción de posturas y a la percepción de los sentidos. Por otra parte, no provocarán gestos que pongan en peligro al usuario o a otras personas.

Los E.P.I. posibilitarán que el usuario pueda ponérselos lo más fácilmente posible en la postura adecuada y puedan mantenerse así durante el tiempo que se estime se llevarán estos, teniendo en cuenta los factores ambientales, los gestos que se vayan a realizar y las posturas que se vayan a adoptar. Para ello, los E.P.I. se adaptarán al máximo a la morfología del usuario por cualquier medio adecuado, como pueden ser sistemas de ajuste y fijación apropiados o una variedad suficiente de tallas y números.

Los E.P.I. serán lo más ligeros posible, sin que ello perjudique a su solidez de fabricación ni obstaculice su eficacia. Antes de la primera utilización en la obra de cualquier E.P.I. habrá de contarse con el folleto informativo elaborado y entregado obligatoriamente por el fabricante, donde se incluirá, además del nombre y la dirección del fabricante y/o de su mandatario en la Comunidad Económica Europea, toda la información útil sobre:

Instrucciones de almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, revisión y desinfección.

Los productos de limpieza, mantenimiento o desinfección aconsejados por el fabricante no deberán tener, en sus condiciones de utilización, ningún efecto nocivo ni en los E.P.I. ni en el usuario.

Rendimientos alcanzados en los exámenes técnicos dirigidos a la verificación de los grados o clases de protección de los E.P.I.

Accesorios que se pueden utilizar en los E.P.I. y características de las piezas de repuesto adecuadas. Clases de protección adecuadas a los diferentes niveles de riesgo y límites de uso correspondientes. Fecha o plazo de caducidad de los E.P.I. o de algunos de sus componentes.

Tipo de embalaje adecuado para transportar los E.P.I.

Este folleto de información estará redactado de forma precisa, comprensible y, por lo menos, en la lengua oficial del Estado español, debiéndose encontrar a disposición del responsable del seguimiento del Plan de Seguridad y Salud.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

11. SEÑALIZACIONES

11.1. Normas generales

El contratista deberá establecer un sistema de señalización de seguridad a efectos de llamar la atención de forma rápida e inteligible sobre objetos y situaciones susceptibles de provocar peligros determinados, así como para indicar el emplazamiento de dispositivos y equipos que tengan importancia desde el punto de vista de seguridad.

La puesta en práctica del sistema de señalización no dispensará, en ningún caso, de la adopción de los medios de protección indicados en el presente documento.

Se deberá informar a todos los trabajadores, de manera que tengan conocimiento del sistema de señalización establecido.

En el sistema de señalización se adoptarán las exigencias reglamentarias para el caso, según la legislación vigente y nunca atendiendo a criterios caprichosos. Aquellos elementos que no se ajusten a tales exigencias normativas no podrán ser utilizados en la obra.

Aquellas señales que no cumplan con las disposiciones vigentes sobre señalización de los lugares de trabajo no podrán ser utilizadas en la obra.

El material constitutivo de las señales (paneles, conos de balizamiento, letreros, etc.) será capaz de resistir tanto las inclemencias del tiempo como las condiciones adversas de la obra.

La fijación del sistema de señalización de la obra se realizará de modo que se mantenga en todo momento estable.

11.2. Señalización de las vías de circulación

Las vías de circulación, en el recinto de la obra, por donde transcurran máquinas y vehículos deberán estar señalizadas de acuerdo con lo establecido por la vigente normativa sobre circulación en carretera.

11.3. Personal auxiliar de los maquinistas para señalización

Cuando un maquinista realice operaciones o movimientos en los que existan zonas que queden fuera de su campo de visión y por ellos deban pasar personas u otros vehículos, se empleará a una o varias personas para efectuar señales adecuadas, de modo que se eviten daños a los demás.

Tanto maquinistas como personal auxiliar para señalización de las maniobras serán instruidos y deberán conocer el sistema de señales previamente establecido y normalizado.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

12. CONCLUSIÓN

Por todo lo que se adjunta en el presente Estudio de Seguridad y Salud, estimamos que queda suficientemente explicado la obra a realizar, a la vez que aclaradas las especificaciones técnicas que se van a tener en cuenta a la hora de realizar los trabajos.

Quedamos, así mismo, a disposición de los organismos competentes para cuantas aclaraciones y correcciones estimen oportunas; y esperamos que este Estudio de Seguridad y Salud surta los efectos deseados a fin de obtener los permisos necesarios.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 026543

En Madrid, junio del 2022

El Ingeniero



Sergio Paredes García,

Nº de colegiado 26.543 por el COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 6. BALIZAMIENTO

INDICE

CAPÍTULO 6. BALIZAMIENTO 1
1. OBJETO DEL PROYECTO 3
2. COORDENADAS AEROGENERADORES 4
3. ESPECIFICACIONES DE SEÑALAMIENTO E ILUMINACIÓN 5
3.1. Señalamiento 5
3.2. Colores 5
3.3. Iluminación 5
4. ESPECIFICACIONES DEL BALIZAMIENTO 8
5. SOLUCIÓN PROPUESTA 13

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente documento es informar a AVIACIÓN CIVIL de la situación y el balizamiento de los aerogeneradores que forman el futuro Parque Eólico Cararrillo.

Dicho parque eólico se encuentra en el Término Municipal de Rillo, en la provincia de Teruel. Está constituido por 2 aerogeneradores de 3.000 kW, de diámetro de palas 115,7 m y altura de buje 135 m.

La señalización e iluminación de parques eólicos deberá realizarse atendiendo a las directrices dadas en la Guía de señalamiento e iluminación de parques eólicos, elaborada por la a partir del Anexo 14 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), transpuesto a la legislación española mediante el Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas de diseño y operación de aeródromos de uso público y se regula la certificación de los aeropuertos de competencia del Estado y transpuesto a legislación europea por Reglamento (UE) nº 139/2014 de la Comisión de 12 de febrero de 2014, por el que se establecen los requisitos y procedimientos administrativos relativos a los aeródromos, de conformidad con el Reglamento (CE) nº 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de febrero de 2008

Serán susceptibles de señalamiento y/o iluminación aquellos parques eólicos que, por su condición, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) determine que es necesario, en los siguientes casos:

- Parques eólicos que se encuentren dentro de las zonas afectadas por Servidumbres Aeronáuticas (Aeródromo, Radioeléctricas y de Operación), independientemente de la altura de los elementos del mismo (aerogeneradores, antenas meteorológicas, grúas necesarias para su construcción) (Decreto 584/1972, de 24 de febrero, de servidumbres aeronáuticas, modificado por el Real Decreto 297/2013, de 26 de abril.
- Parques eólicos cuyos elementos (incluidos los elementos necesarios para la construcción) tengan una altura superior a 100 metros en todo el territorio nacional, sobre planicies o partes prominentes del terreno o nivel del mar dentro de aguas jurisdiccionales.

El parque eólico objeto del presente proyecto no se encuentra en zona de servidumbre aeronáutica, pero al ser la altura de los aerogeneradores superior a 100 m existe obligación de comunicar y autorizar por parte de la agencia estatal de seguridad aérea la instalación del mismo.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

2. COORDENADAS AEROGENERADORES

A continuación, se adjunta el listado de coordenadas de las turbinas del parque eólico Cararrillo, especificándose la altura de la punta de la pala sobre el nivel del terreno y la altura del terreno sobre el nivel del mar de cada una de ellas.

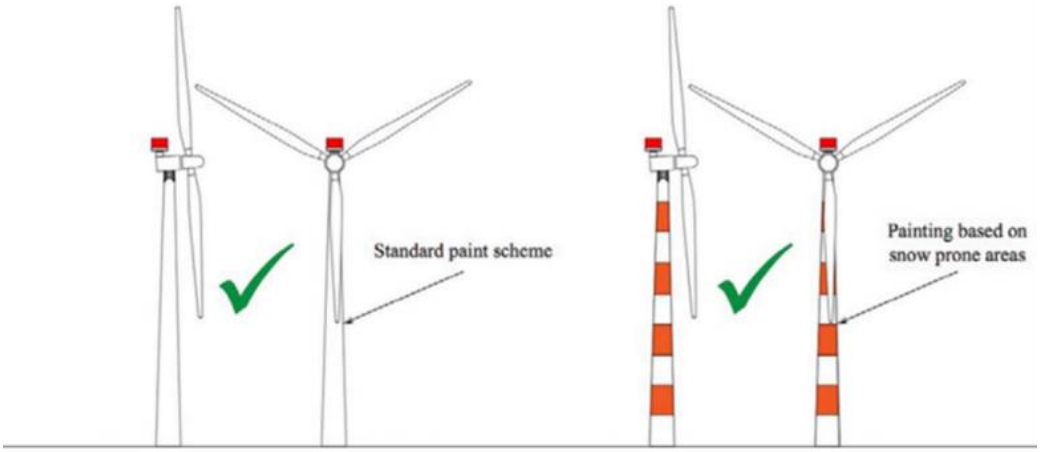
	COORDENADAS ETRS89			DIMENSIONES		
N.º Tur.	X1	Y1	Z Terr (m)	Altura de buje	Altura de punta de la pala (m)	Altura de la punta de pala sobre el nivel del mar (m)
AEG-1	670321.80	4513199.05	1393	135	192,85	1585
AEG-2	670820.99	4513162.39	1382	135	192,85	1574
CSE	670937.61	4513230.65	1377			

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

3. ESPECIFICACIONES DE SEÑALAMIENTO E ILUMINACIÓN

3.1. Señalamiento

Como norma general, para la señalización de parques eólicos se pintarán íntegramente de color blanco o grisáceo los álabes del rotor, la barquilla y los 2/3 superiores del mástil de soporte de todas las turbinas eólicas, cuya cromaticidad estará comprendida dentro de los límites establecidos en el Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, Normas Técnicas de Diseño y Operación de Aeródromos de Uso Público.



3.2. Colores

Los colores de señalamiento serán, con regla general, blanco tráfico (RAL 9016) y naranja tráfico (RAL 2009). Alternativamente, estará permitido el color rojo tráfico (RAL 3020), en el caso de aerogeneradores junto con el blanco grisáceo (RAL 9002), gris ágata (RAL 7038) o gris claro (RAL 7035). Alternativamente, estará permitido el color rojo tráfico (RAL 3020) junto con el blanco grisáceo (RAL 9002), gris ágata (RAL 7038) o gris claro (RAL 7035). Estará permitido utilizar los colores luminosos diurnos pertinentes.

3.3. Iluminación

Las características de los distintos tipos de luces que se mencionan en lo sucesivo deben cumplir con lo indicado en la Tabla Q-2 del Capítulo Q de las especificaciones de certificación para el diseño de aeródromos CS-ADR-DSN del Reglamento (UE) no 139/2014 de la Comisión de 12 de febrero de 2014 incluida como Anexo I a este documento. El régimen de intermitencia de las luces en los casos que corresponda será de 40 fpm (destellos por minuto).

La cromaticidad de las luces estará comprendida dentro de los límites establecidos en el Real Decreto 862/2009, de 14 de mayo, Normas Técnicas de Diseño y Operación de Aeródromos de Uso Público, Apéndice 1; Figura A1-1 Colores de luces aeronáuticas de superficie.

Lo establecido anteriormente debe ser justificado adecuadamente por parte del fabricante de las luces mediante la presentación de una ficha técnica que especifique que la instalación prevista cumple con los requisitos establecidos por OACI.

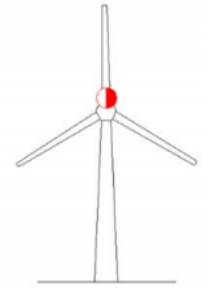
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Las características de la iluminación (tipo y ubicación de la misma) varían en función de la altura del aerogenerador y de su localización respecto de las Servidumbres Aeronáuticas.

Los sistemas Duales deben disponer de un sistema que permita el cambio de tipo de luz en función de la luminancia de fondo.

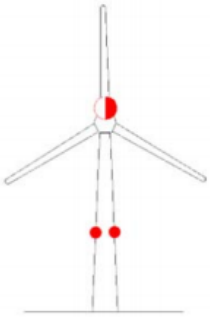
3.3.1. Tipo de iluminación según la altura:

Altura del aerogenerador: 100 m < h ≤ 150 m



- Por defecto, en todos los casos se debe disponer de un sistema Dual Media A / Media C.

Altura del aerogenerador: h > 150 m



– En todos los casos se debe disponer de un sistema Dual Media A / Media C además de un nivel intermedio de luces de baja intensidad Tipo E en torre (ver apartado siguiente), salvo que un estudio aeronáutico demuestre que estas no son apropiadas, en cuyo caso se emplearan luces de baja intensidad A o B

– La iluminación en la barquilla tendrá un sistema redundante de forma que en caso de que se funda una baliza se conecte automáticamente la reserva.

3.3.2. Ubicación de la iluminación

La iluminación se instalará en todos los casos en la parte superior de la góndola del aerogenerador.

Los aerogeneradores cuya altura sea igual o inferior a los 150 m no requerirán de luces adicionales intermedias en su torre.

Aquellos que superen los 150 m de altura deben tener instaladas en la torre luces de baja intensidad Tipo E a distintos niveles.

Los niveles de luces adicionales en torre deben disponerse de modo que nunca queden tapados por las palas del aerogenerador en su giro, por lo que la separación máxima mencionada anteriormente considera únicamente la distancia entre la superficie del terreno donde se ubica el aerogenerador y la punta de pala en su posición vertical más baja.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

El número de luces necesario por nivel dependerá del diámetro exterior del mástil de las turbinas eólicas. Los números recomendados para obtener la cobertura adecuada y asegurar la visibilidad desde todos los azimuts, son los siguientes:

Diámetro	Elementos luminosos por nivel
6 m o menos	3
6 m a 30 m	4
30 m a 60 m	6
Más de 60 m	8

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

4. ESPECIFICACIONES DEL BALIZAMIENTO

A continuación, se indican las características de los equipos de balizamiento, pudiéndose utilizar los indicadas a continuación o similares

L303-865 & L303-866 MEDIUM INTENSITY WHITE FLASHING STROBE OBSTRUCTION LIGHT

Key features
- High reliability with long life time, low cost of ownership and low power consumption
- Effective Intensity 20.000 candela white day mode and 2.000 candela white night mode
- Uses Orga special technology for the ignition of xenon lamps control for long lamp life and very low UV and ozone generation
- Internal photocells for automatic day/night intensity control
- Orga Strobeline™ cable wiring system configuration combines power and control wires into a single protected cable
- Lightweight and easy to install
- Level indicators provided to help with correct installation

Standards
- *Certified to:*
  Federal Aviation Administration AC 150 5345/43E Type L865 & L866 obstacle light
- ICAO Annex 14 Volume 1, Third edition, July 1999, Chapter 6, Medium Intensity, Type A obstacle light
- *Approved by:*
  STNA of France
  DGAC of Mexico
  Civil Aviation of Germany
  Civil Aviation of The Netherlands



Optical characteristics
- 40 (L865) flashes per minute (factory set as per table)
- 60 (L866) flashes per minute (factory set as per table)
- Automatic day/night intensity control by internal photocells
- Lens colour: Clear
- Horizontal beam pattern 360°
- Vertical beam pattern 3°
- High accuracy Fresnel lens

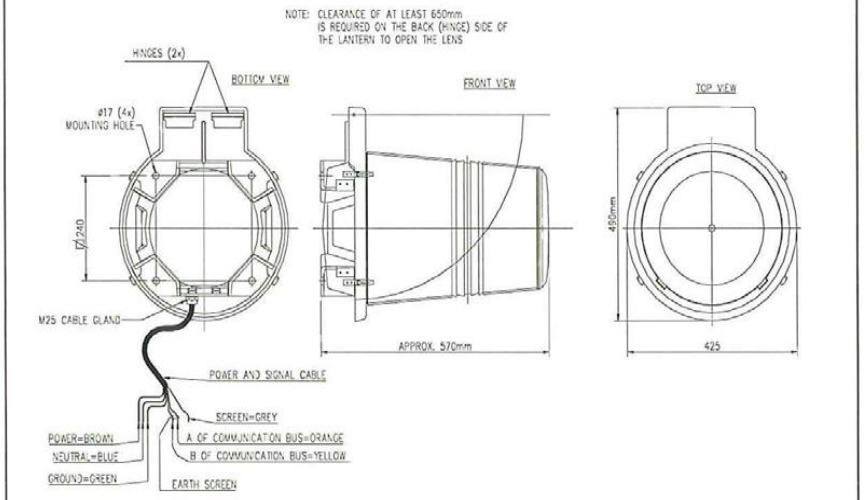
Electrical characteristics
- 110 – 240 V_{AC} (±10%) 50/60 Hz operating voltage
- Power consumption (see table)
- Safety switches to disconnect power and discharge capacitors when unit opened
- A high voltage warning LED is provided
- Light "fail" remote monitoring output
- Failure indication LED
- Supplied with an Orga Strobeline™ combined power and data connection cable
- Two stage over voltage protection

Physical characteristics
- Polyurethane body
- IP65 degree of ingress protection (by design)
- Operating temperature range -55°C to +55°C
- Height 570 mm, diameter 425 mm
- Mounting holes at 240 x 240 mm
- Weight (excluding packaging) 12 kg
- Shipping dimensions: 700 x 550 x 750 mm / 16 kg)

System Design, Control and Monitoring
- Combine L303-865 / L303-866 medium intensity lights with L1000 high intensity lights or L810 low intensity lights for optimum system design
- Connect L1000 high intensity, L303 & L350 medium intensity and L810 low intensity lights to a single CIP200 control unit
- Local and remote monitoring facilities provided by a CIP200 or CIP100 controller
- No-Wire multiple system flash character synchronisation option with the GPS020
- Catenary crossing system configuration options available

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Type numbering		Additional information						
L303-	Extension	Flashes per minute			Power consumption (W)			Comment
		Day	Twilight	Night	Day	Twi	Night	
L303-865		40	40	40	90	90	35	Standard configuration
L303-865	d	40	40	off	90	90	12	Day time only operation
L303-865	n	off	off	40	12	12	35	Night time only operation
L303-865	D	40	40	off	90	90	12	Dual Lighting operation, according to FAA standards
L303-866		60	60	60	135	135	50	Standard configuration
L303-866	d	60	60	off	135	135	12	Day time only operation
L303-866	n	off	off	60	12	12	50	Night time only operation
L303-866	D	60	60	off	135	135	12	Dual Lighting operation, according to FAA standards
	EMC							Additional EMC protection



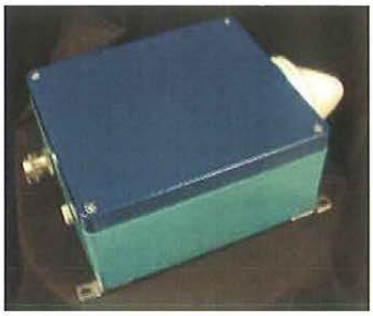
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

GPS SYNCHRONISER UNIT, GPS020

DATASHEET

Key features

- Multiple system flash character synchroniser for use with Orga
- Medium Intensity Obstruction Light Systems
- Very Low power consumption
- Power supply from Orga CIP200 controller
- Standard (GPS010) and offshore (GPS020) versions available
- Easy to install
- Single cable connection to CIP controller
- Internal LED status indicators



Specifications

- ICAO Annex 14 Volume 1. Third Edition July 1999 chapter 6
- Federal Aviation Authority AC 70/7460-1K and AC 150/5345-43E

Function

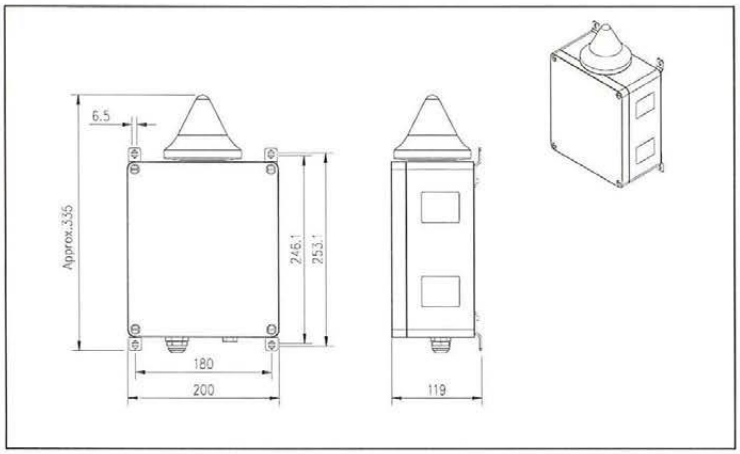
- Uses GPS system to provide synchronising time signal to Orga CIP based control systems so that all lights connected to a CIP/GPS controller flash in unison

Electrical characteristics

- Power consumption < 10VA at 7Vdc from CIP200 controller

Mechanical characteristics

- Standard GPS020 version has painted aluminium alloy enclosure and external antenna
- IP66 Degree of Ingress Protection
- Operating temperature range -40...+55 °C
- GPS020 dimensions 335 x 200 x 119 mm incl. antenna: 3kg



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

CIP200 OBSTRUCTION LIGHT SYSTEM CONTROLLER

Key features

- Comprehensive system control and monitoring device in an easy to install compact unit
- Connect Orga L1000-xxx high intensity lights, L303-8xx & L350-xxx medium intensity lights and MLM26 marker light monitoring units (for use with AOL11/12, L101 & L810 type low intensity lights) to a single CIP200 control unit for optimum system design
- Low power consumption
- Orga Strobeline™ cable wiring system configuration combines power and control wires into a single protected cable
- Interaction with clients system using optional IOM2409 I/O interface module
- Optional internal modem (using either telephone line or GSM service) to allow remote support and service from Orga
- LCD Information screen and keyboard
- Reduced light intensity steps options available

Standards

- Federal Aviation Authority AC 70/7460-1K and AC 150/5345-43E
- ICAO Annex 14 Volume 1 Third Edition July 1999 Chapter 6

Function

- System controller and monitor for Orga High, Medium and Low Intensity Obstacle Lights
- System wide intensity step control (day/twilight/night)
- System wide flash character synchronisation
- Remote monitoring outputs for system status (light fail, marker alarm, photocell status, external horn connection, power supply status)
- Optional remote monitoring output for system status (general system alarm)
- Remote (client) system input for remote fail/alarm accept signal
- LCD information screen giving system status and details of all fault and alarm conditions
- System status indication multi colour LED (green-normal operation; yellow-alarm; red-fail)
- Optional no-wire multiple system flash character synchronisation using optional GPS020
- Different software options for use in complex systems



Electrical characteristics

- 100 - 240 V_{AC} 50/60 Hz operating voltage
- Power consumption < 10W
- Two stage over voltage protection
- Complies with generic EMI (EN 50082-2 part 2) and EMC (EN 50081-2 part 2) RF immunity and emission standards.

Physical characteristics

- AlSi12 alloy painted body
- IP65 Degree of Ingress Protection (by design)
- EMC type of cable glands
- Breather on the bottom side of the enclosure
- Operating temperature range -20°C to +55°C
- Optional enclosure with heater (20W) for ambient temperatures -40°C to -20°C
- Size: 404 x 313 x 119 mm
- Mounting holes at 456 x 262 mm
- Weight (excluding packaging) 6 kg
- Shipping dimensions: 500 x 450 x 200 mm / 8 kg

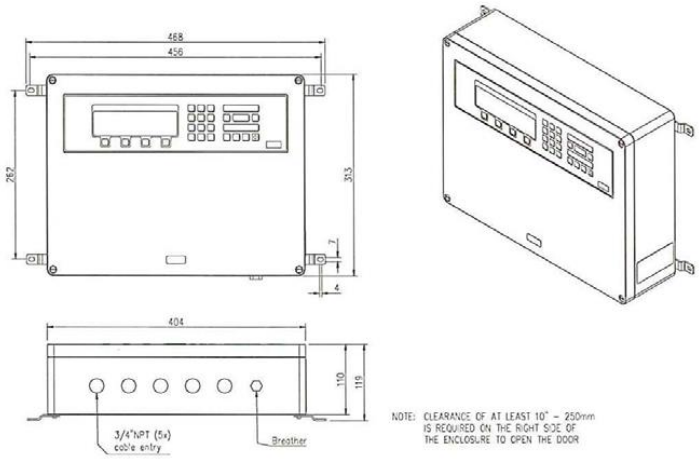
System Design

Use the CIP200 controller in obstacle light systems with:

- Orga L1000-xxx high intensity lights
- Orga L303-8xx and L350-xxx medium intensity lights
- Orga MLM26 marker light monitoring unit (for control and monitoring of AOL11/12, L101, L810 low intensity lights)
- Orga Strobeline™ cable
- Orga GPS020 multiple system synchronisers

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Type numbering		Additional information	
CIP200	Extension	Power consumption (W)	Comment
CIP200		<10W (continuous)	Standard configuration
CIP200	G	<10W (continuous)	Standard configuration including GPS synchronisation facility (requires Orga GPS020 synchroniser)
CIP200	I	<10W (continuous)	Standard configuration including I/O board for additional input (6) / output (6) contacts
CIP200	IG	<10W (continuous)	Standard configuration including I/O board for additional input (6) / output (6) contacts and GPS synchronisation facility (requires Orga GPS020 synchroniser)



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

5. SOLUCIÓN PROPUESTA

Según la GUÍA DE SEÑALAMIENTO E ILUMINACIÓN DE TURBINAS Y PARQUES EÓLICOS, por ser la altura del aerogenerador 189,5 m, por defecto, en todos los casos se debe disponer de un sistema Dual Media A / Media B.

En el supuesto de que otras Administraciones en el ejercicio de sus competencias, consideren que la solución descrita en el párrafo anterior pueda plantear afecciones medioambientales significativas, la Agencia Estatal admitirá la utilización de un Sistema Dual Media A / Media C en lugar del anteriormente citado Sistema Dual Media A / Media B, siempre que la referida Administración así lo comunique al interesado razonadamente y por escrito.

Para el supuesto planteado en el párrafo anterior, será dentro de la Declaración de Impacto Ambiental, donde el organismo competente de la Comunidad Autónoma podrá proponer la solución alternativa de balizamiento (Dual Media A / Media C), siempre que se justifique debidamente por razones de impacto sobre el entorno.

Por ello se propone balizar los aerogeneradores con sistema Dual Media A/Media C, siempre que la autorización ambiental no determine lo contrario.

La iluminación se instalará en todos los casos en la parte superior de la góndola del aerogenerador.

Los aerogeneradores cuya altura sea igual o inferior a los 150 m, no requerirán de luces adicionales intermedias en su torre, en nuestro caso al ser superior será necesario la utilización de luces intermedias para su correcta señalización.

Las características de las luces de balizamiento cumplirán las condiciones marcadas por el RD 862 / 2009, de 14 de junio, “Normas Técnicas de Diseño y Operación de Aeródromos de Uso Público”; Capítulo 6; Tabla 6.3.

El Ingeniero Técnico Eléctrico

Sergio Paredes García,



Nº de colegiado 26.543 por el COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 7. ESTUDIO DE VIENTOS

1. INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta un estudio de evaluación del recurso eólico y una estimación de la producción eléctrica para el Parque Eólico Cararrillo, de 6 MW, situado en el Término Municipal de Rillo, provincia de Teruel.

El diseño del parque eólico se ha realizado considerando 2 aerogeneradores de la fabricante alemana ENERCON, modelo E115 EP3, con una potencia nominal de 3.000 kW, de paso y velocidad variable, con curva de potencia adaptada a la densidad del aire del emplazamiento analizado.

A continuación, se recogen los puntos más importantes de la evaluación del recurso eólico llevada a cabo en el área de referencia.

Nº	X (m)	Y (m)	Aerogenerador
1	670321.80	4513199.05	AEG-1
2	670820.99	4513162.39	AEG-2

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

2. CAMPAÑA DE MEDIDAS Y TRATAMIENTO DE DATOS

2.1 DATOS DISPONIBLES

Se procederá a iniciar las mediciones precisas del recurso eólico en la zona del Parque Eólico Cararrillo, por lo que por el momento no se dispone de datos empíricos para evaluar el recurso eólico de la zona.

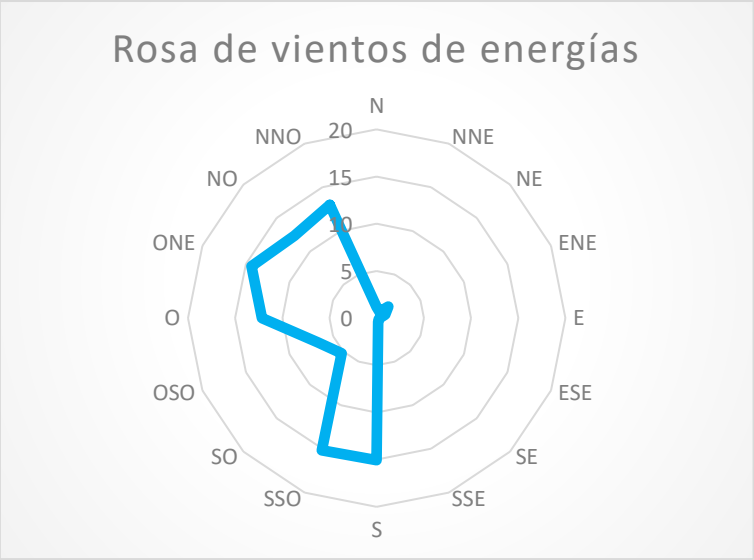
Por ello, para realizar el presente estudio se han utilizado los datos de mesoescala virtuales modelizados por Vortex.

3. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA DEL PARQUE EÓLICO

De acuerdo con los datos obtenidos de la plataforma de Vortex, las protecciones ambientales y los terrenos adquiridos en la zona, se ha establecido una disposición de aerogeneradores la cual permita el aprovechamiento eólico en las dos direcciones predominantes de viento con mayor energía y frecuencia de vientos, como se muestra en la figura siguiente. De igual forma, para reducir el impacto visual y paisajístico se ha establecido la elección de utilizar 2 aerogeneradores de 3 MW, aproximadamente en la misma altura.



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



Seguidamente, se han calculado las producciones de los aerogeneradores a partir de los datos de Vortex utilizando procedimientos numéricos y considerando las pérdidas e incertidumbres correspondientes.

En cuanto a la curva de potencia del aerogenerador Enercon E115 EP3, esta se ha adaptado a la densidad del aire presente a la altura de buje del parque eólico. Dicha densidad del aire resulta en 1,05 kg/m3.

Por otro lado, en cuanto a las pérdidas, se consideran dos principales bloques: pérdidas por estela y otras pérdidas energéticas.

En cuanto a las pérdidas por estela, se consideran de un 3,50 % para ambos aerogeneradores, siendo este valor elevado dada la disposición de las propias máquinas.

En cuanto a otras pérdidas energéticas, estas se han considerado de un 9,30 %, donde se incluyen pérdidas por disponibilidad, transformación, transporte, mantenimiento, degradación, hielo, etc.

De esta forma, se muestran en la siguiente tabla las características generales del parque eólico, así como las producciones esperadas considerando pérdidas con diferentes niveles de confianza:

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

TABLA RESUMEN PRODUCCIÓN P.E. CARARRILLO	
DATOS DEL AEROGENERADOR	
Fabricante	Enercon
Modelo de aerogenerador	E115 EP3
Potencia nominal (MW)	3
Potencia total (MW)	6
Altura de buje (m)	135
CONDICIONES CLIMÁTICAS	
Velocidad libre altura buje (m/s)	7,08
Densidad del aire (kg/m3)	1,05
PRODUCCIÓN BRUTA	
Libre (MWh/año)	19183,25
HEA (h)	3197,21
PÉRDIDAS	
Efecto estela	3,50%
Otras pérdidas	9,30%
PRODUCCIÓN NETA	
P50 (MWh/año)	16790,24
HEA P50 (h)	2798,37
P75 (MWh/año)	15647,39
HEA P75 (h)	2607,90
P90 (MWh/año)	14618,78
HEA P90 (h)	2436,46

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

4. CONCLUSIONES

El emplazamiento en el que se encuentra el Parque Eólico Cararrillo cuenta con un recurso eólico apto para la explotación energética, de acuerdo con los datos de viento obtenidos de Vortex. Es por ello que se han ubicado 2 aerogeneradores E115 EP3 de 3 MW de forma que se consiga el aprovechamiento máximo de este recurso eólico, minimizando lo máximo las pérdidas que pudieran producirse por estela entre ellos o entre aerogeneradores de otros parques eólicos cercanos.

A modo de resumen, la velocidad media de viento a la altura del buje del aerogenerador (135m) es de 7,08 m/s. Se han considerado las pérdidas de un 3,50 % por estela y de un 9,30 % por otras pérdidas. La producción media de los aerogeneradores con un factor de confianza del 75% resulta en 15647,39 MWh/año en dicho emplazamiento utilizando el modelo E115 EP3 de Enercon.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

CAPÍTULO 8. ESTUDIO DE VIABILIDAD

1. INTRODUCCIÓN

El Parque Eólico "Cararrillo", de 6 MW de potencia y situado en el término municipal de Rillo, con línea de evacuación de 30 kV y conexión en un apoyo de la Línea Utrillas - Escucha, es uno de los proyectos en desarrollo de la sociedad Generación Eolicosolar 1, cuya finalidad es la descarbonización y reducción del coste de la factura de los consumidores.

La línea evacuación de energía de este parque eólico discurre en subterráneo en la mayor parte del trazado, contando con un tramo aéreo para cruzar un río y con un vano flojo de doble circuito entre la subestación y el apoyo de conexión a red.

2. CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE EÓLICO

La infraestructura eólica del Parque Eólico "Cararrillo" consta de dos aerogeneradores de 3 MW de potencia nominal unitaria marca Enercon modelo E115, resultando en una potencia total de 6 MW.

La disposición sobre el terreno de las máquinas se elige atendiendo a dos tipos diferentes de condicionantes:

- Geográfico (disponibilidad de espacio en la zona).
- Medioambiental
- Eólico (dirección predominante del viento y al efecto sombra entre las turbinas).

Adicionalmente se ha considerado en esta disposición el acuerdo de ajuste de la poligonal con otros desarrollos en el entorno para evitar solapes.

Como complemento a la infraestructura eólica se instalará una estación de medida de parámetros eólicos, dotada de diferentes sensores. Dicha torre anemométrica realizará medidas de la dirección y velocidad del viento, la presión atmosférica y la temperatura a distintas alturas. Para el análisis de viabilidad desarrollado en este punto se utilizarán los datos de viento de mesoescala virtuales de la plataforma de Vortex.

La obra civil del Parque Eólico "Cararrillo" está formada por:

- Viales de acceso al parque.

El acceso al parque eólico se realizará a través de la carretera TE-V-1016. Partiendo de los caminos de acceso, se prolongarán para acceder hasta la ubicación de los aerogeneradores.

Se ha diseñado una red de caminos de interconexión. Se han utilizado, en la medida de lo posible, los caminos ya existentes, adecuándolos a las condiciones necesarias.

- Viales Interiores al parque.

Partirán de los Ejes de Acceso y accederán a la base de los aerogeneradores que constituyen el parque, aprovechando al máximo la red de caminos existentes.

- Plataformas de montaje (2 Ud.)

Superficies explanadas que se situarán en la base de los aerogeneradores para realizar el montaje de éstos o para maniobra de vehículos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

- Cimentaciones Aerogeneradores (2 Ud.)

Para anclaje de la torre del aerogenerador. Los aerogeneradores estarán cimentados en una zapata de planta circular con diámetro 16,4 m.

- Zanjas

En las que se dispondrá el tendido de las líneas de 30 kV, red de tierra y red de comunicaciones en su recorrido subterráneo. Discurrirán por el borde de los viales del parque y dispondrán de amojonamiento exterior. Si fuera necesario atravesar campos de cultivo, su profundidad será suficiente para garantizar la continuidad de los usos agrarios de la finca. La longitud total de zanjas a construir es de 729,16 m en el parque eólico.

La infraestructura eléctrica del Parque Eólico "Cararrillo" está constituida por los siguientes elementos, descritos en el sentido de los aerogeneradores hacia la red:

- Líneas subterráneas y aéreas de Media Tensión (30 kV)

Para interconexión de los aerogeneradores con la SET Cararrillo. Discurrirán en zanjas construidas, en su mayor parte, en los laterales de los viales, hasta su conexión con la subestación.

- Centro de seccionamiento

Edificio donde comienza la línea de evacuación del parque eólico.

- Línea de Tierra

Común para todo el Parque Eólico, formando un circuito equipotencial de puesta a tierra.

- Red de Comunicaciones

La red de comunicaciones estará constituida por conductor de fibra óptica que interconectará los aerogeneradores.

- Subestación Transformador Cararrillo

Subestación destinada a conectar el parque eólico a la red eléctrica mediante una disposición entrada/salida.

Como se ha detallado, la red de interconexión de los aerogeneradores en media tensión, la red de tierras y la red de comunicaciones se tienden en canalización subterránea en el interior del parque a fin de minimizar el impacto ambiental.

3. ENERGÍA PRODUCIDA

El emplazamiento del Parque Eólico "Cararrillo" muestra un buen nivel de recurso eólico para su explotación energética. El emplazamiento se ha encontrado adecuado para la instalación de 2 aerogeneradores de 3 MW con una potencia total de 6 MW.

Dichos aerogeneradores se han distribuido optimizando el recurso eólico y minimizando la interferencia de unos aerogeneradores sobre otros, y se han tenido en cuenta las restricciones ambientales y por valor patrimonial para la ubicación de los mismos.

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

La velocidad de viento media a la altura del buje en el área de interés está en general alrededor 7,08 m/s. Existe una ligera variación estacional del recurso eólico, siendo los meses más ventosos los correspondientes al invierno, y los menos ventosos durante el verano.

La producción media de aerogeneradores durante la vida útil del parque con un factor de confianza del 75% está alrededor de 15647,39 MWh/año en el emplazamiento, para el aerogenerador Enercon E-115. Las pérdidas por estela dentro del parque eólico, con la disposición de aerogeneradores considerada se estima en un 3,50 %. Otras pérdidas, como el transporte, transformación, degradación, etc, se consideran de un 9,30 %.

4. INVERSIÓN Y PLAZOS DE EJECUCIÓN

El presupuesto estimado para el conjunto del Parque, excluyendo los intereses financieros durante la construcción, es de 4.960.860,86 € y se prevé su construcción, en un plazo inferior a doce meses una vez obtenidas todas las autorizaciones necesarias.

5. INGRESOS

Se ha supuesto para el estudio un precio de energía de 50 €/MWh durante toda la vida útil del parque. Esta estimación es una simplificación del modelo puesto que las expectativas para el trienio 2022 - 2024 están en torno a los 50 €/MWh para la energía eólica, modificándose en cada periodo regulatorio y pudiendo variar al alza o a la baja en función de las directrices oficiales.

6. GASTOS

Los costes de operación y recurrentes para esta instalación se han considerado de 241.371,35 € para el primer año completo de operación, con un incremento anual del 2,5%.

7. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Para este estudio, se considerará un presupuesto de inversión total de 4,96 M € , donde se ha tenido en cuenta el coste del propio parque y los costes relativos a la evacuación de la energía generada.

Considerando un periodo de vida útil de la instalación de 30 años se tiene una tasa interna de rentabilidad del proyecto antes de impuestos del 8,88 %.

8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La variación de la tasa interna de retorno, con márgenes de ±10% en Producción, Inversión y Costes es:

PRODUCCIÓN	TIR
+ 10 %	10,84%
TIR	8,88%
- 10 %	6,95%

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

INVERSIÓN	TIR
+ 10 %	7,73%
TIR	8,88%
- 10 %	10,10%

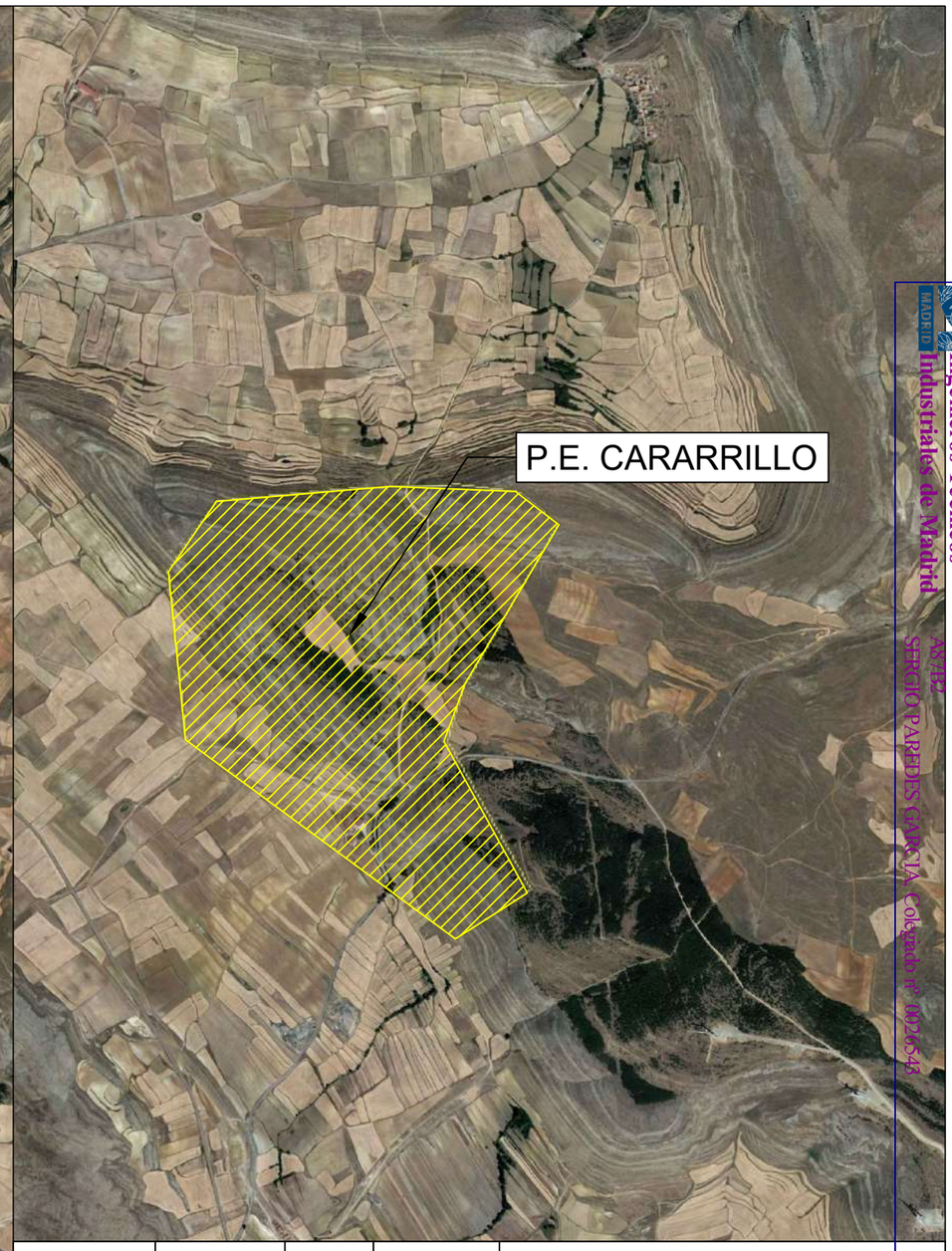
COSTES DE OPERACIÓN	TIR
+ 10 %	8,06%
TIR	8,88%
- 10 %	9,58%

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
VISADO
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

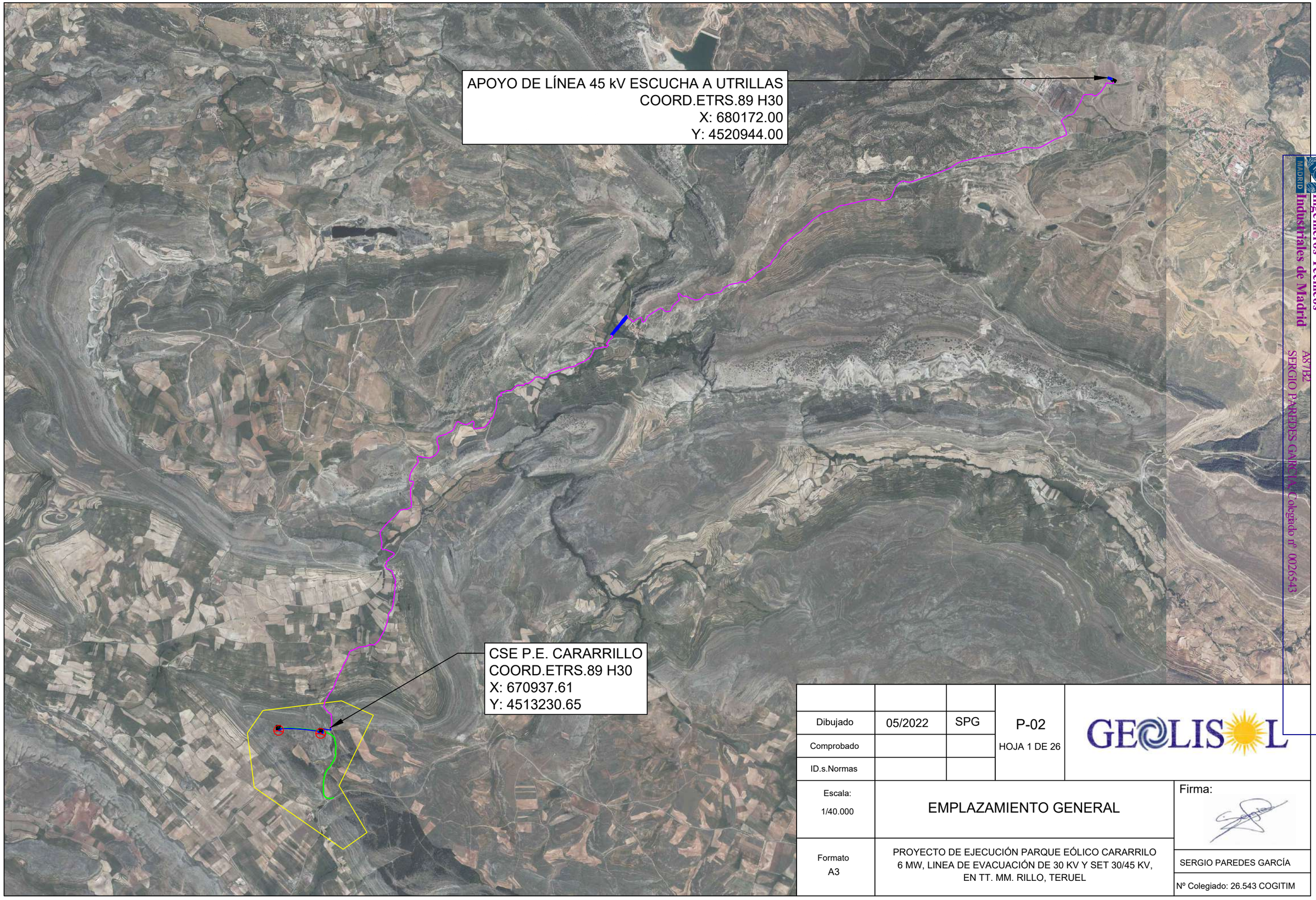
CAPÍTULO 9. PLANOS





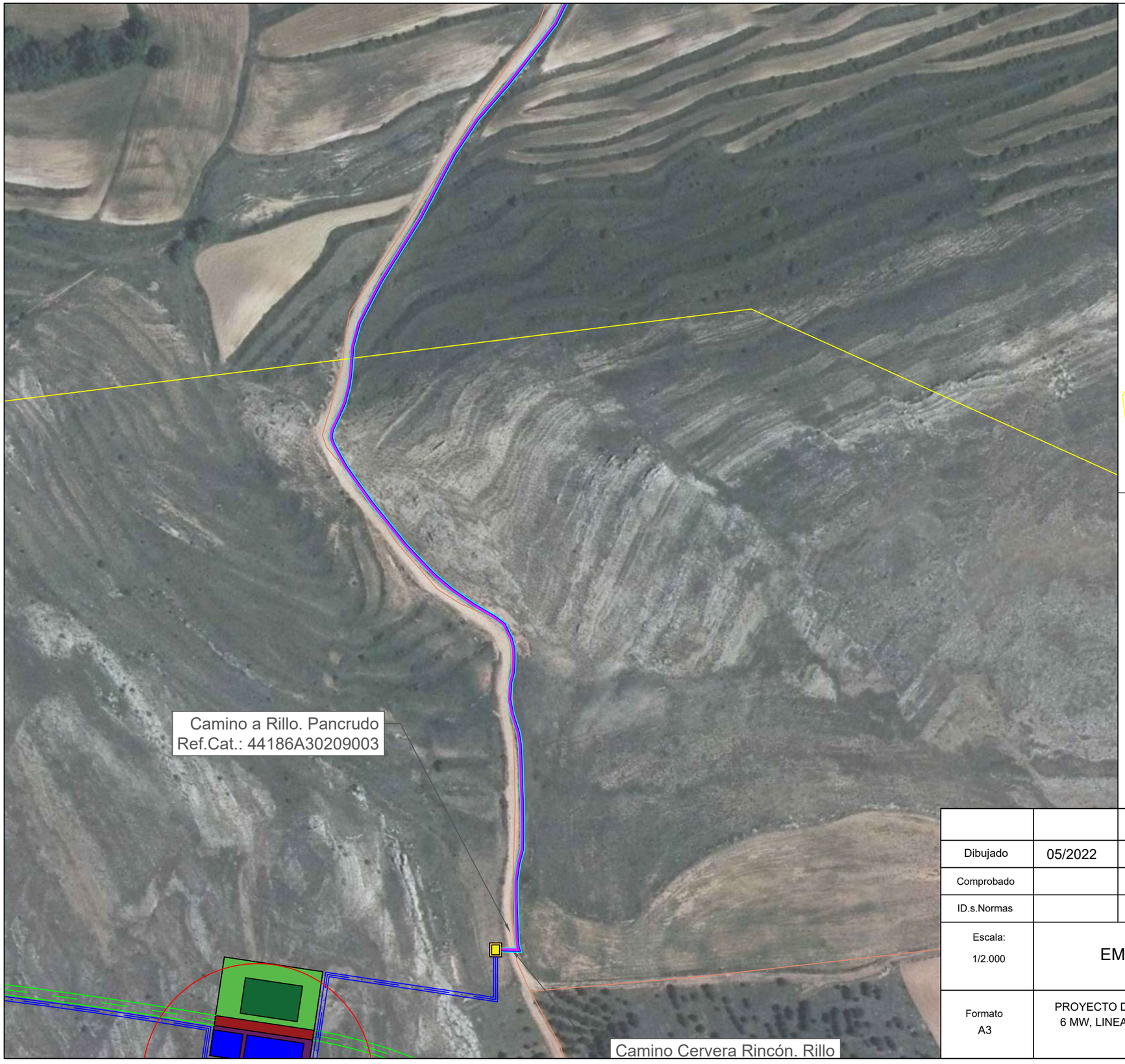
Dibujado	05/2022	SPG	P-01 HOJA 1 DE 1	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	SITUACIÓN			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

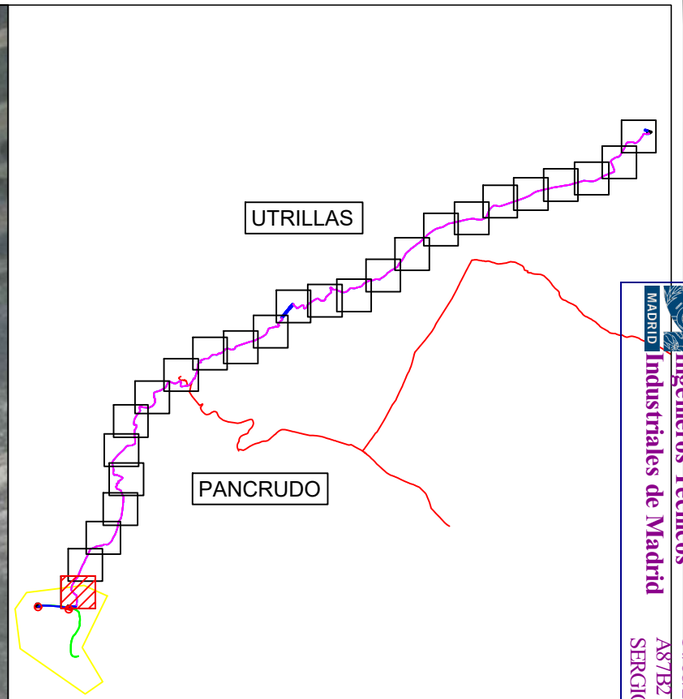
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A8/B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2915820
VISADO



Dibujado	05/2022	SPG	P-02	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 1 DE 26	
ID.s.Normas				
Escala: 1/40.000	EMPLAZAMIENTO GENERAL			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA
				Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento PVT/9/15/20
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCÍA, Colegiado nº 0026543



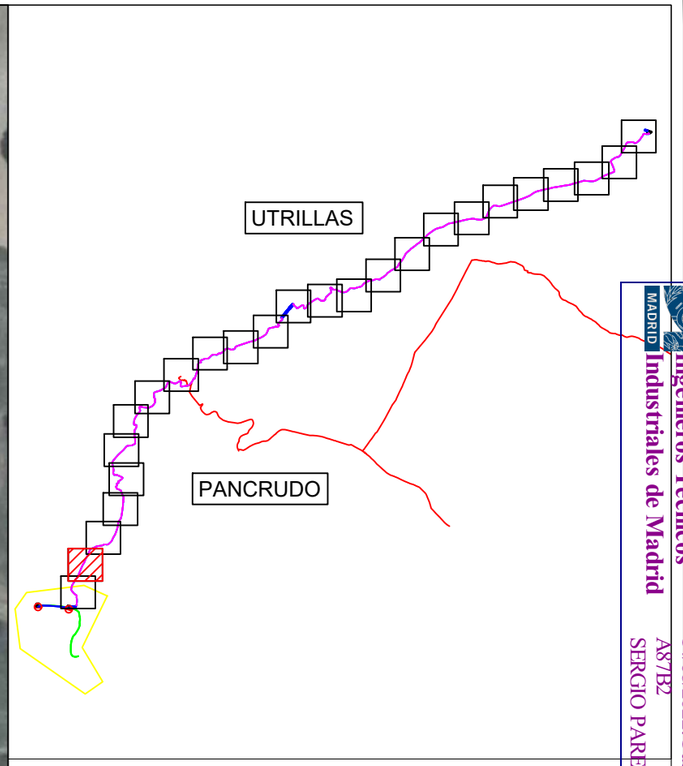


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 2 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 1			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO



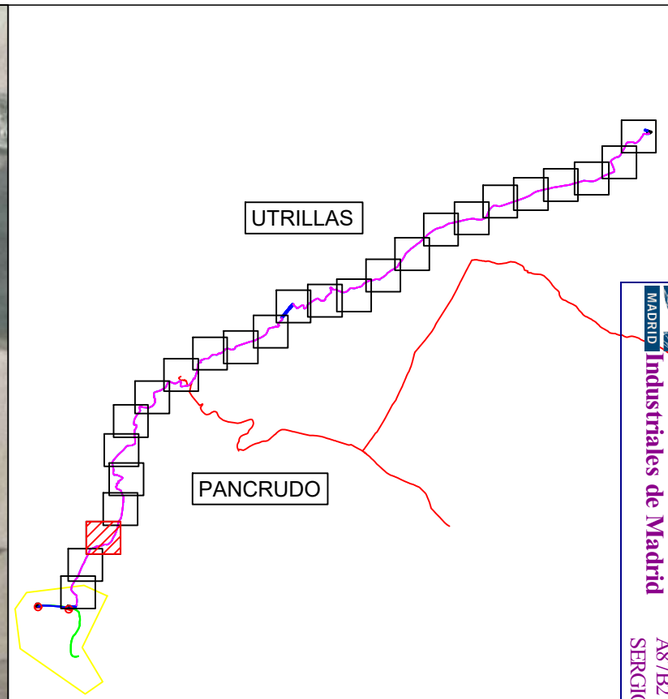


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

Dibujado	05/2022	SPG	P-02 HOJA 3 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 2			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



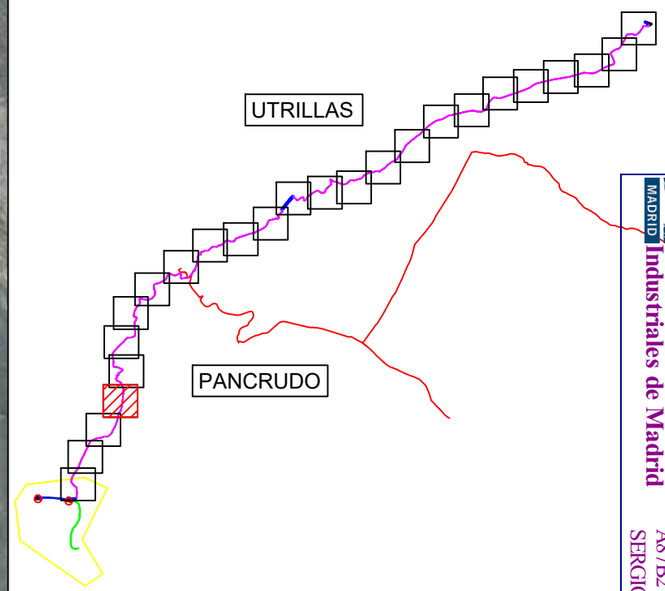


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 4 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 3			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

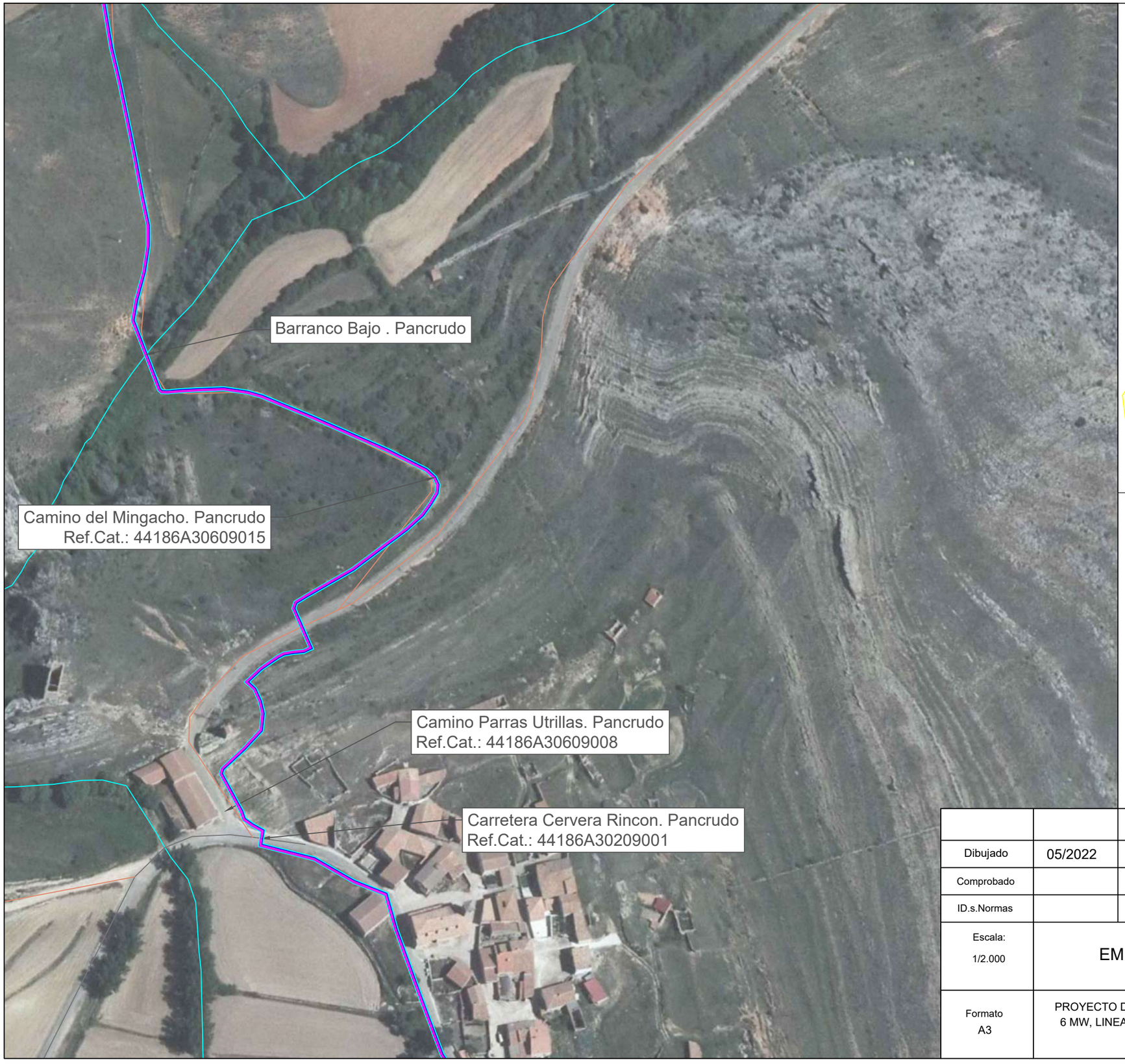


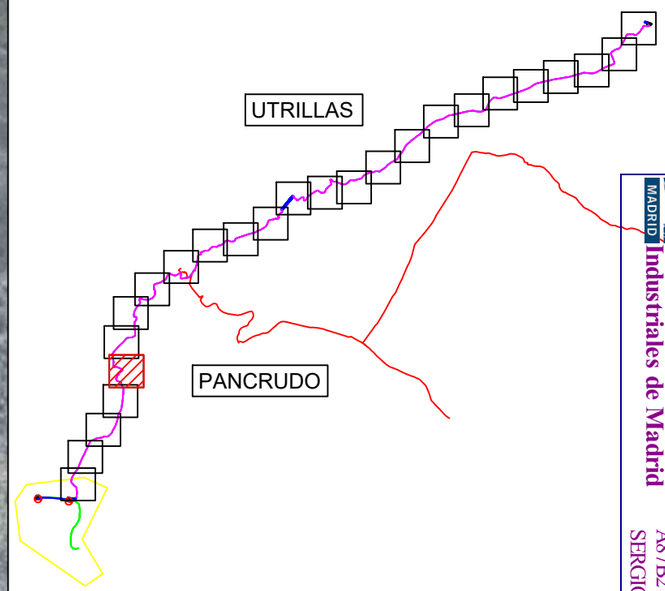


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 5 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 4			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

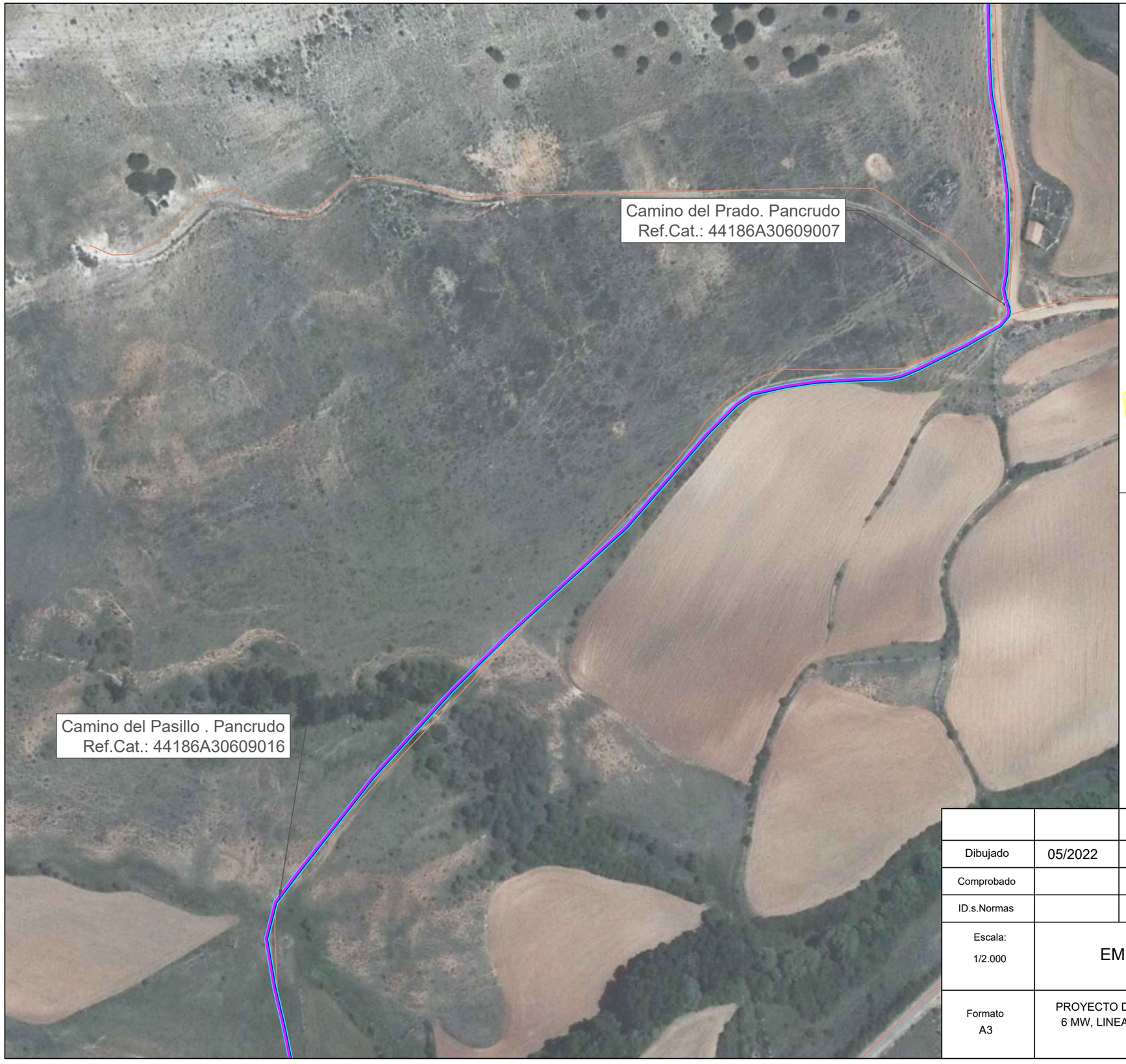


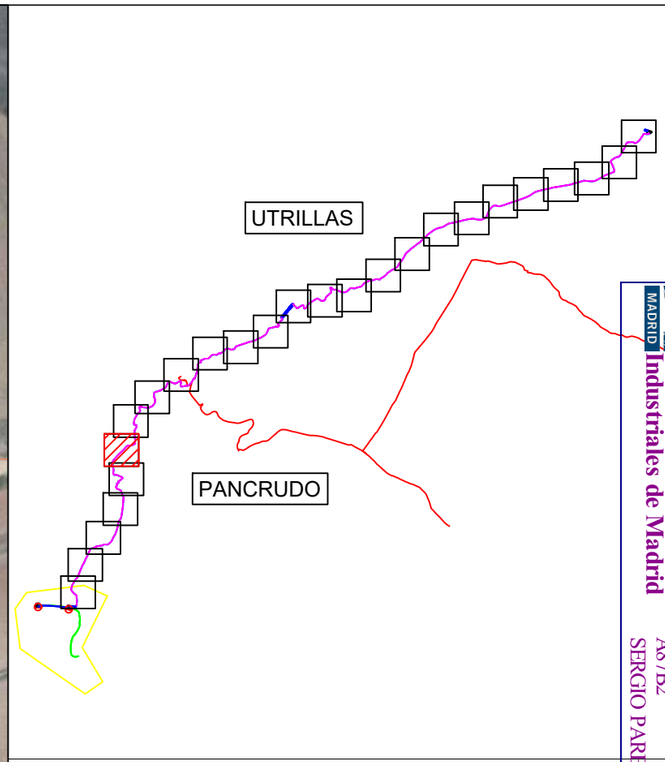


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 6 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 5			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

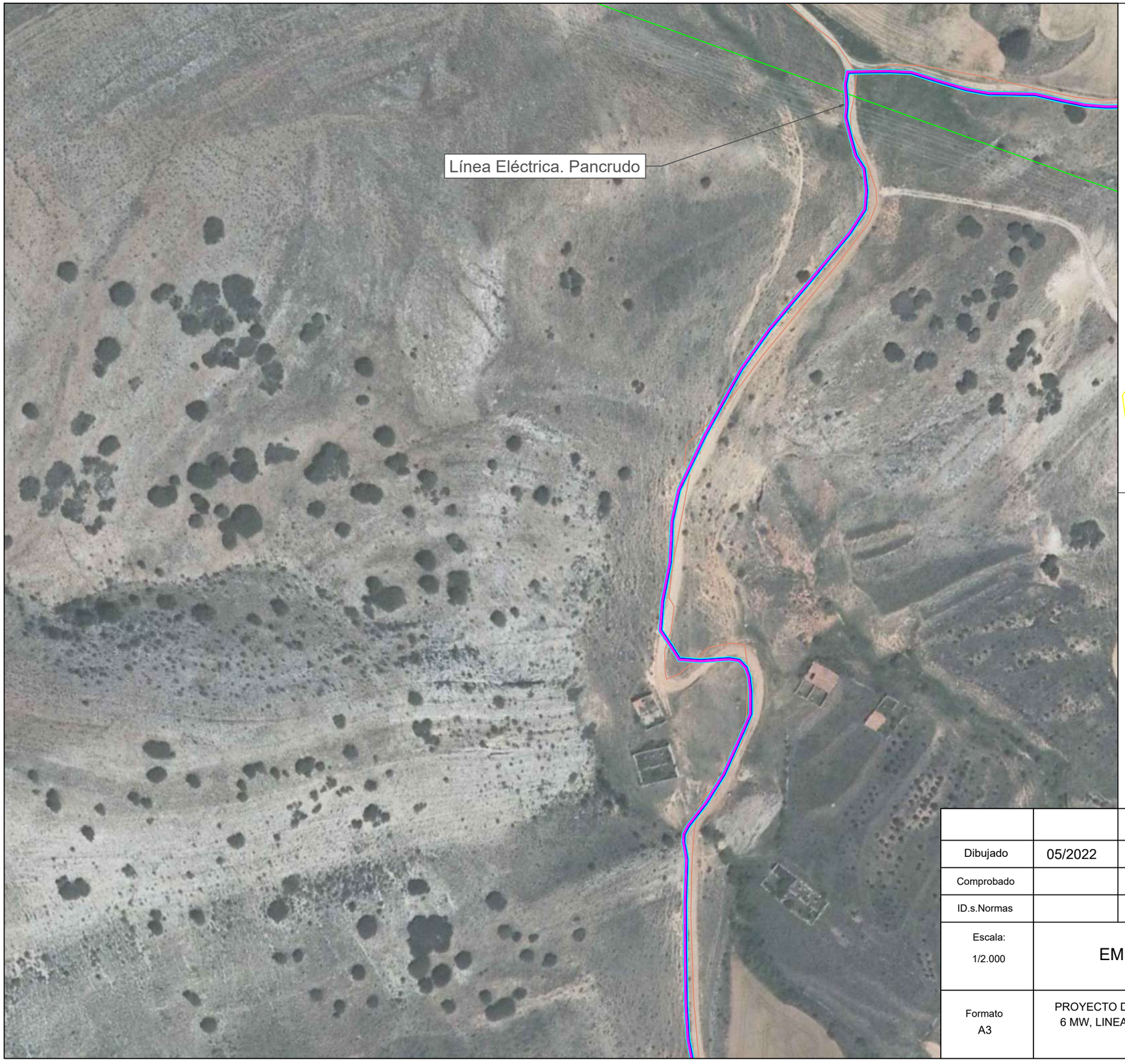


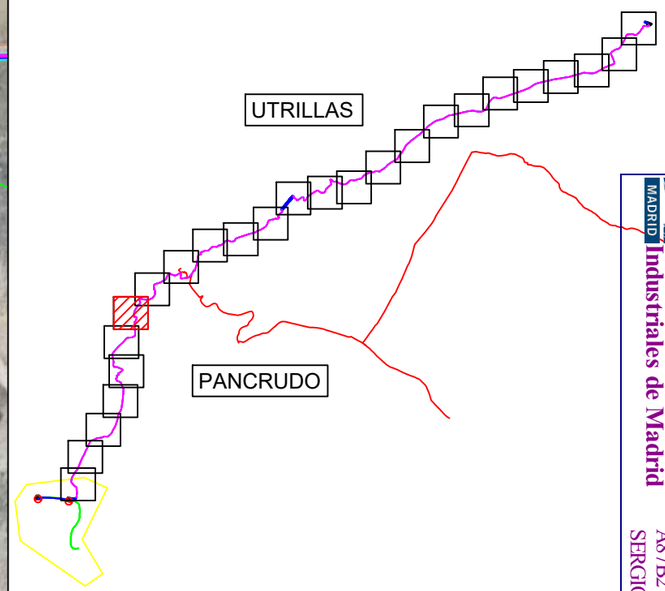


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

Dibujado	05/2022	SPG	P-02 HOJA 7 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 6			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2915820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

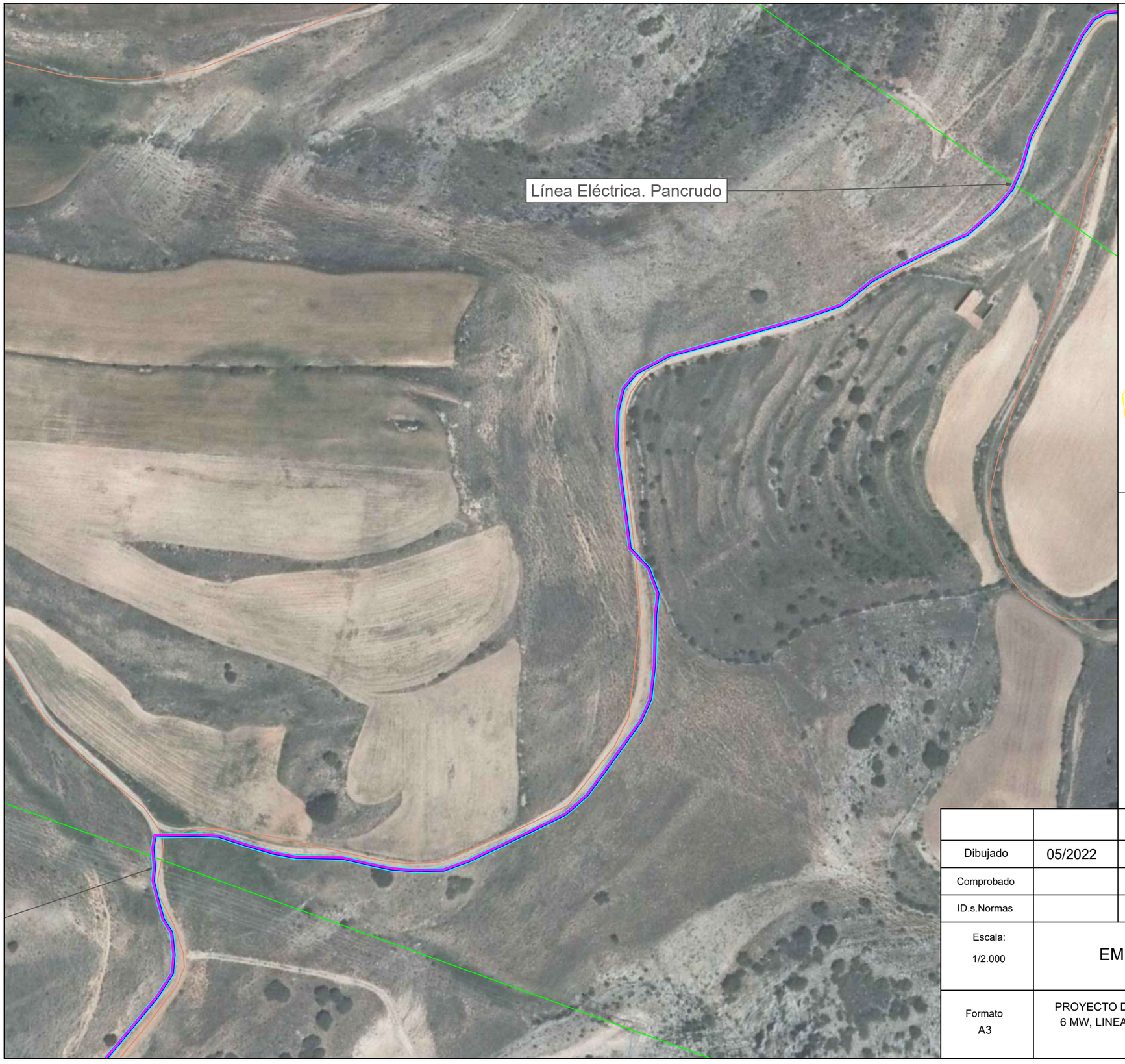


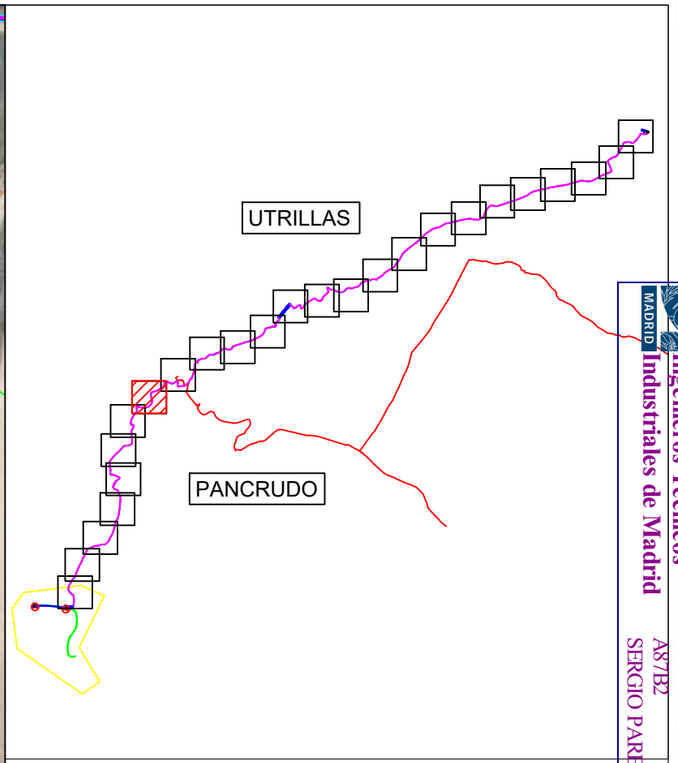


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 8 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 7			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

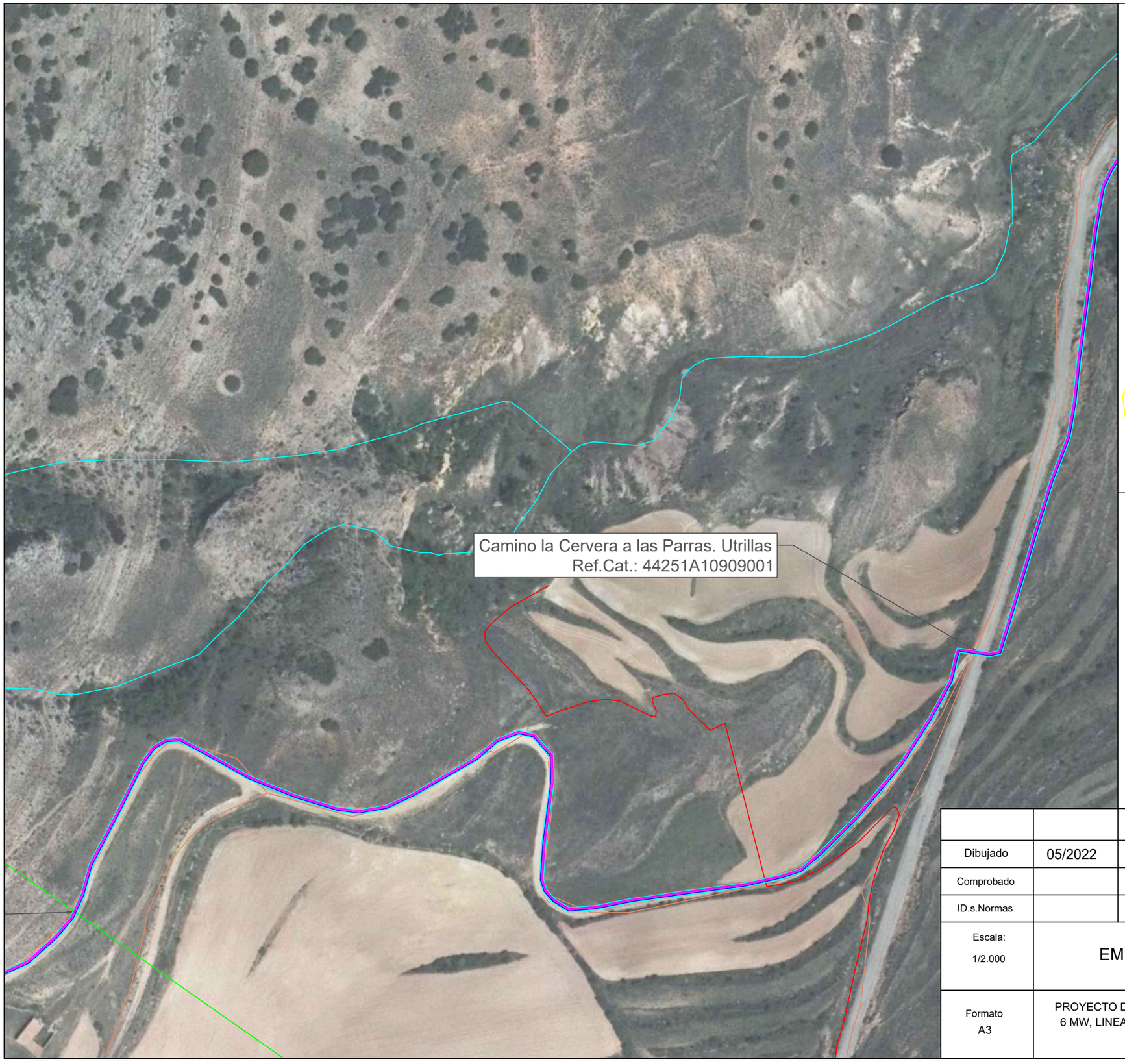


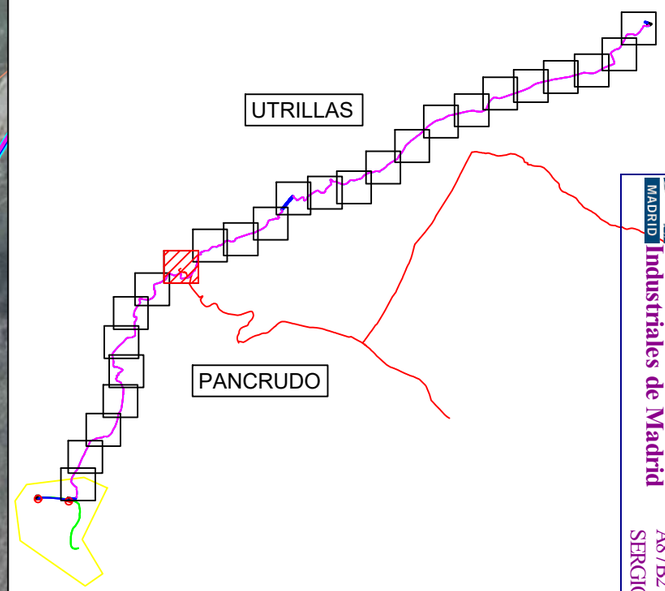


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

Dibujado	05/2022	SPG	P-02 HOJA 9 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 8			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

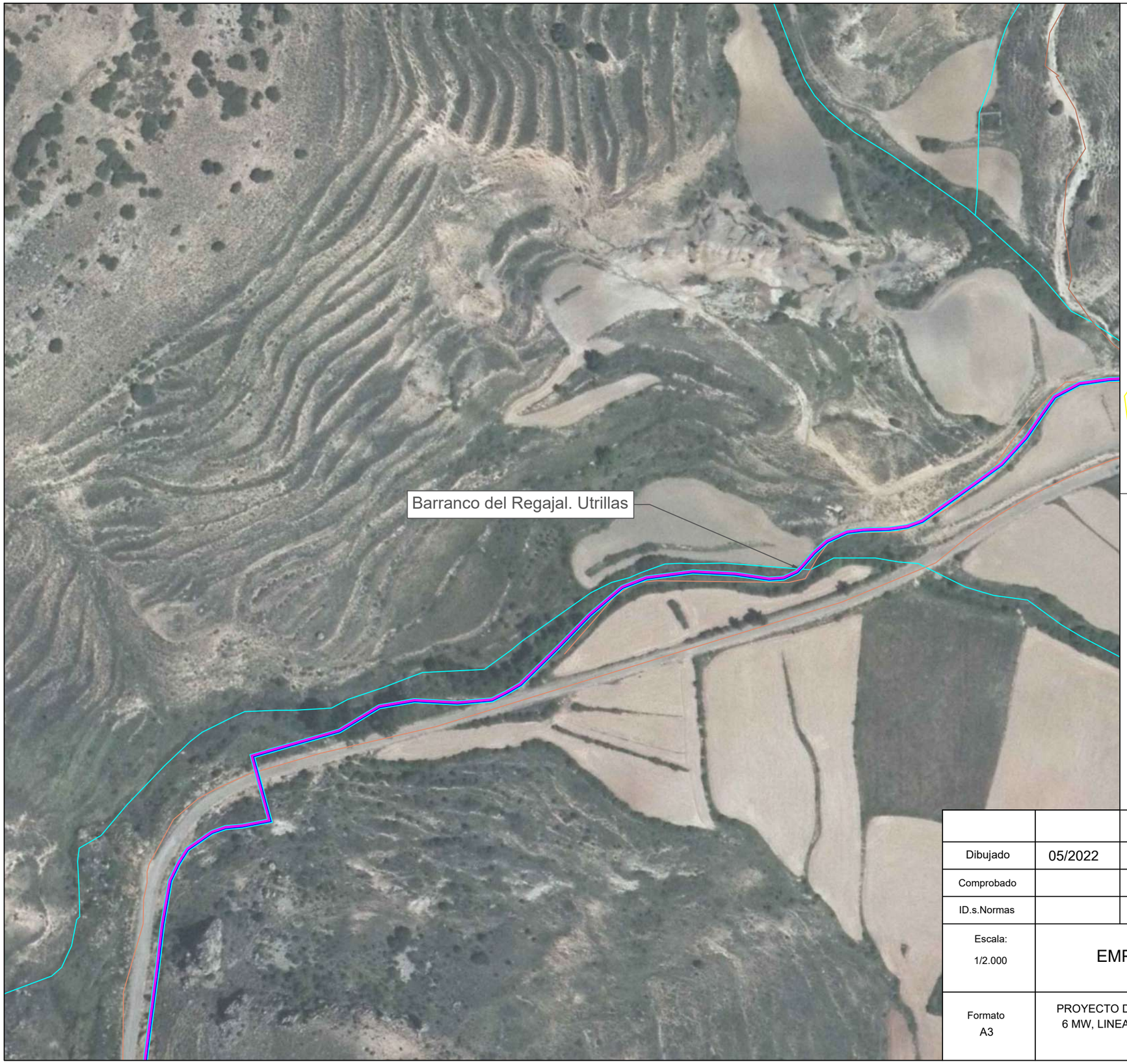


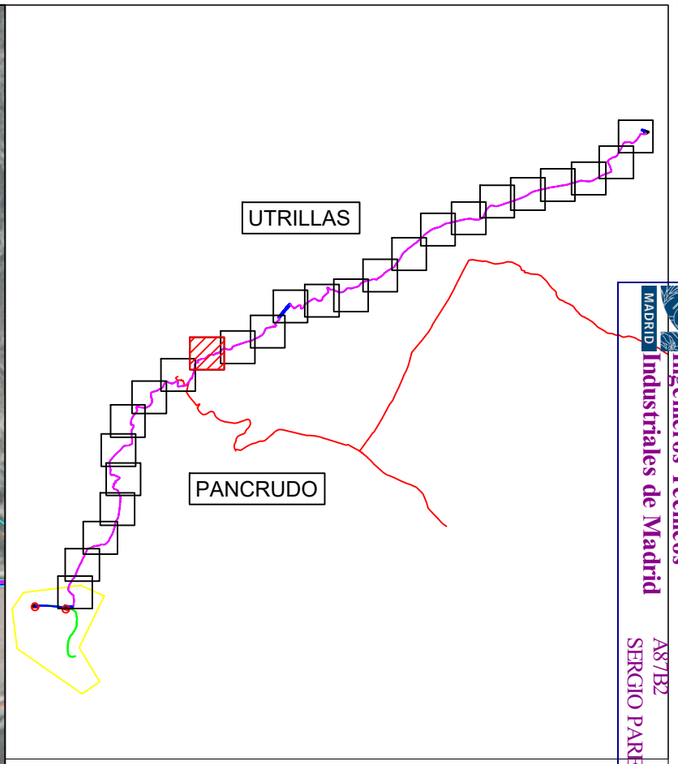


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 10 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 9			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

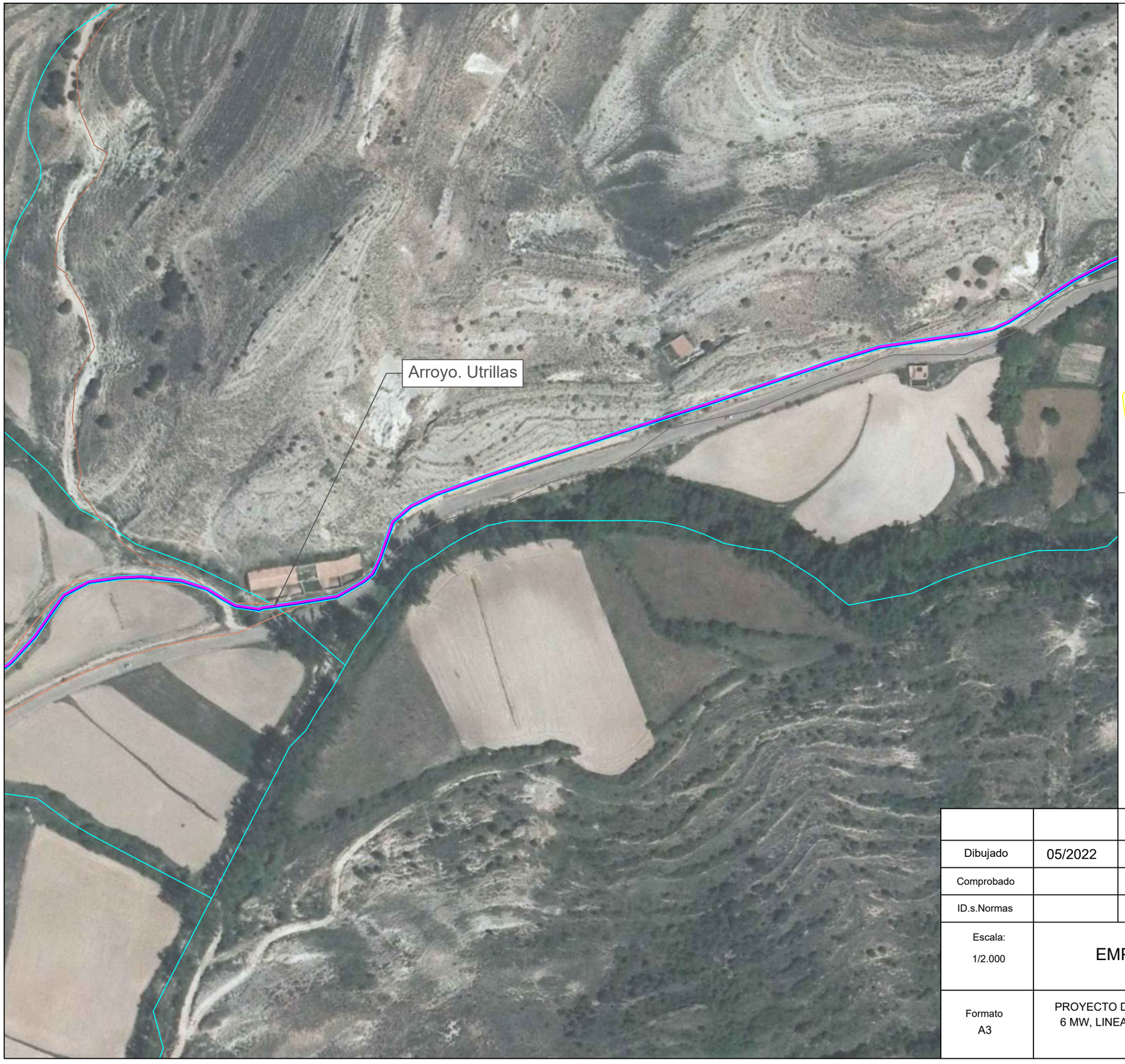


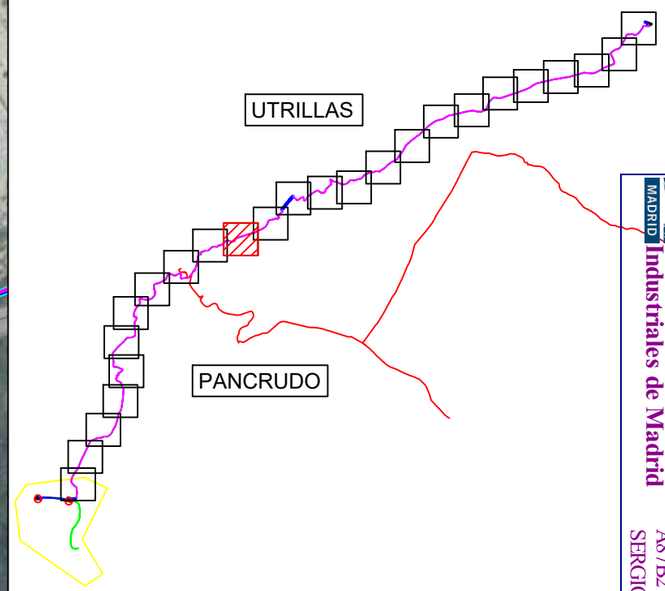


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

Dibujado	05/2022	SPG	P-02 HOJA 11 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 10			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EXT2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

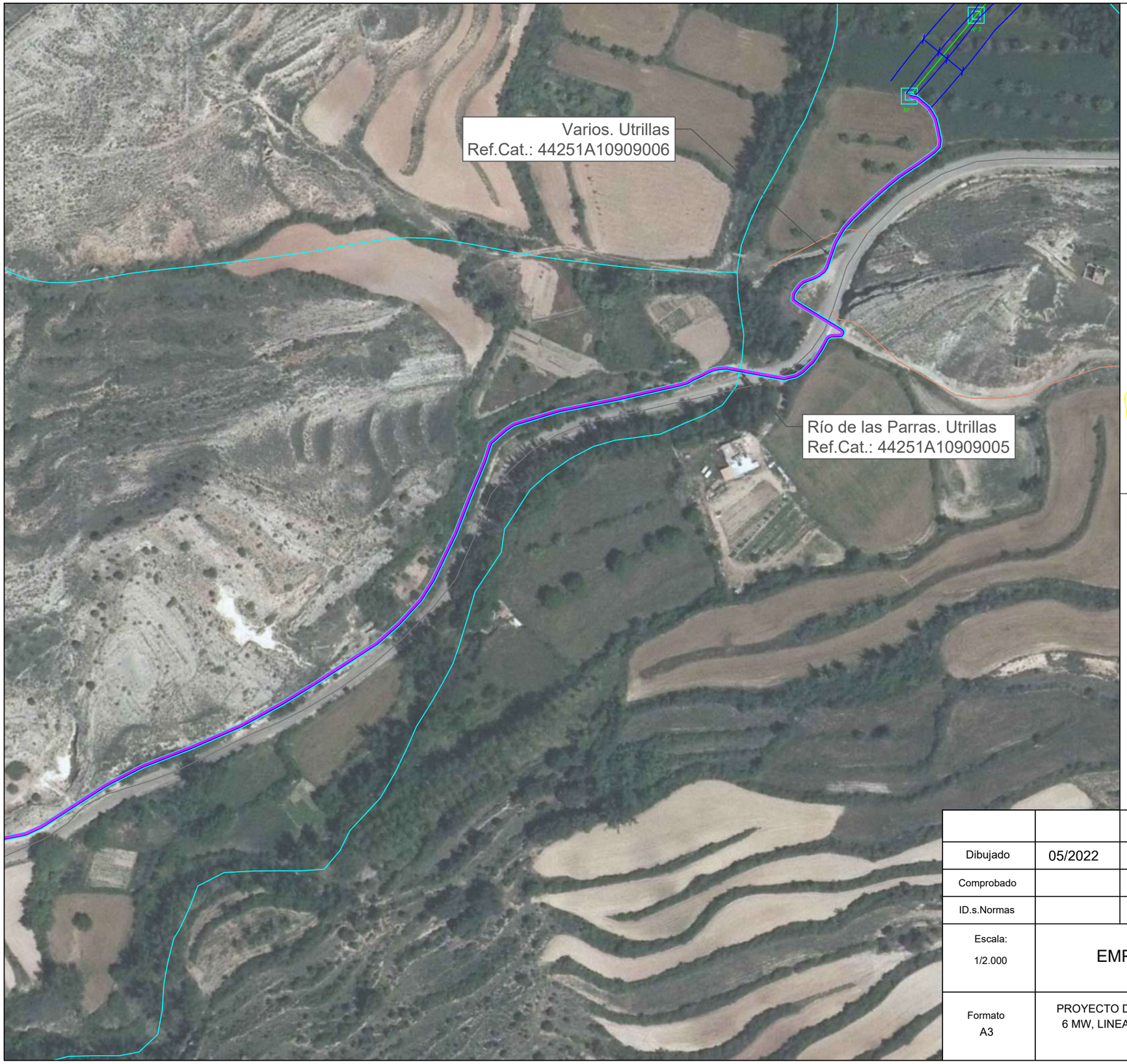


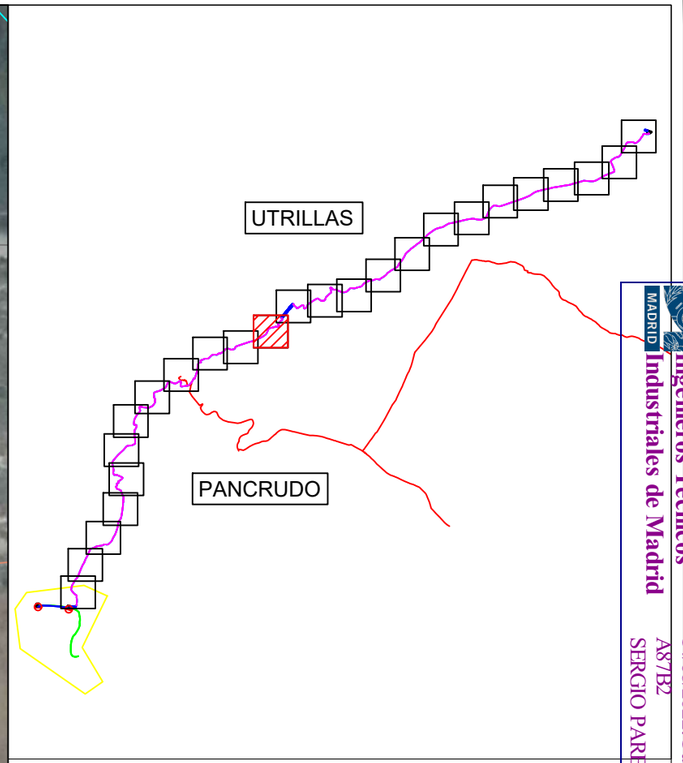


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 12 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 11			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

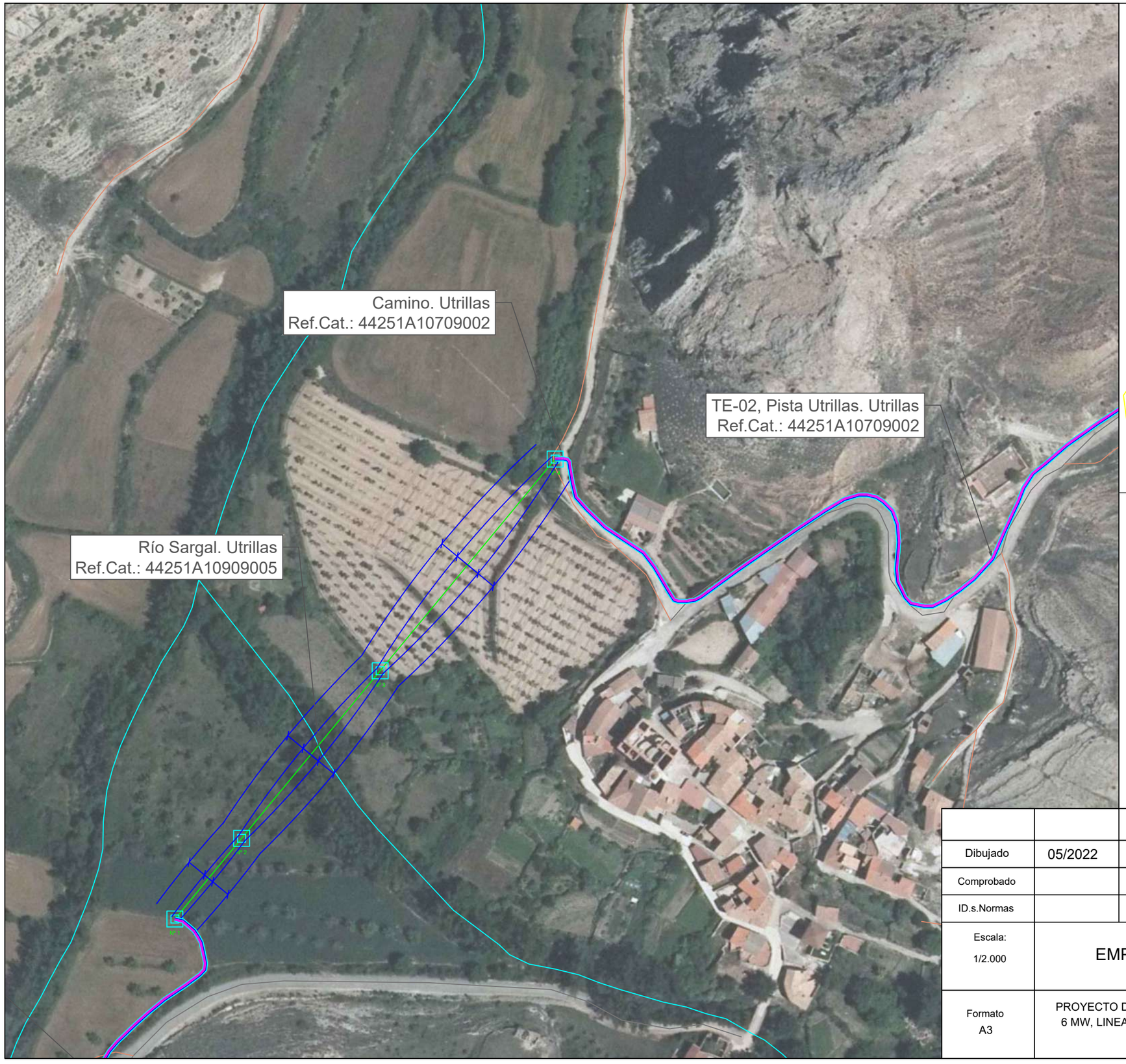


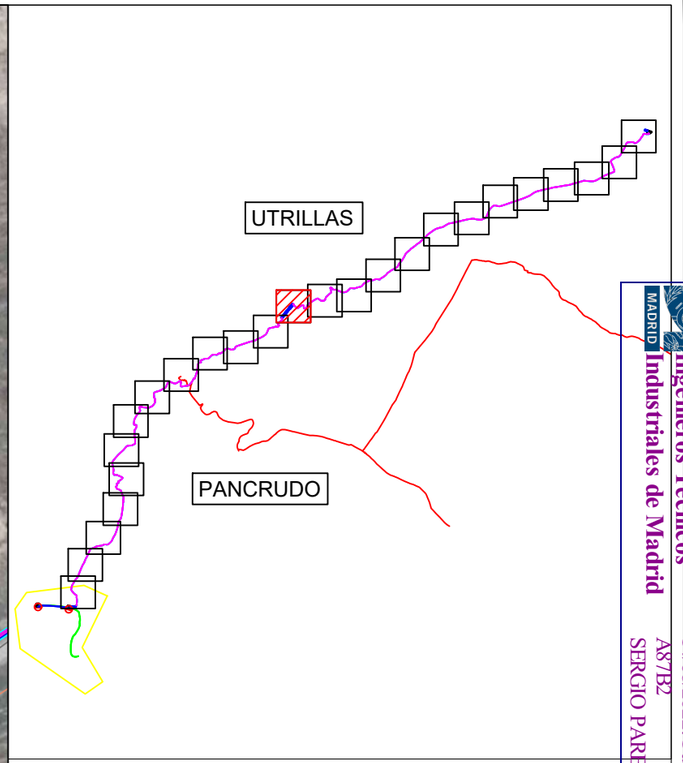


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 13 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 12			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

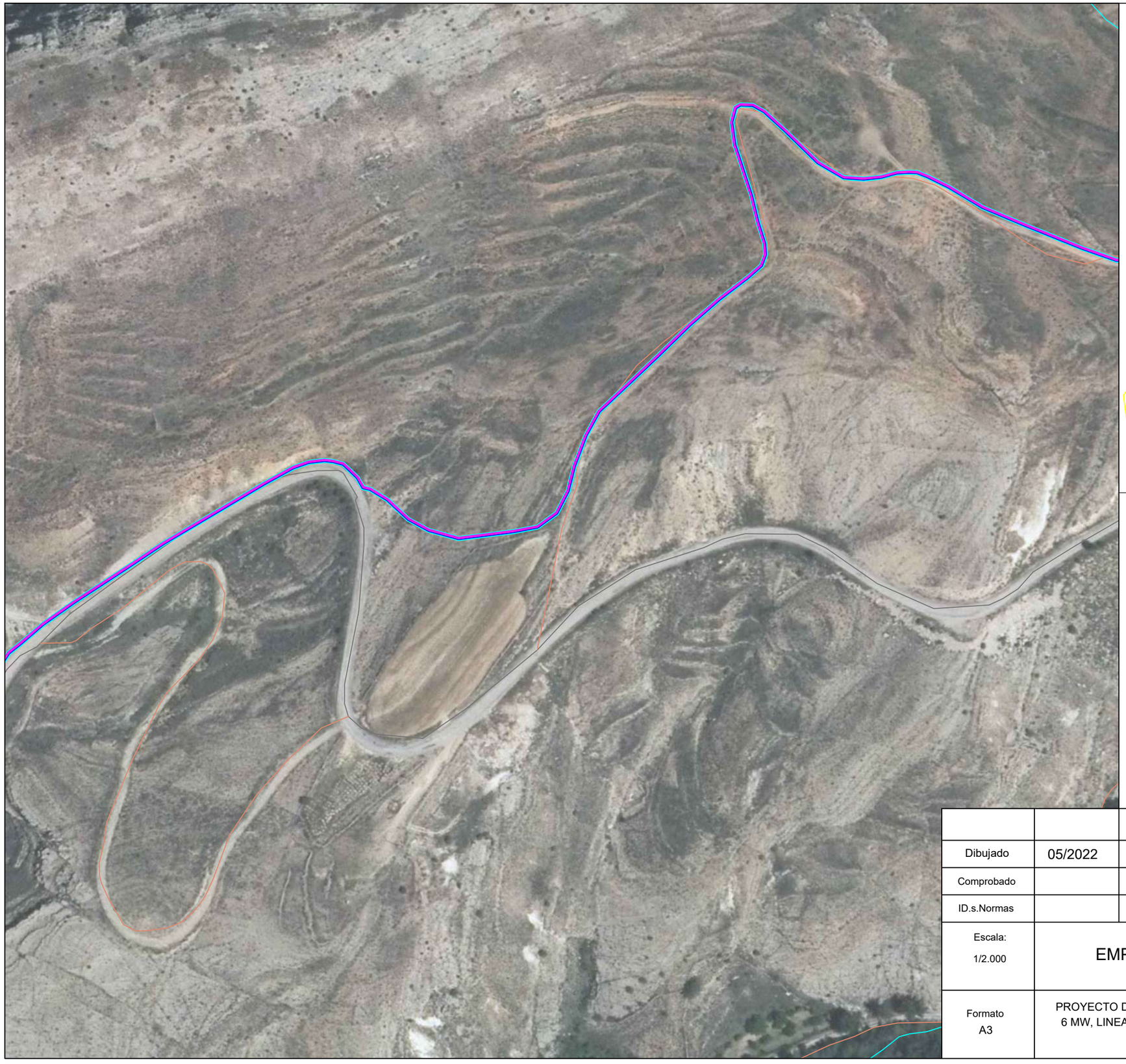


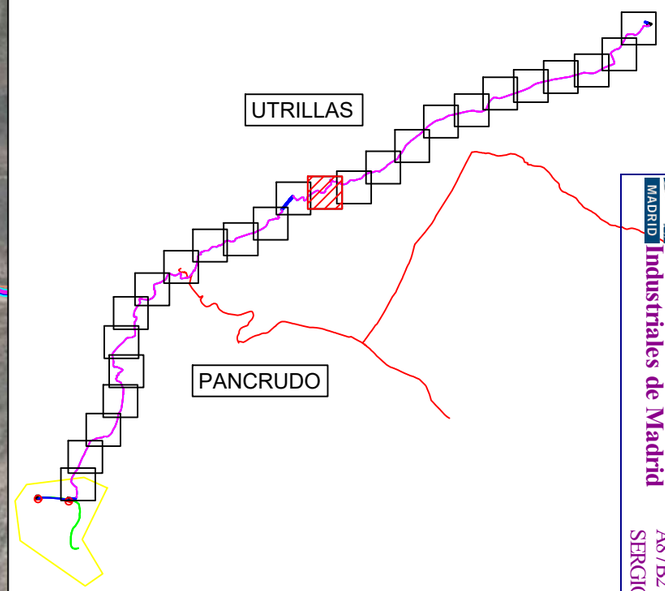


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

Dibujado	05/2022	SPG	P-02 HOJA 14 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 13			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905X20E
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

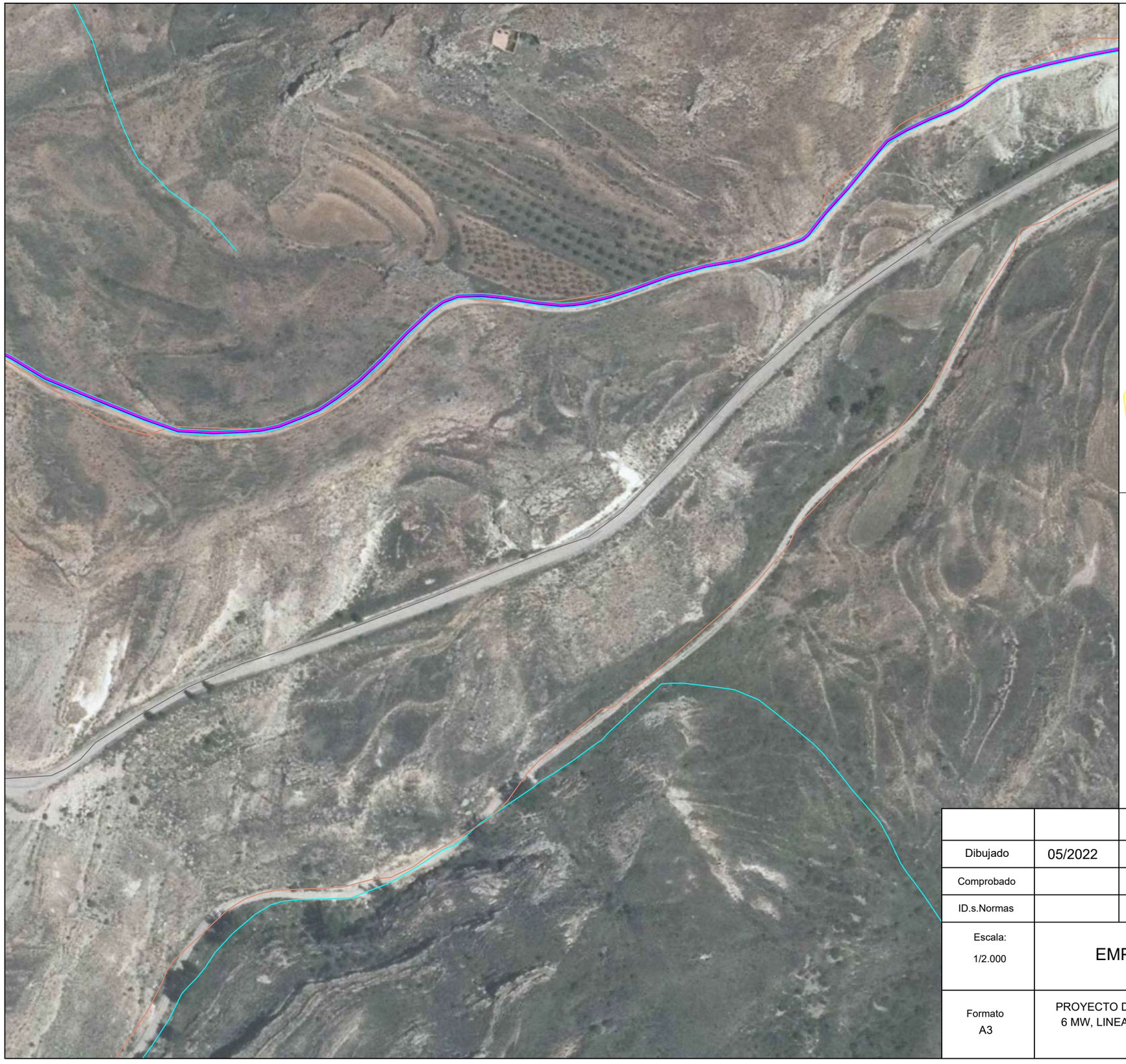


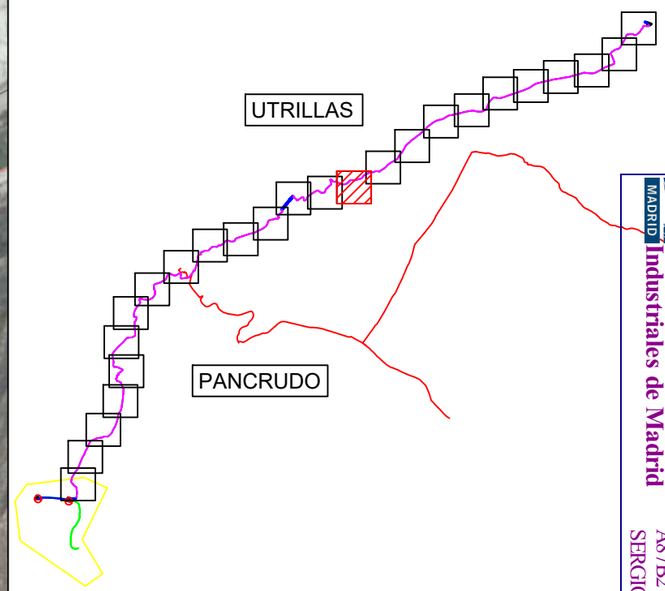


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 15 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 14			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO



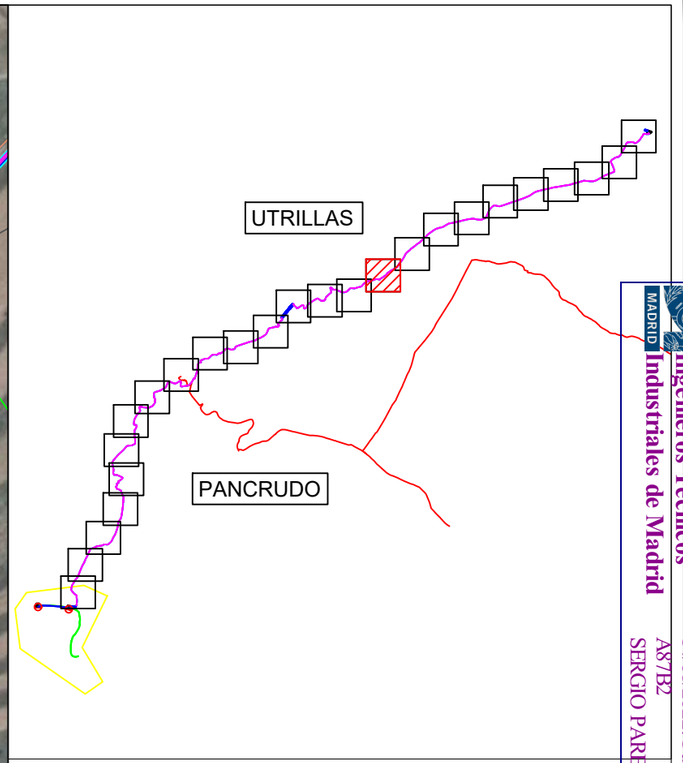


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 16 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 15			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

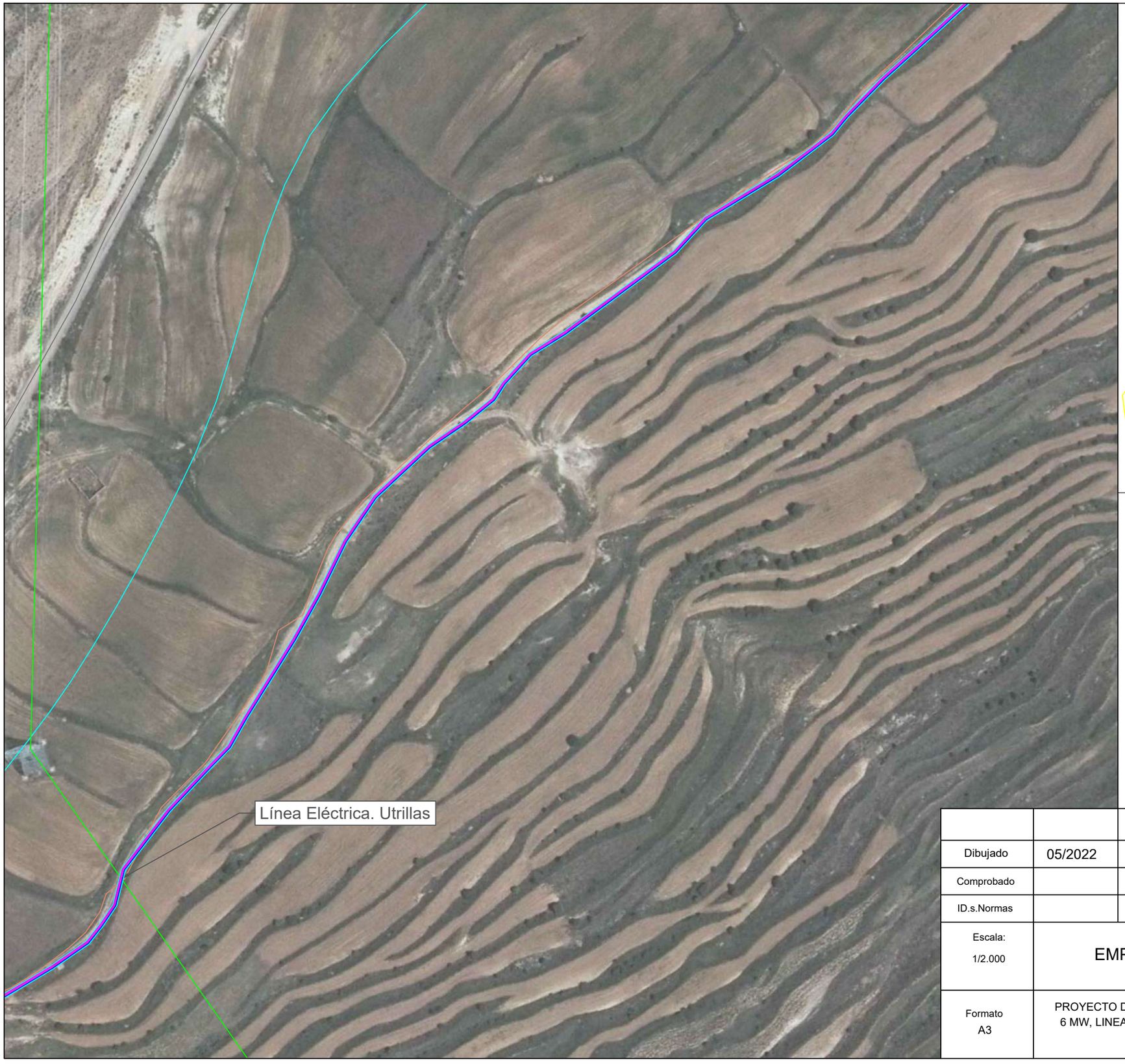


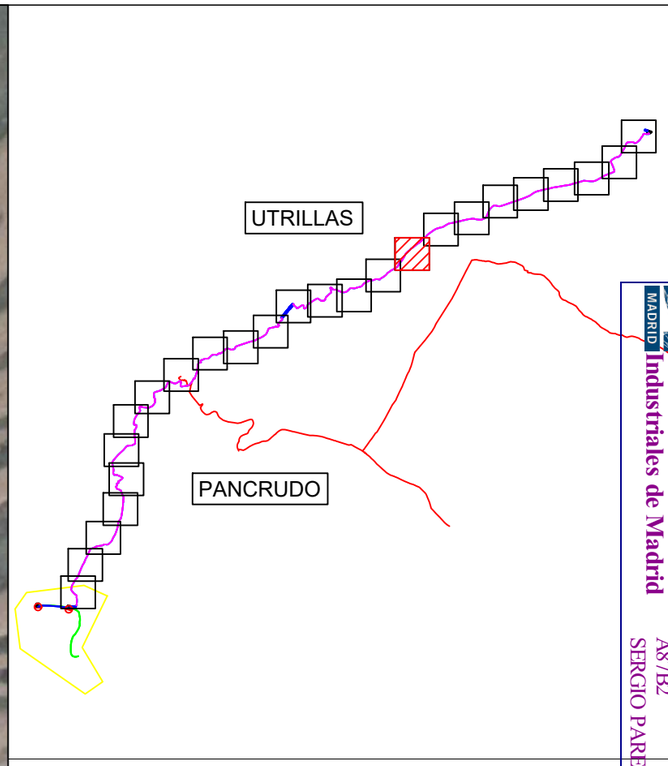


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 17 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 16			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

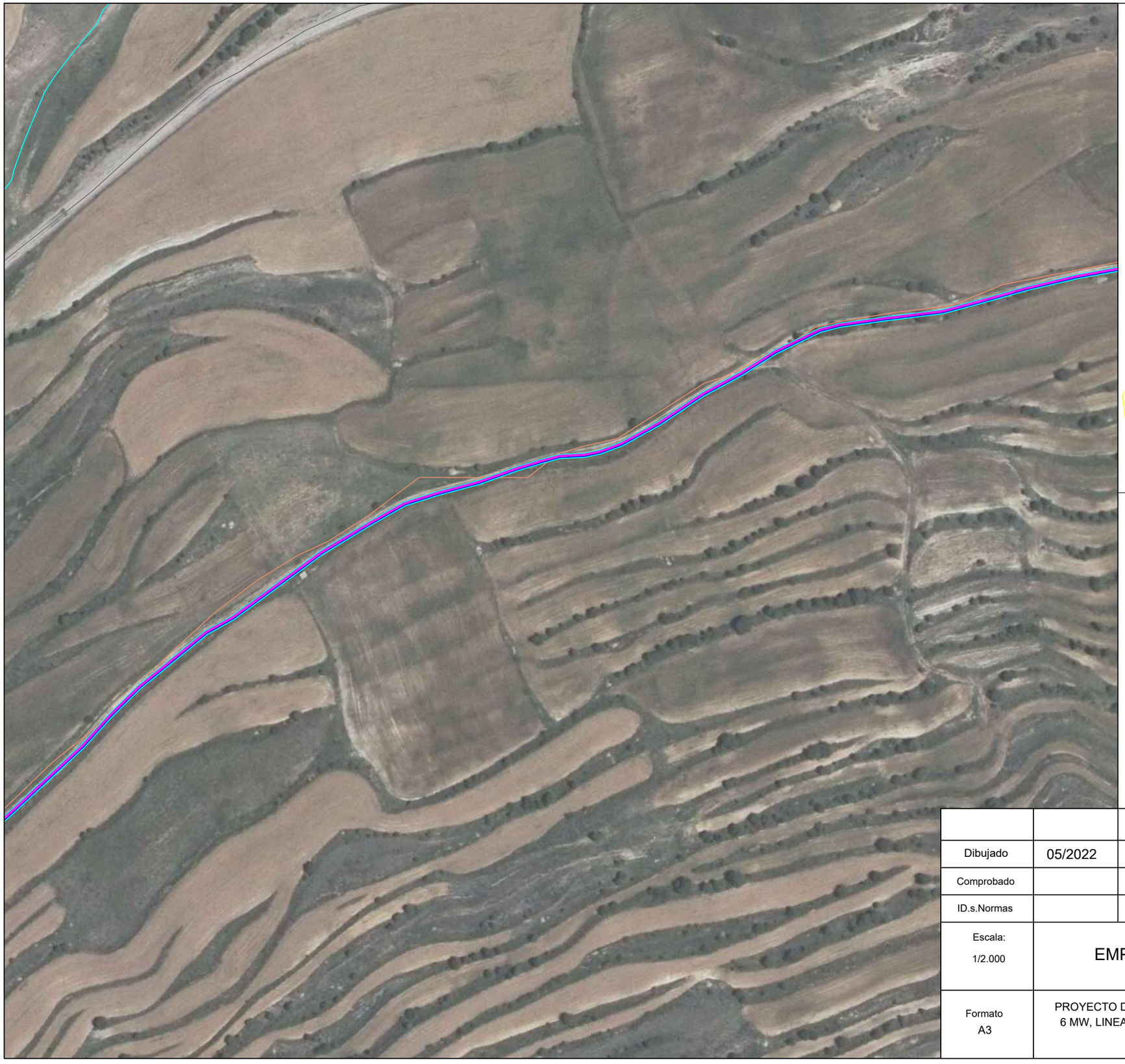


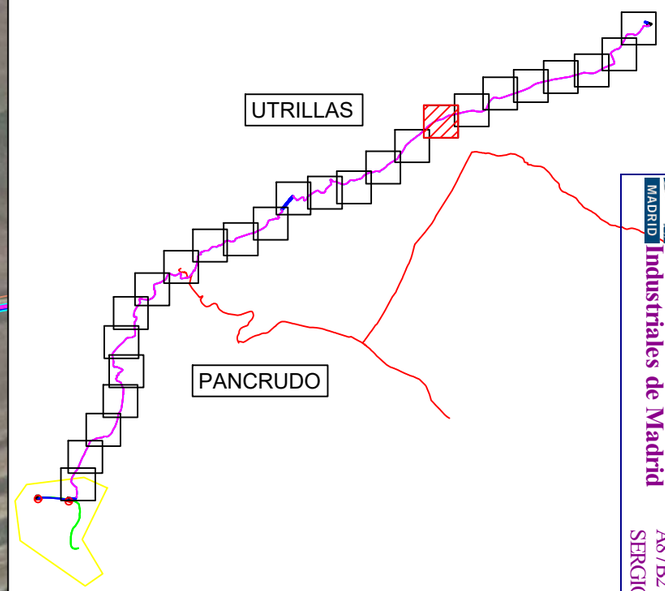


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

Dibujado	05/2022	SPG	P-02 HOJA 18 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 17			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

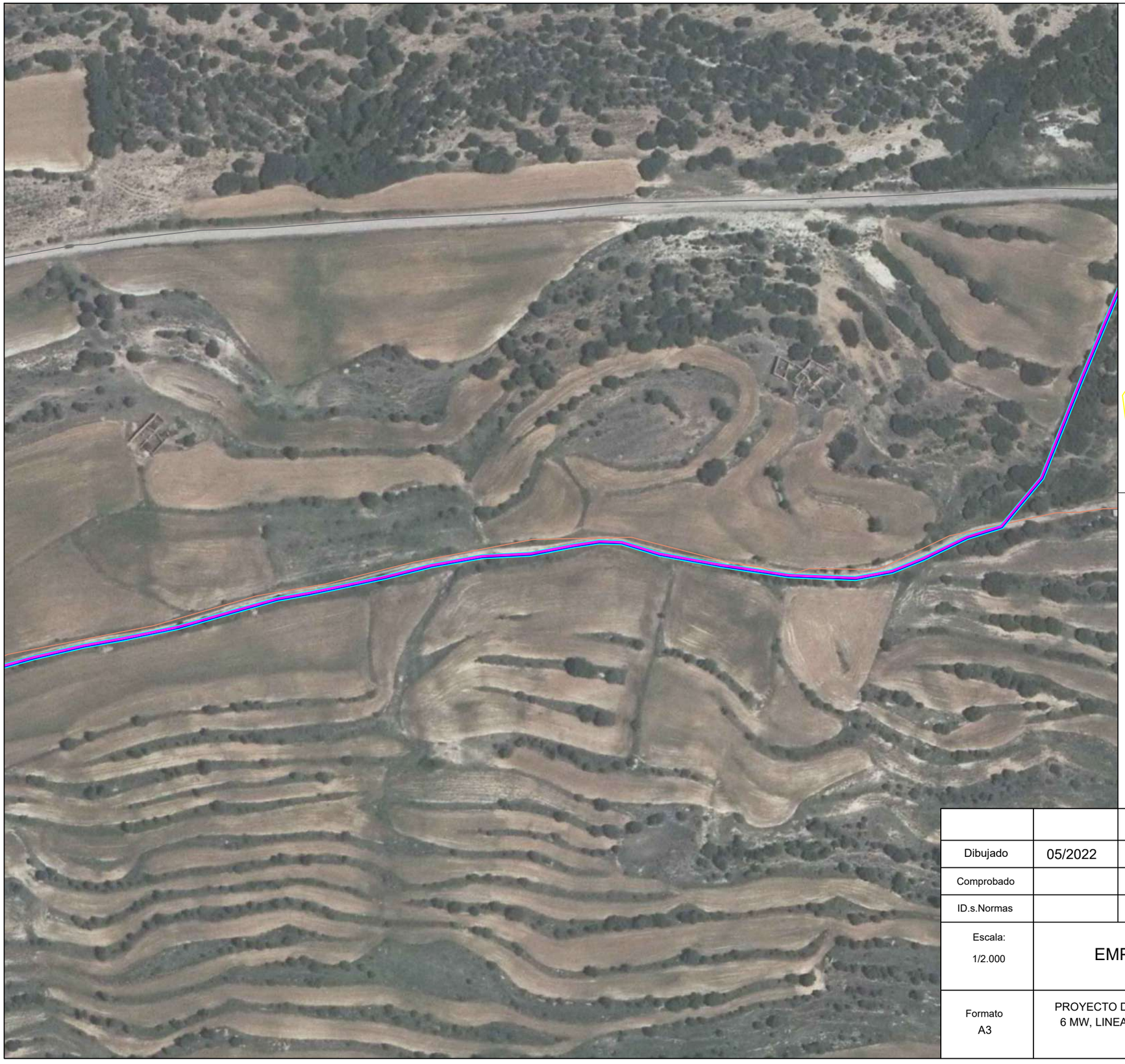


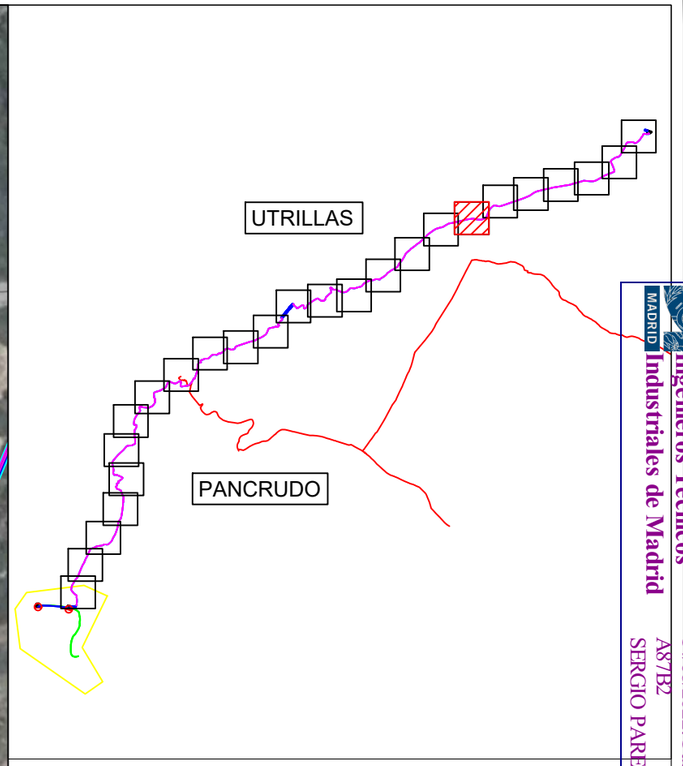


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 19 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 18			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en: www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

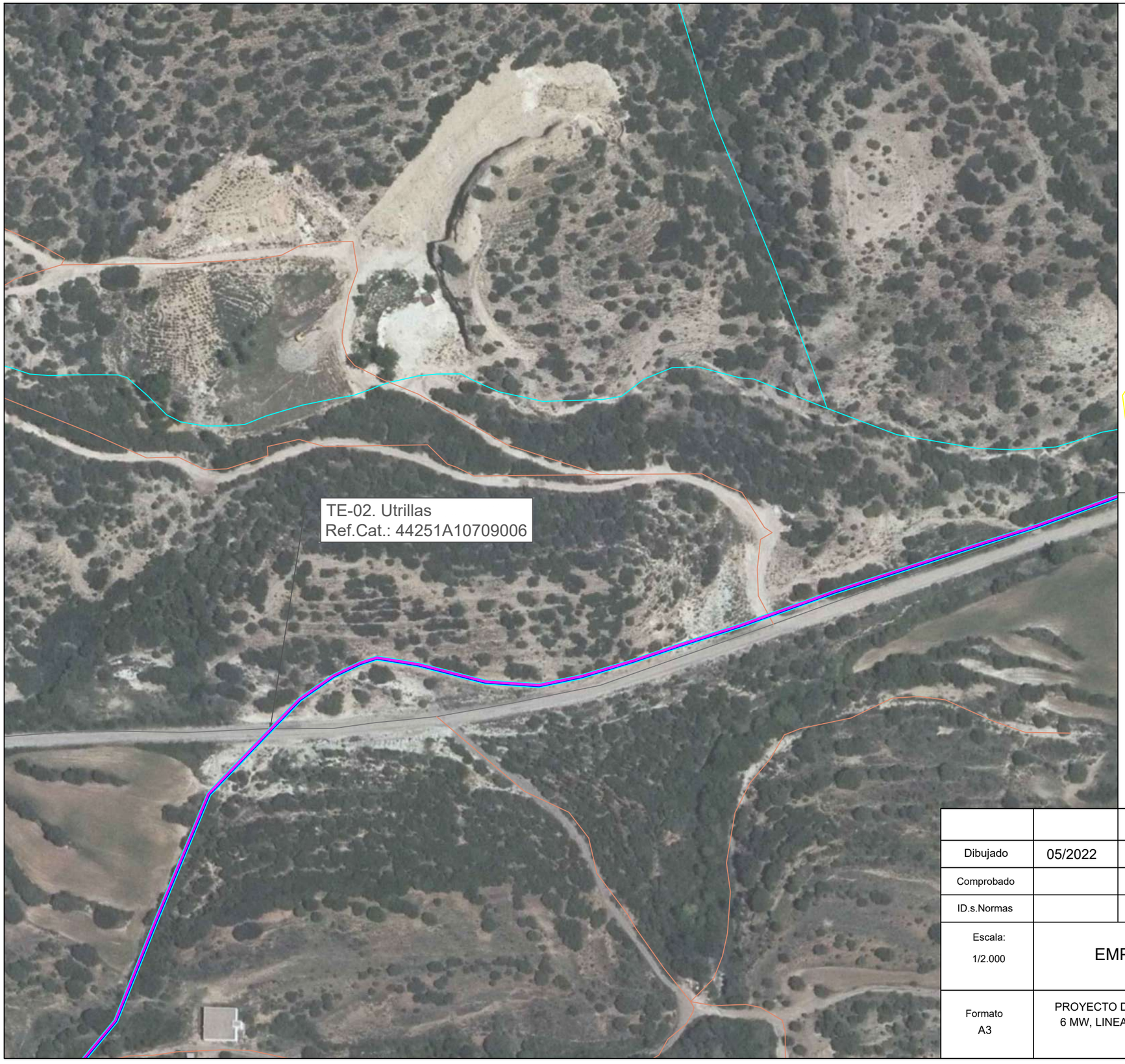


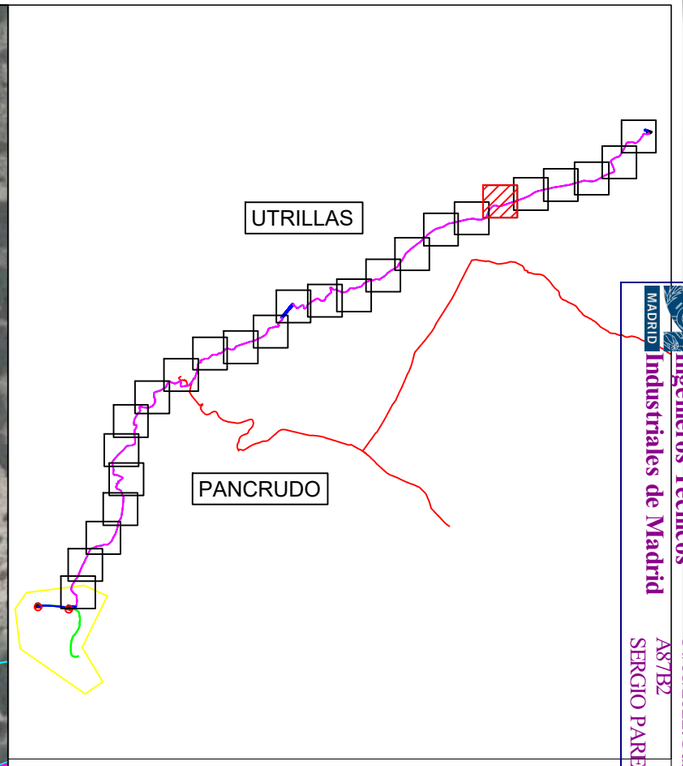


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 20 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 19			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

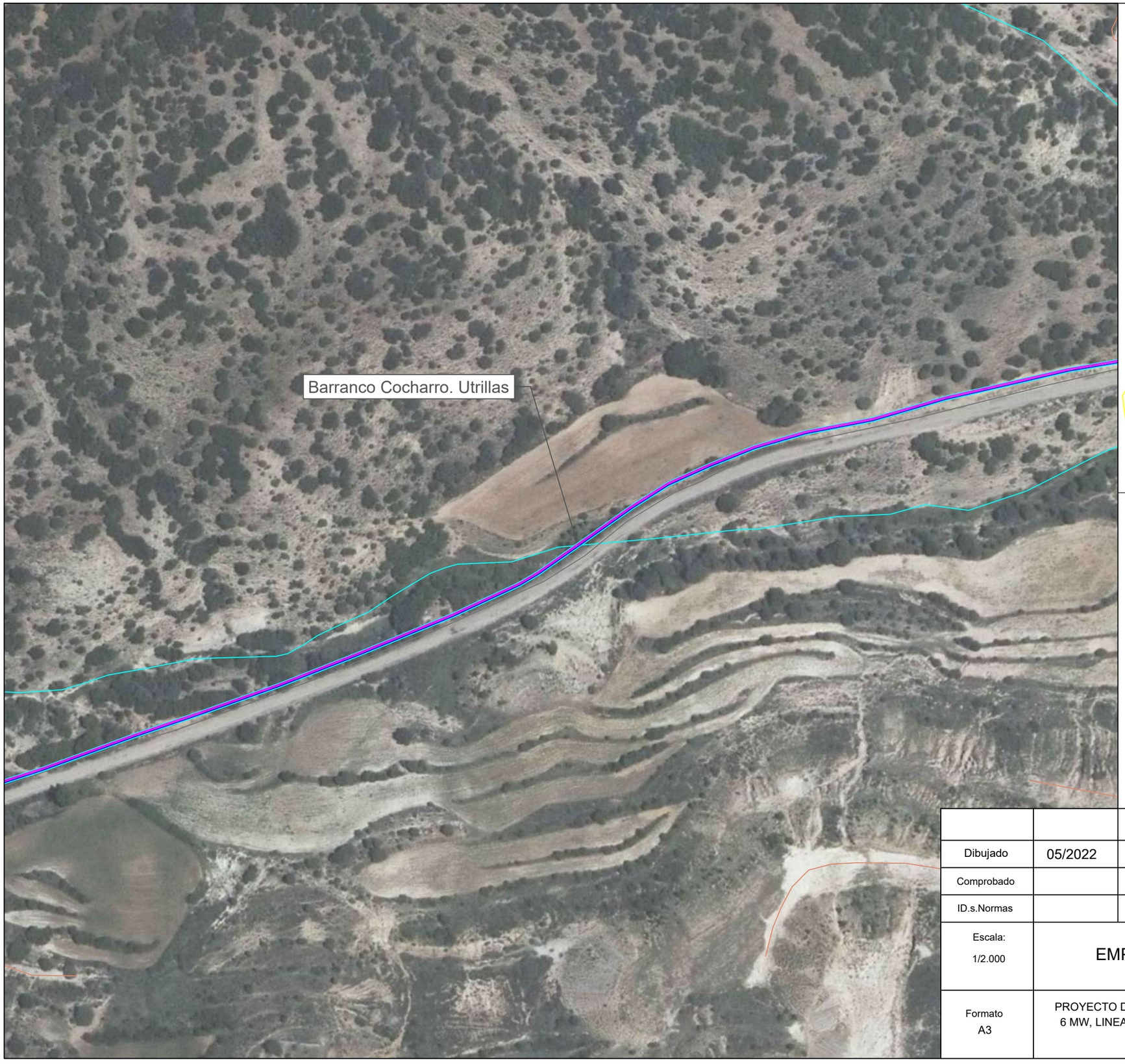


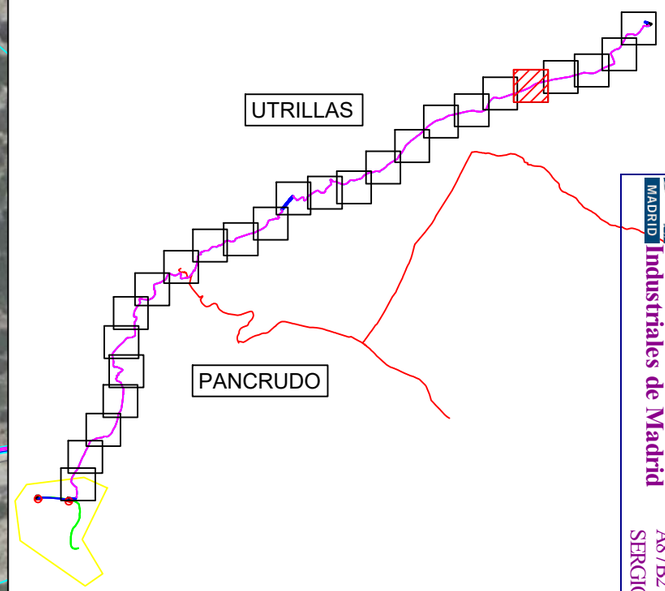


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 21 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 20			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

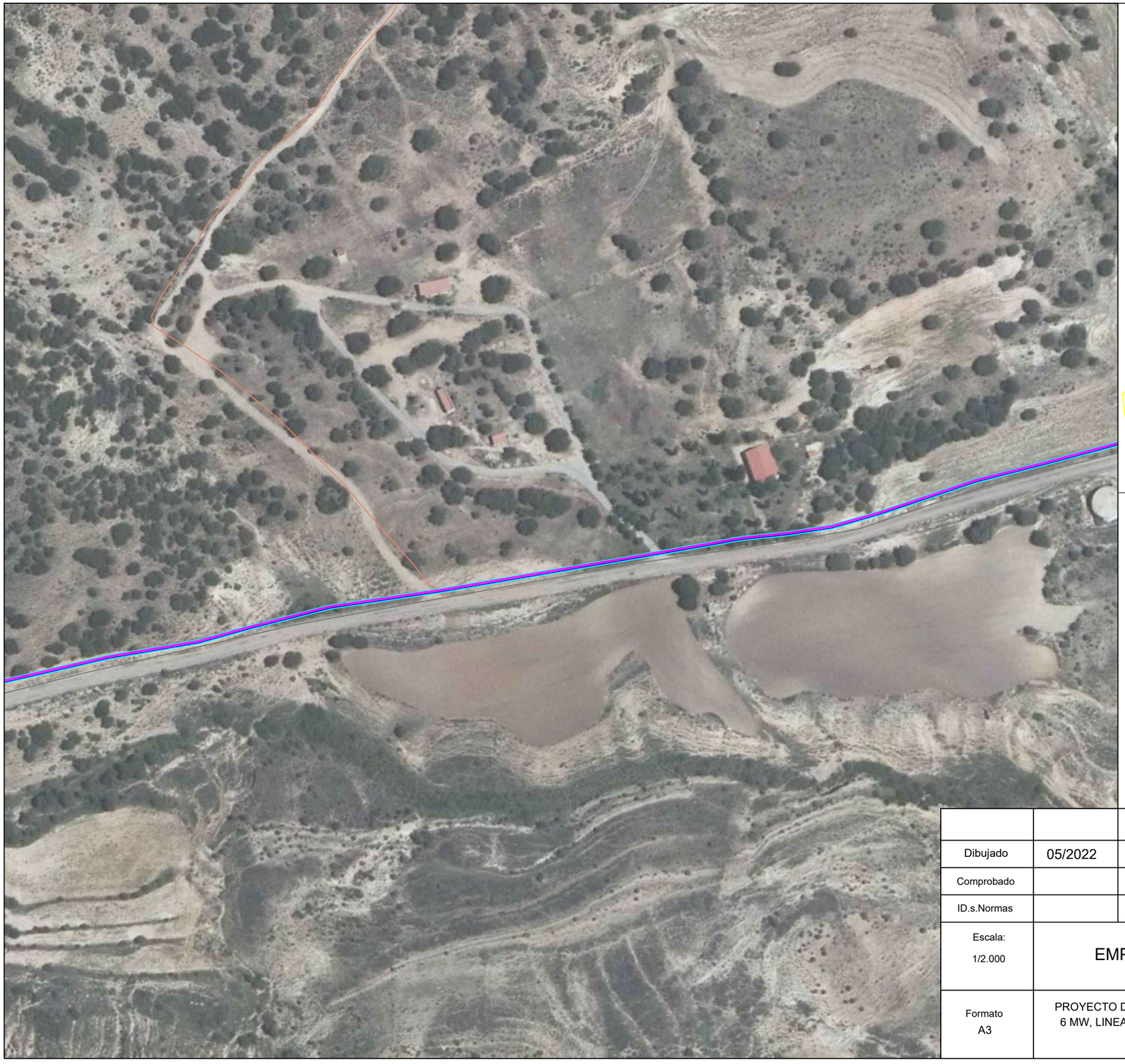


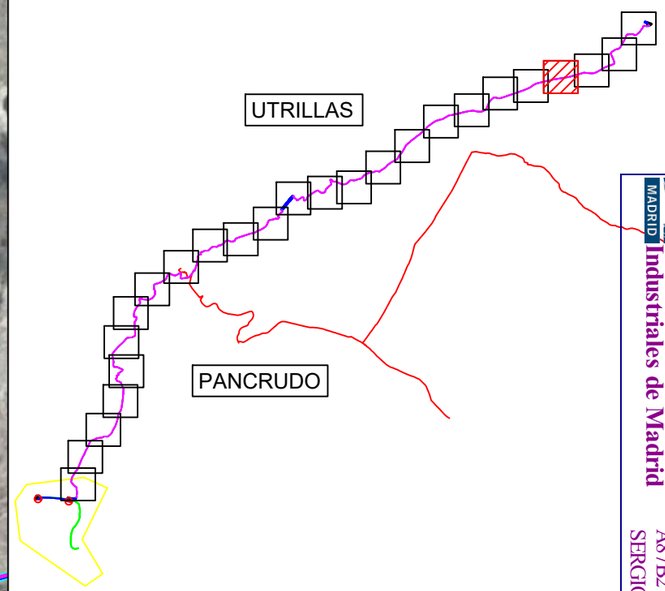


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 22 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 21			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.cogitim.es
VISADO

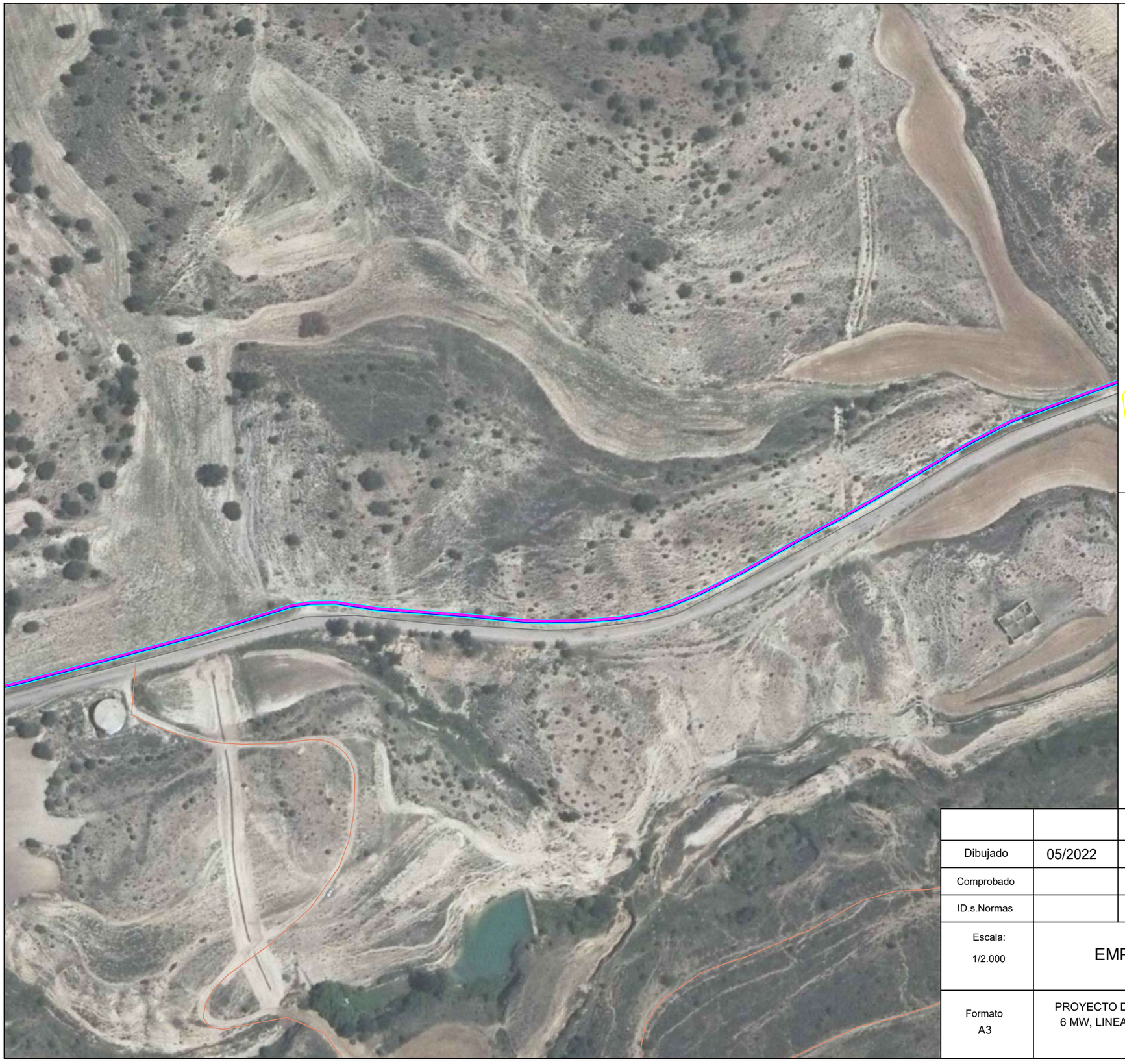


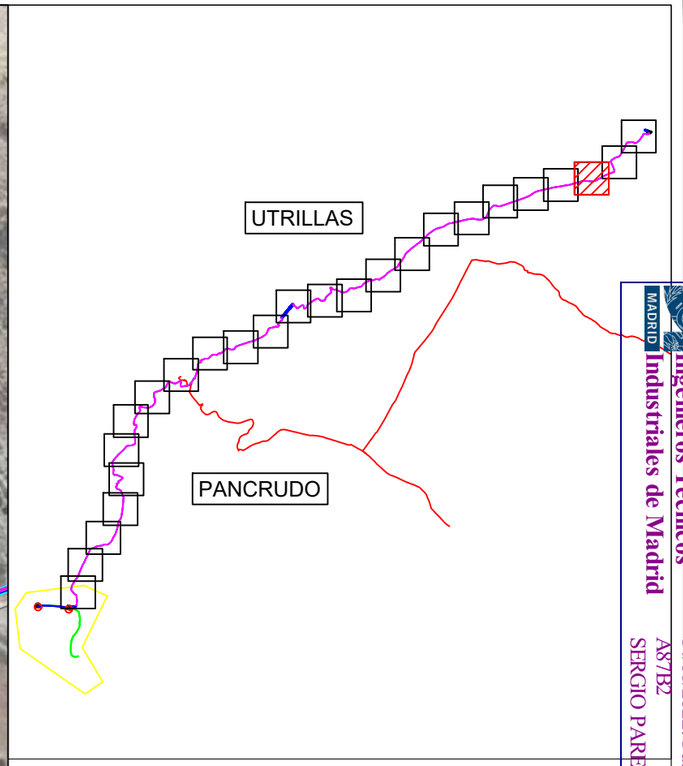


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 23 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 22			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

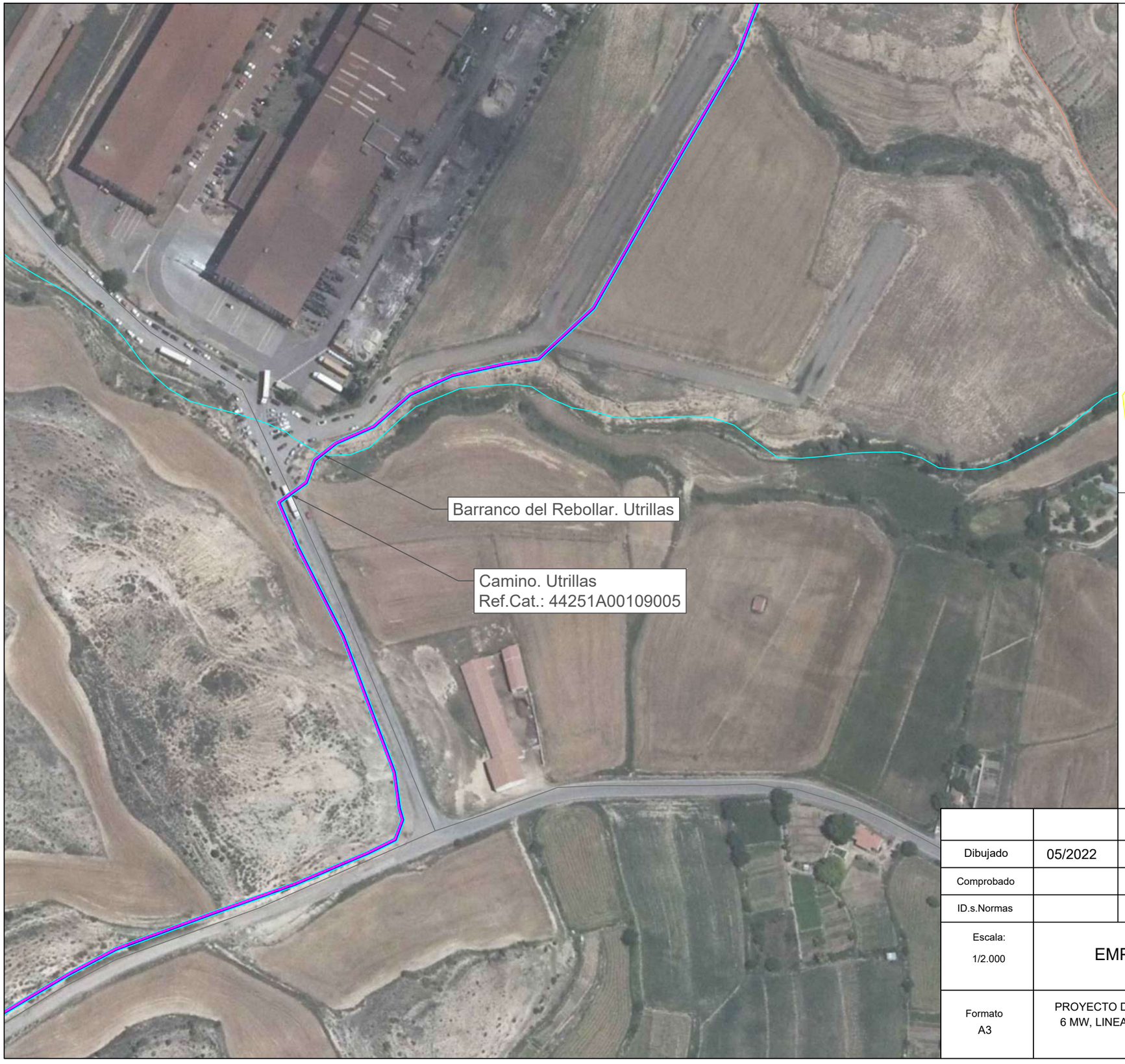


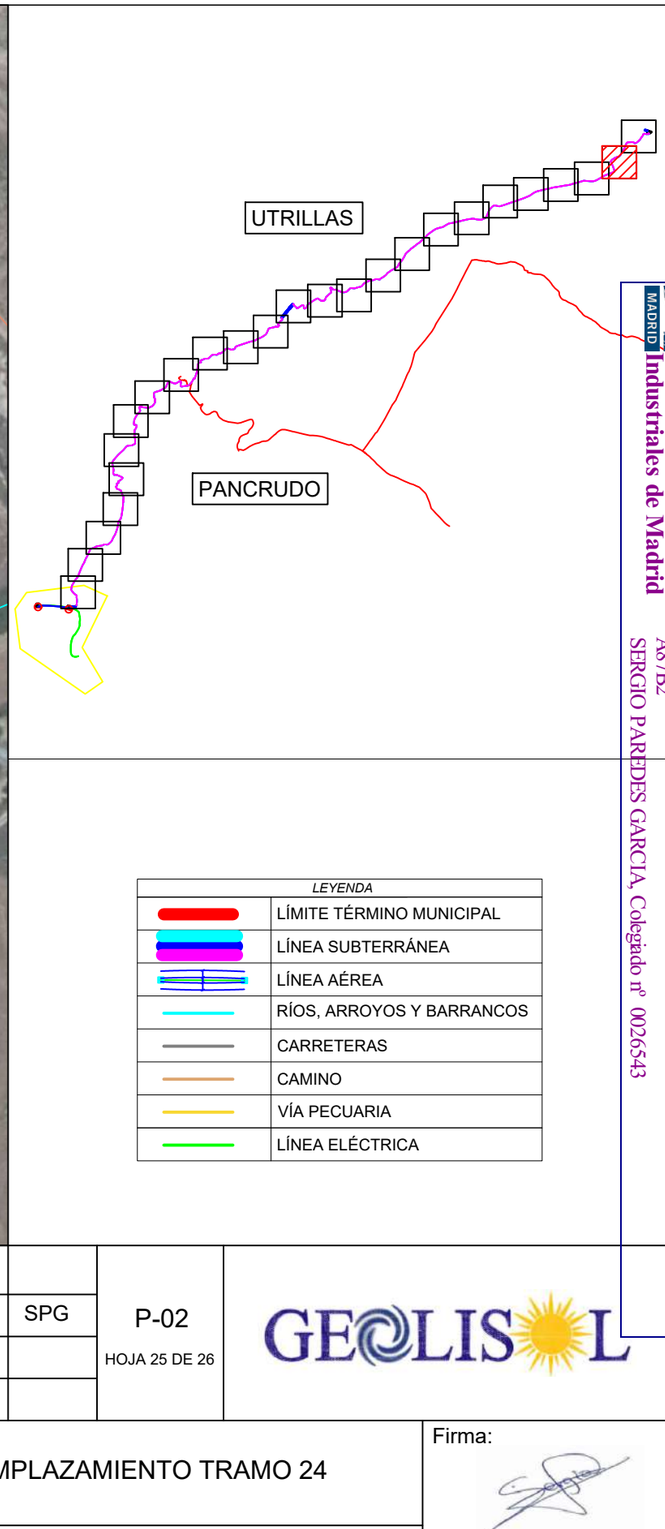


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 24 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 23			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

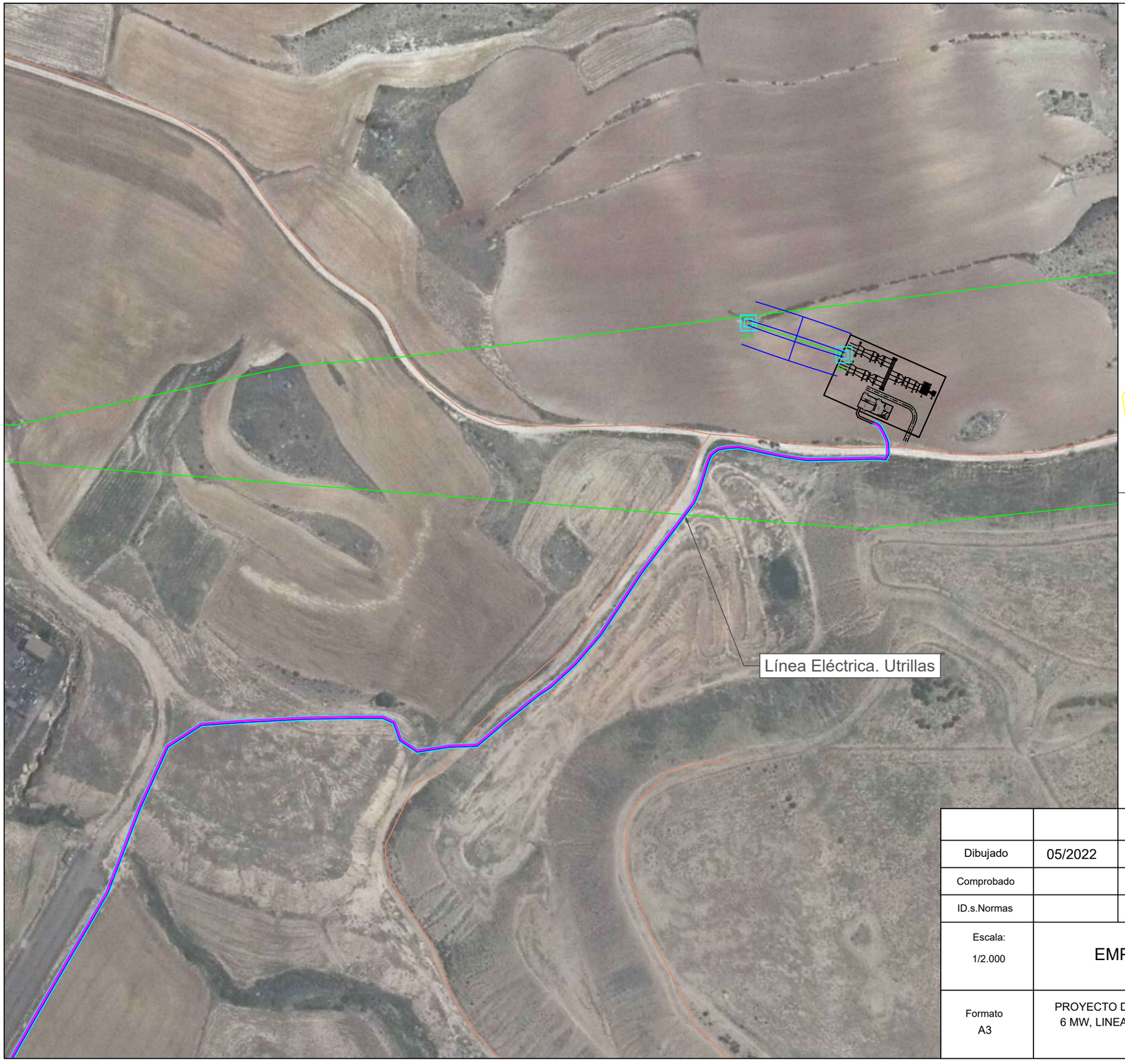


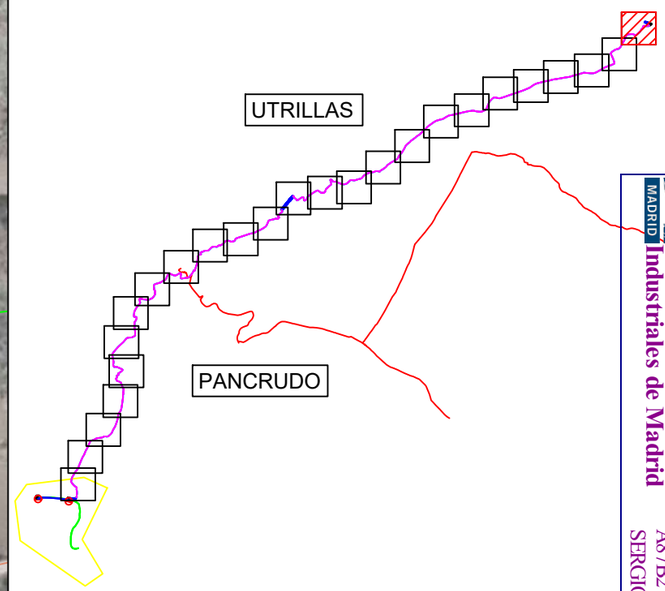


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 25 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 24			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

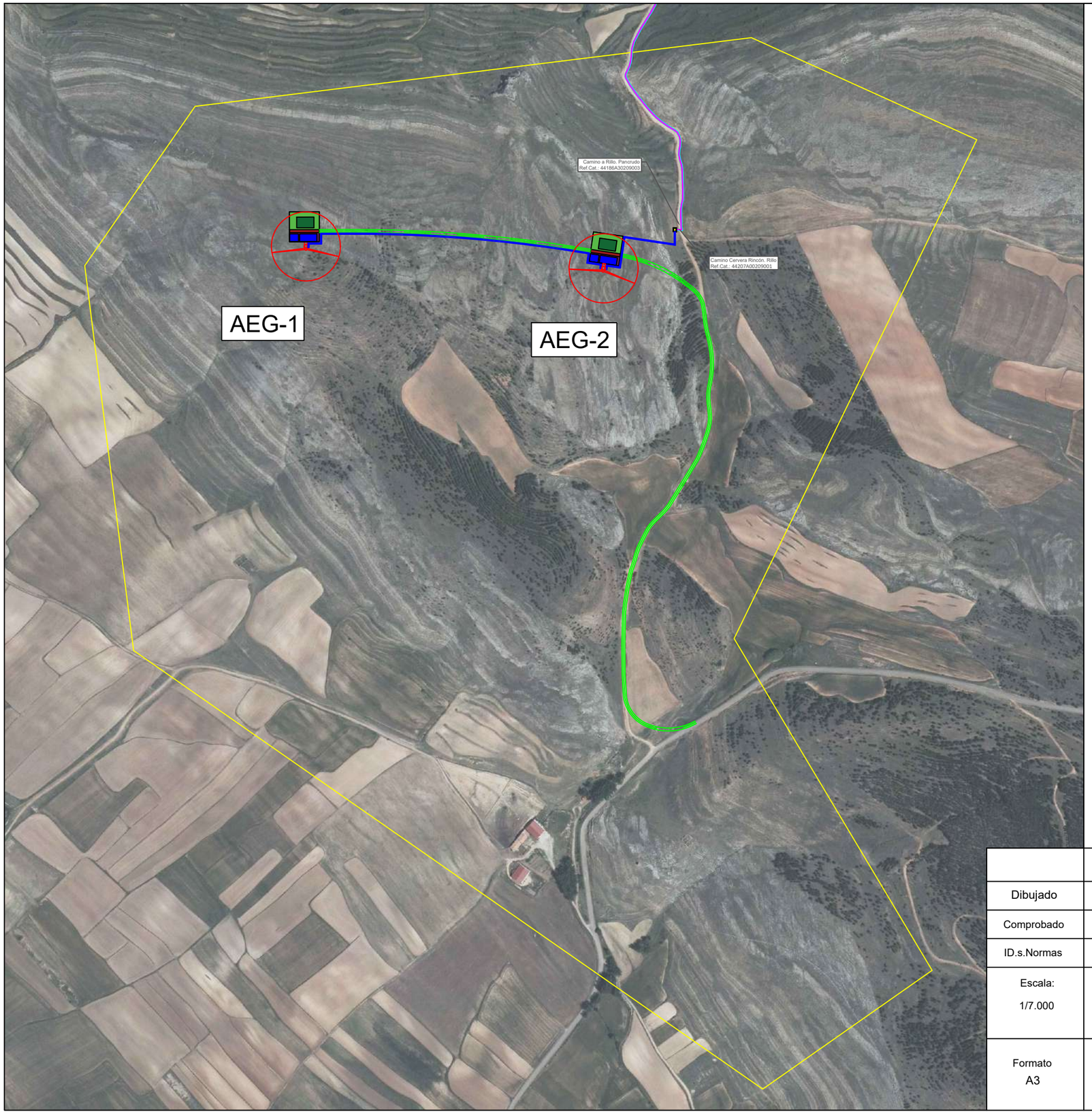




LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA
	RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS
	CARRETERAS
	CAMINO
	VÍA PECUARIA
	LÍNEA ELÉCTRICA

			P-02 HOJA 26 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO TRAMO 25			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO



P. E. CARARRILLO	
TT. MM.	RILLO
POLÍGONO	2
PARCELA	155
POTENCIA NOMINAL	6 MW
AEROGENERADORES	2
MODELO	E-115 EP3
DIÁMETRO	115,7 m
ALTURA A CENTRO	135 m
C. DE SECCIONAMIENTO	1 unidad

LEYENDA	
	POLIGONAL
	AEROGENERADORES
	PLATAFORMAS
	VIAL
	ZANJA
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	CSE

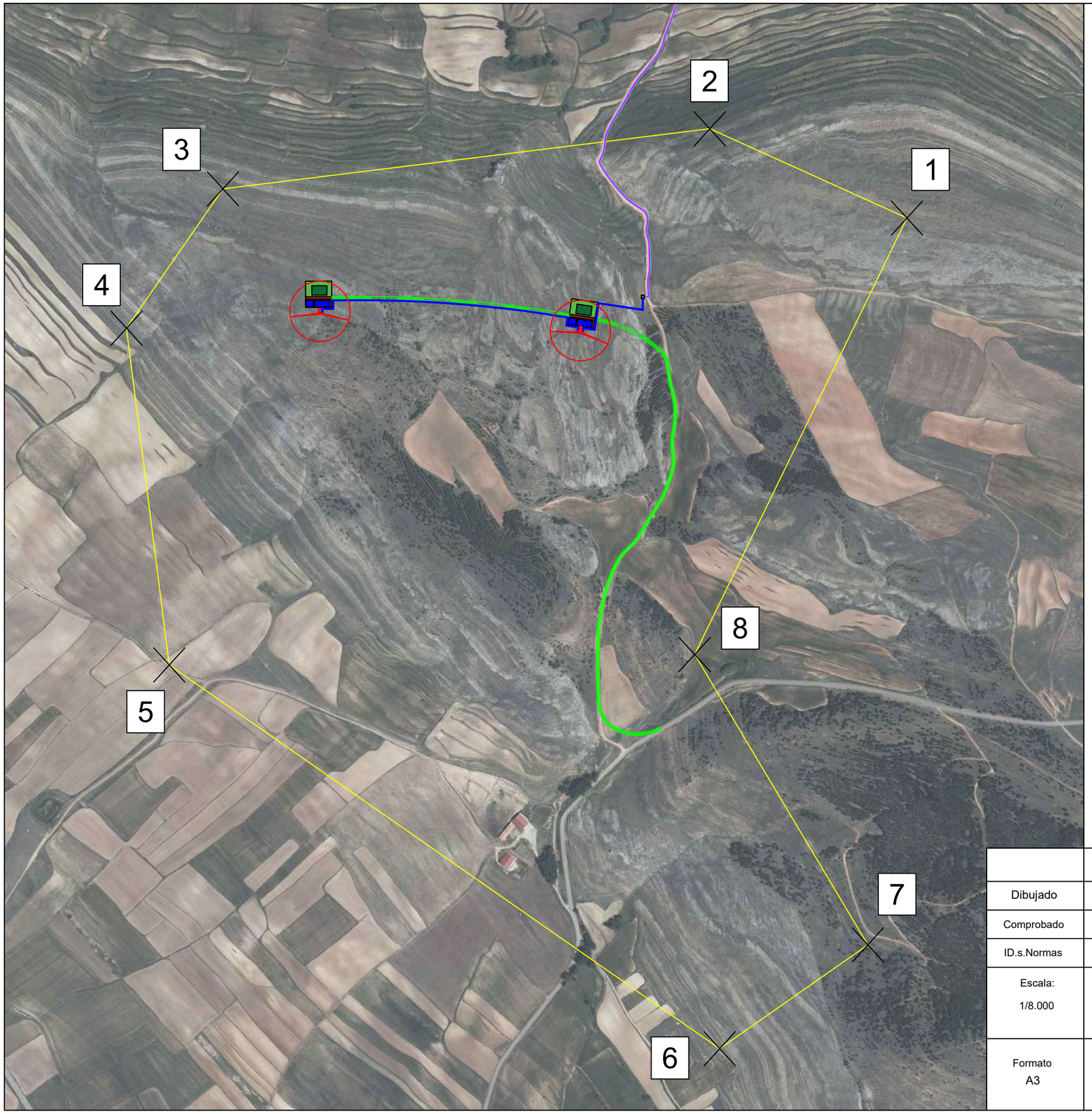
AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-1	670321.80	4513199.05

AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-2	670820.99	4513162.39

CSE	UTM-X	UTM-Y
CSE-1	670937.61	4513230.65

Dibujado	05/2022	SPG	P-03 HOJA 1 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/7.000	IMPLANTACIÓN			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento TVT2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



COORD. POLIGONAL		
PUNTO	X	Y
1	671447.00	4513378.00
2	671069.00	4513549.00
3	670136.00	4513434.00
4	669951.00	4513167.00
5	670033.00	4512522.00
6	671088.00	4511787.00
7	671372.00	4511986.00
8	671040.00	4512542.00

LEYENDA	
	POLIGONAL
	AEROGENERADORES
	PLATAFORMAS
	VIAL
	ZANJA
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	CSE

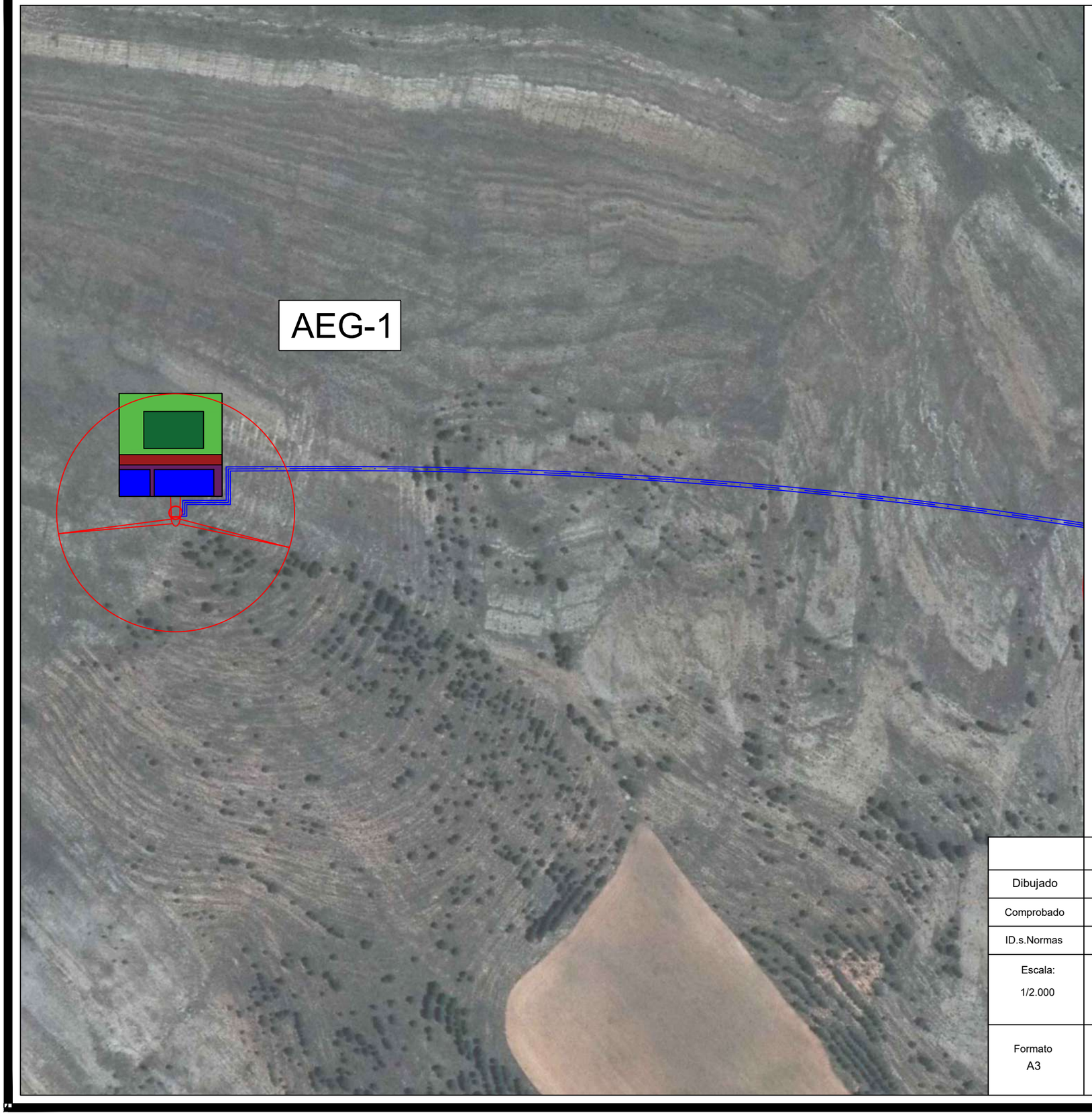
AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-1	670321.80	4513199.05

AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-2	670820.99	4513162.39

CSE	UTM-X	UTM-Y
CSE-1	670937.61	4513230.65

Dibujado	05/2022	SPG	P-03 HOJA 2 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/8.000	POLIGONAL			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento TXT2905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



P. E. CARARRILLO	
TT. MM.	RILLO
POLÍGONO	2
PARCELA	155
POTENCIA NOMINAL	6 MW
AEROGENERADORES	2
MODELO	E-115 EP3
DIÁMETRO	115,7 m
ALTURA A CENTRO	135 m
C. DE SECCIONAMIENTO	1 unidad

LEYENDA	
	POLIGONAL
	AEROGENERADORES
	PLATAFORMAS
	VIAL
	ZANJA
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	CSE

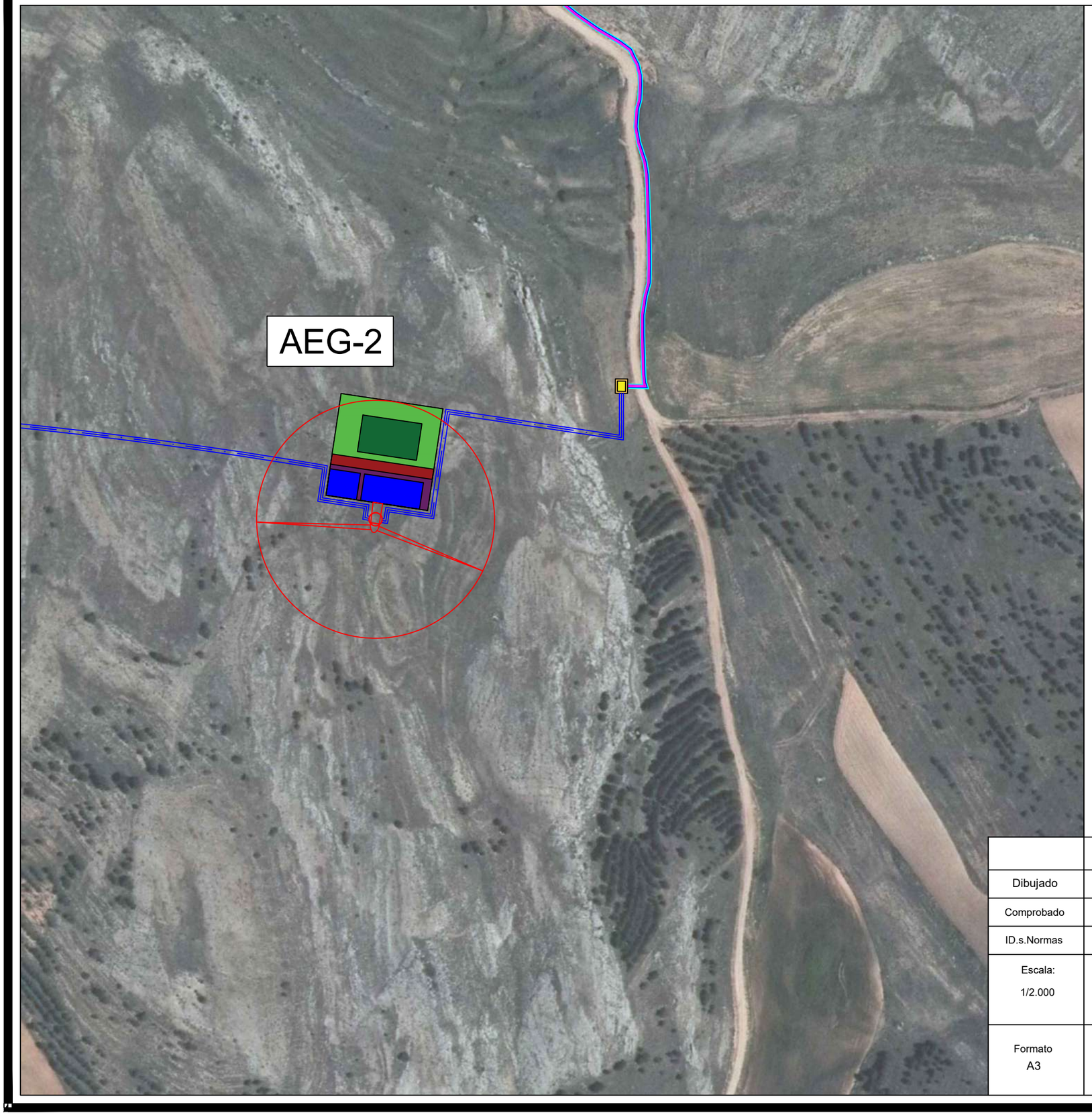
AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-1	670321.80	4513199.05

AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-2	670820.99	4513162.39

CSE	UTM-X	UTM-Y
CSE-1	670937.61	4513230.65

Dibujado	05/2022	SPG	P-03 HOJA 3 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	DETALLE SISTEMA COLECTOR			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento en el VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



P. E. CARARRILLO	
TT. MM.	RILLO
POLÍGONO	2
PARCELA	155
POTENCIA NOMINAL	6 MW
AEROGENERADORES	2
MODELO	E-115 EP3
DIÁMETRO	115,7 m
ALTURA A CENTRO	135 m
C. DE SECCIONAMIENTO	1 unidad

LEYENDA	
	POLIGONAL
	AEROGENERADORES
	PLATAFORMAS
	VIAL
	ZANJA
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	CSE

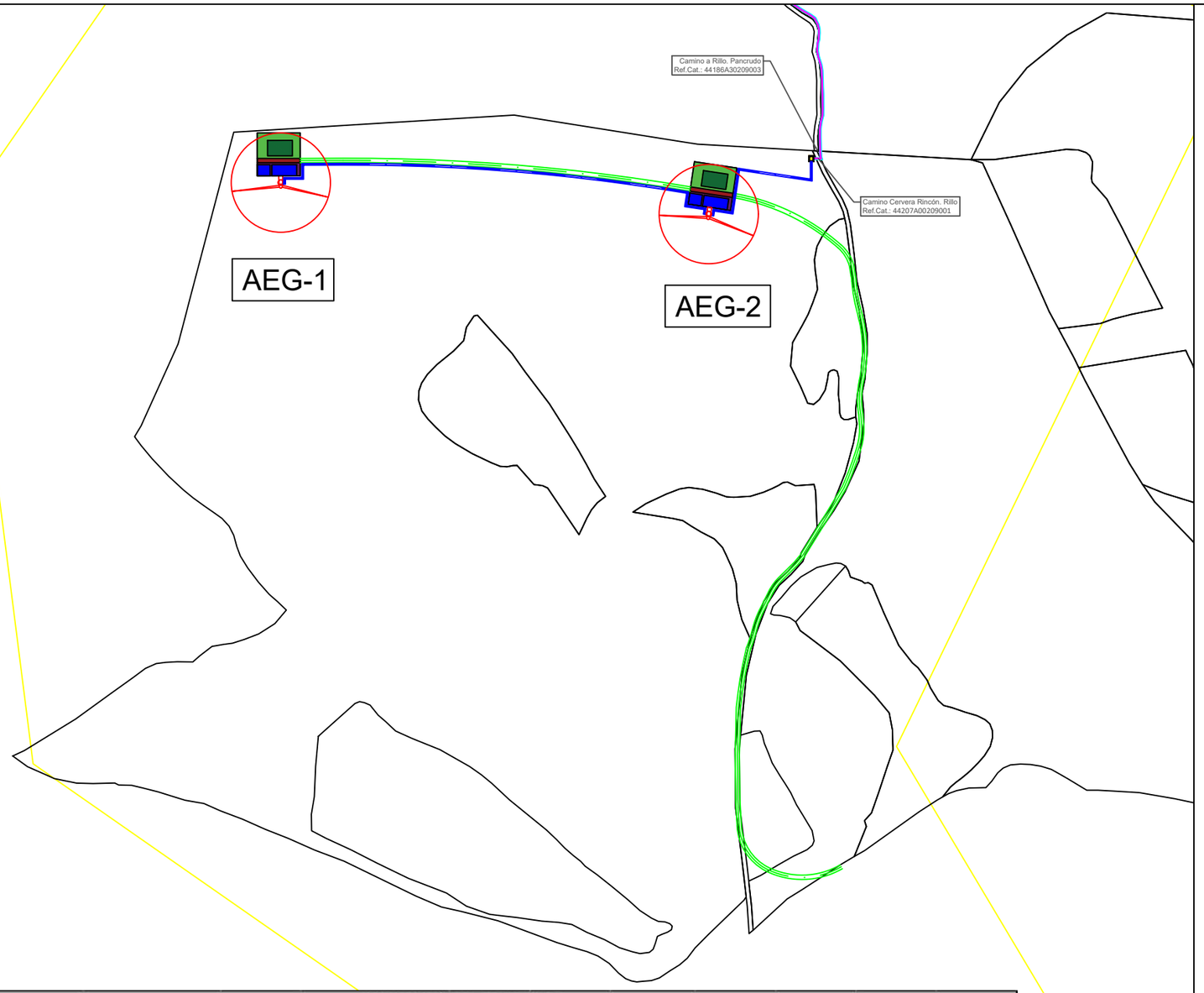
AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-1	670321.80	4513199.05

AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-2	670820.99	4513162.39

CSE	UTM-X	UTM-Y
CSE-1	670937.61	4513230.65

Dibujado	05/2022	SPG	P-03 HOJA 4 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	DETALLE SISTEMA COLECTOR			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento en el VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



P. E. CARARRILLO	
TT. MM.	RILLO
POLÍGONO	2
PARCELA	155
POTENCIA NOMINAL	6 MW
AEROGENERADORES	2
MODELO	E-115 EP3
DIÁMETRO	115,7 m
ALTURA A CENTRO	135 m
C. DE SECCIONAMIENTO	1 unidad

LEYENDA	
	POLIGONAL
	AEROGENERADORES
	PLATAFORMAS
	VIAL
	ZANJA
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	CSE

AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-1	670321.80	4513199.05

AEROGENERADOR	UTM-X	UTM-Y
AEG-2	670820.99	4513162.39

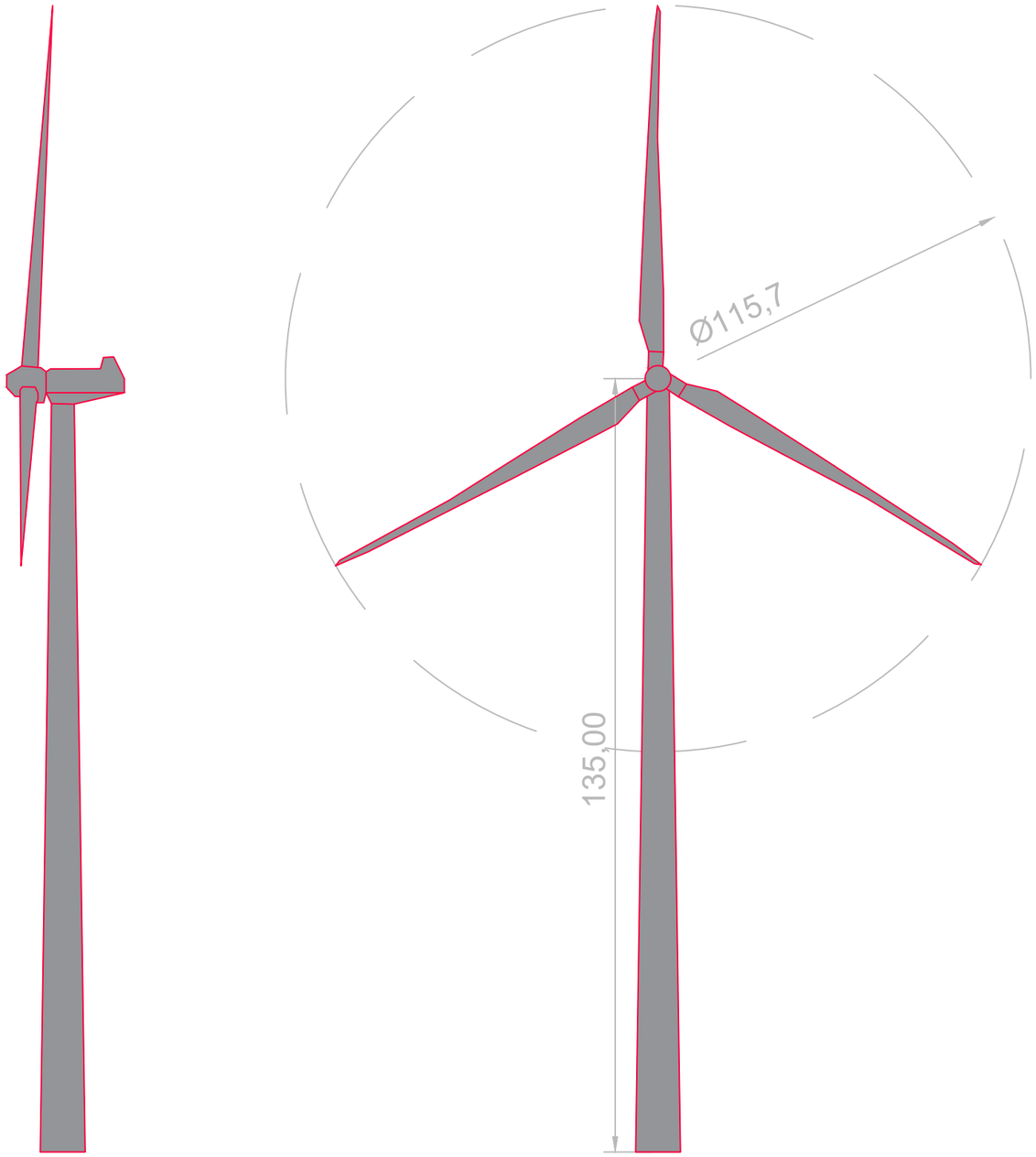
CSE	UTM-X	UTM-Y
CSE-1	670937.61	4513230.65

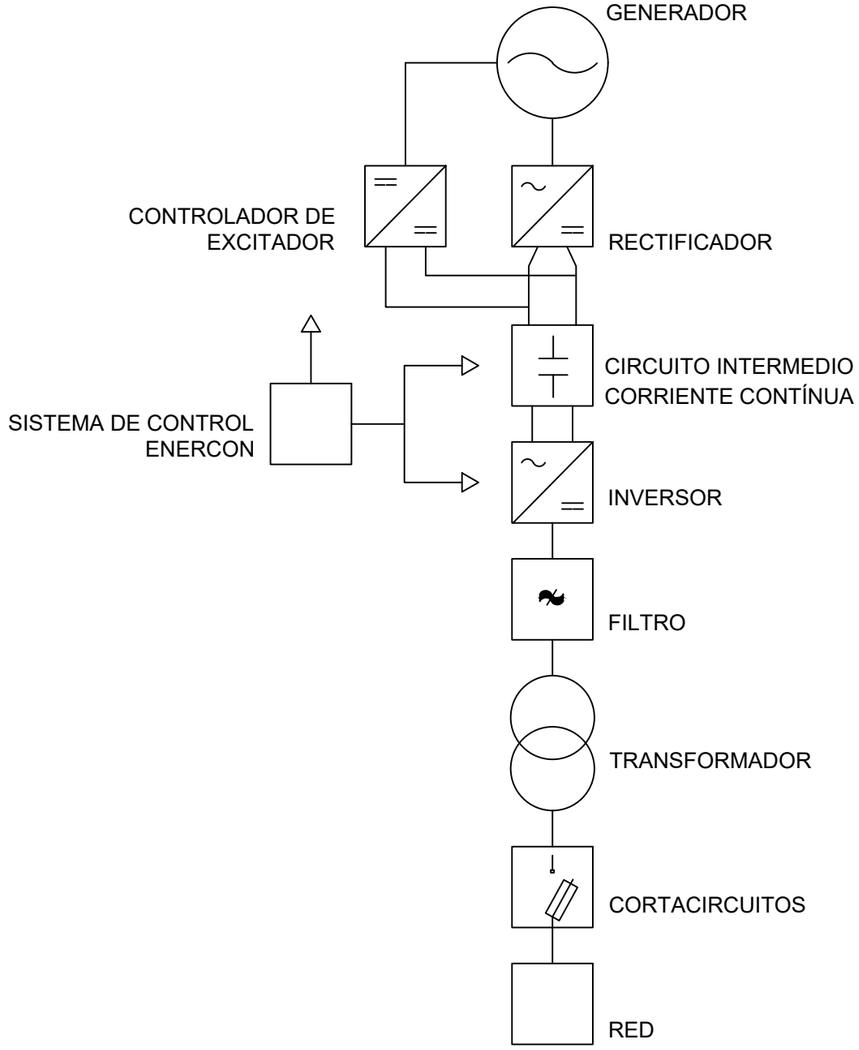
PARQUE EÓLICO CARARRILLO

NUMERO AFECCIÓN	DATOS PARCELA				MEDICIÓN DE AFECCIONES						
					PLATAFORMAS		VUELOS		VIALES	ZANJAS	CSE
	Termino Municipal	Poligono	Parcela	Ref Catastral	Nº Turbina	Sup. Afectada (m^2)	Nº Turbina	Sup. Afectada (m^2)	Sup. Afectada (m^2)	Sup. Afectada (m^2)	Sup. Afectada (m^2)
1	Rillo	2	155	44207A00200155	1 y 2	5.000	1 y 2	21.028	3.141,44	1.458,79	42
2	Rillo	2	165	44207A00200165					436,12		
3	Rillo	3	190	44207A00300190					406,58		
4	Rillo	2	112	44207A00200112					164,11		
5	Rillo	3	88	44207A00300088					215,89		
6	Rillo	2	9001	44207A00209001					2.899,5		

Dibujado	05/2022	SPG	P-03	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 5 DE 5	
ID.s.Normas				
Escala: 1/6.000	PARCELARIO IMPLANTACIÓN			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es/validar
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

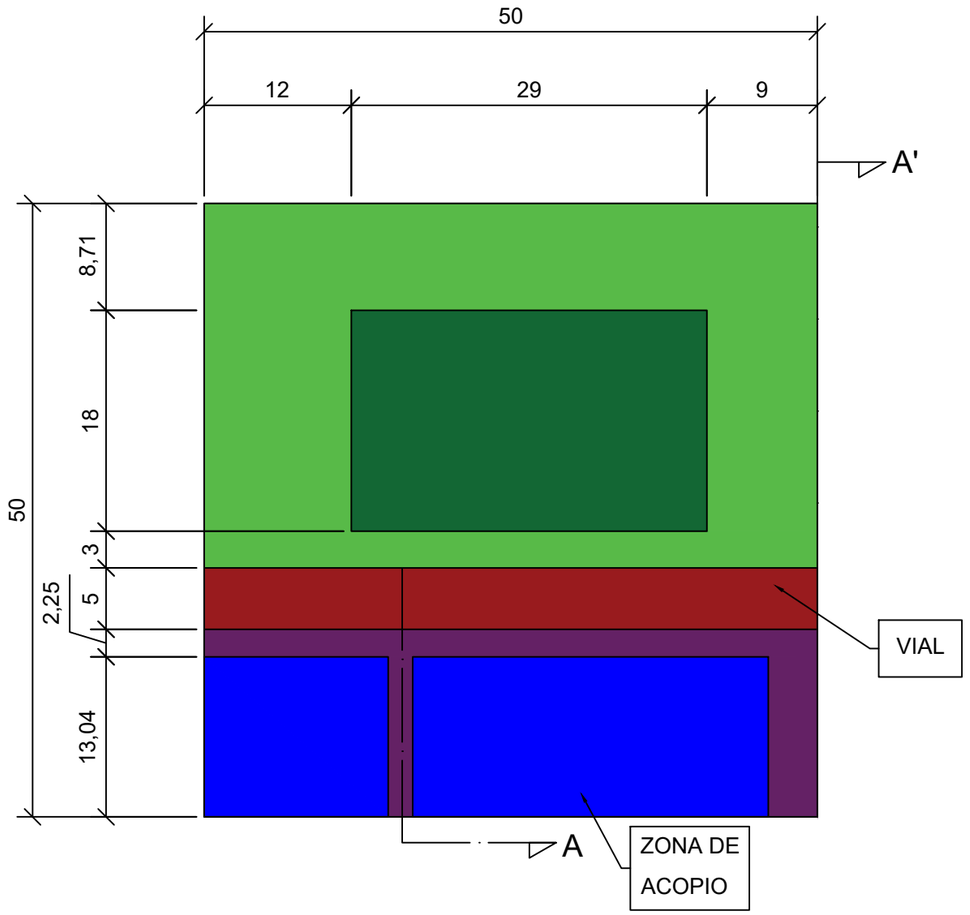




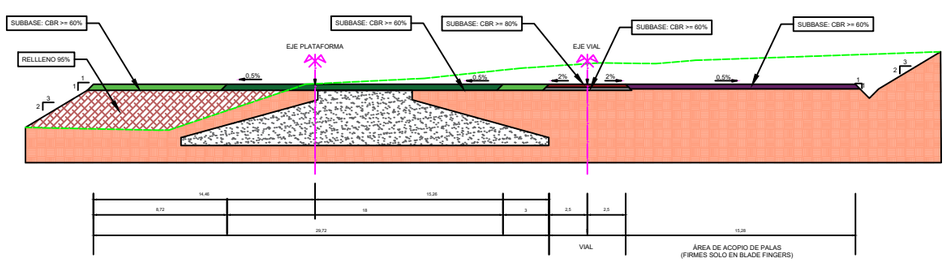
Dibujado	05/2022	SPG	P-04 HOJA 1 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ALZADO Y CONEXIONADO AERO			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV1290582O
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

PLANTA: 1/500



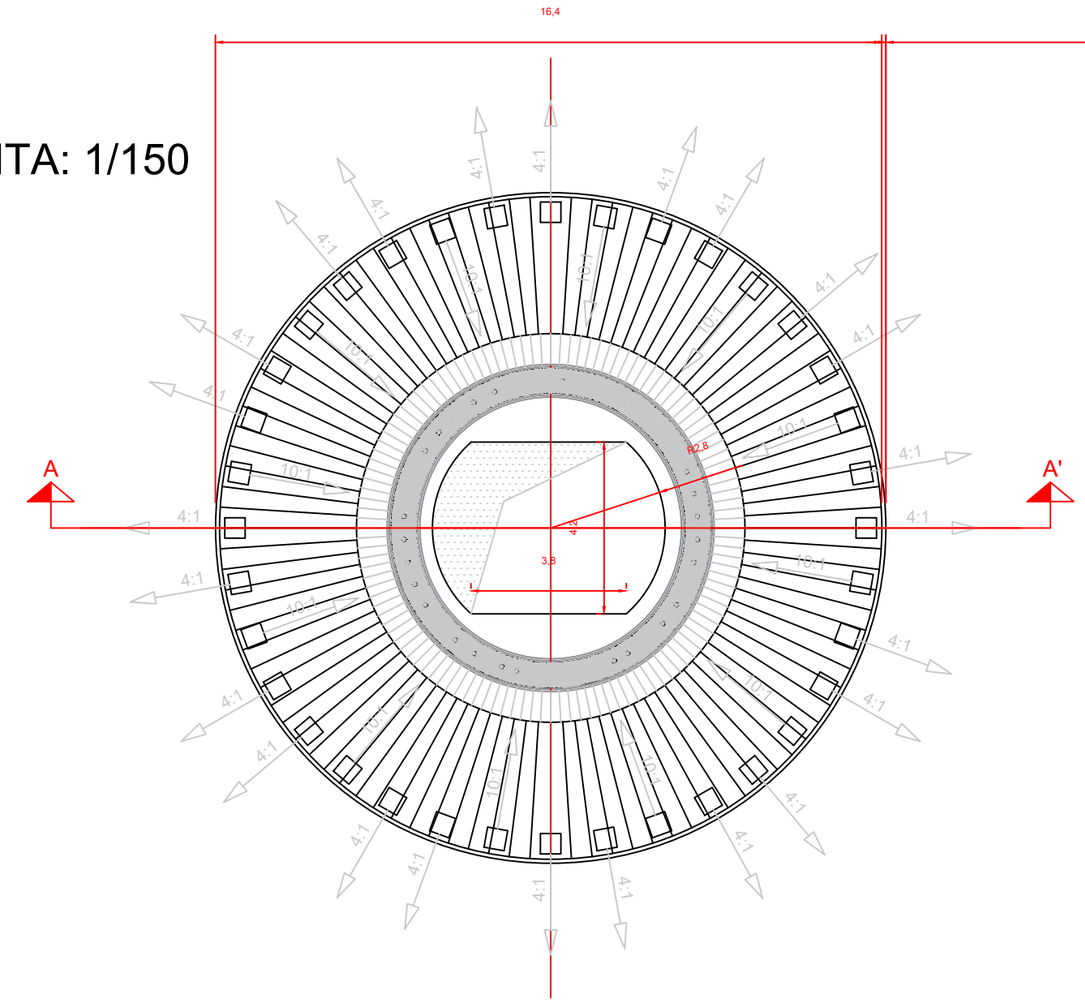
SECCIÓN A-A': 1/400



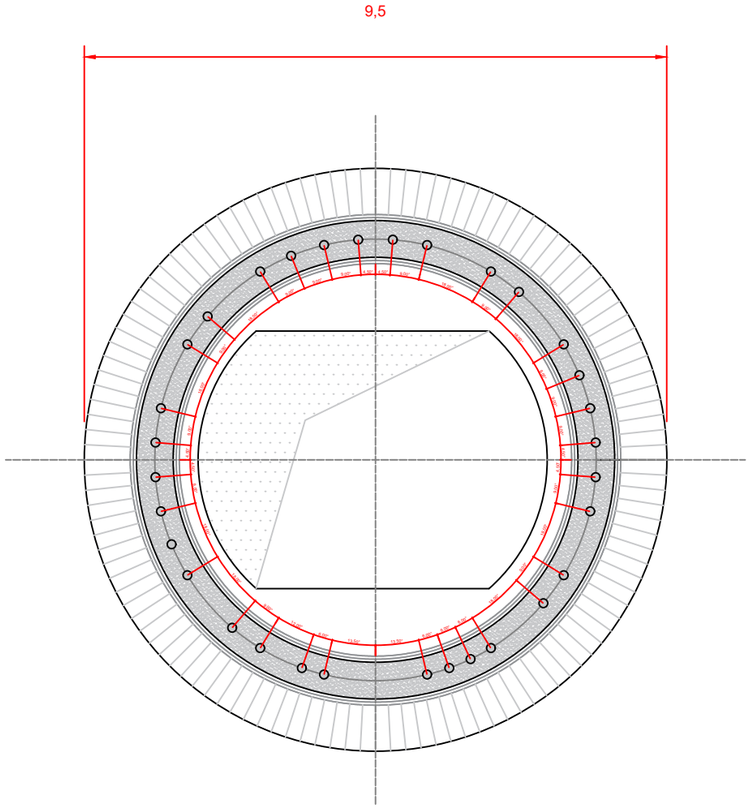
Dibujado	05/2022	SPG	P-04 HOJA 2 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	CIMENTACIÓN PLATAFORMAS			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es/validar
VISADO

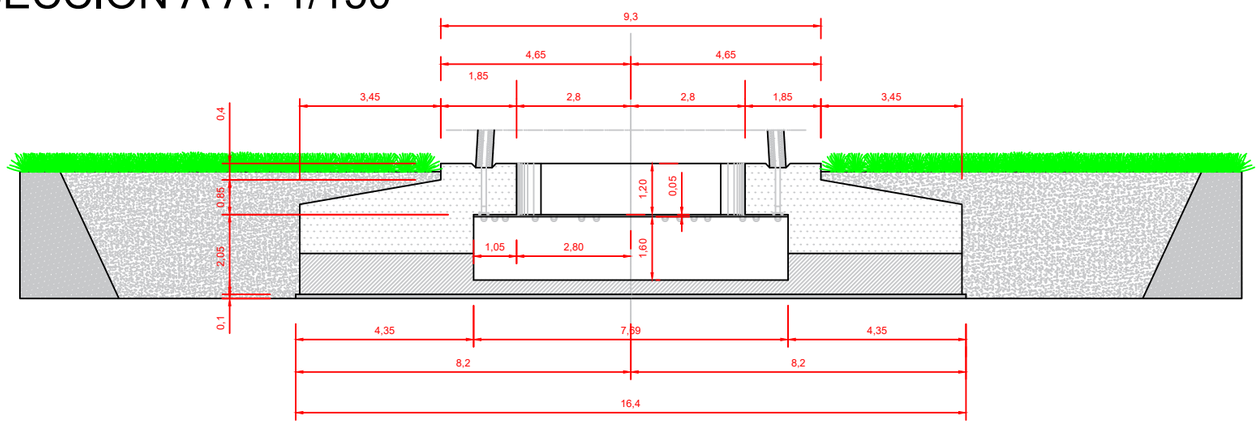
PLANTA: 1/150



PLANTA BASE: 1/150



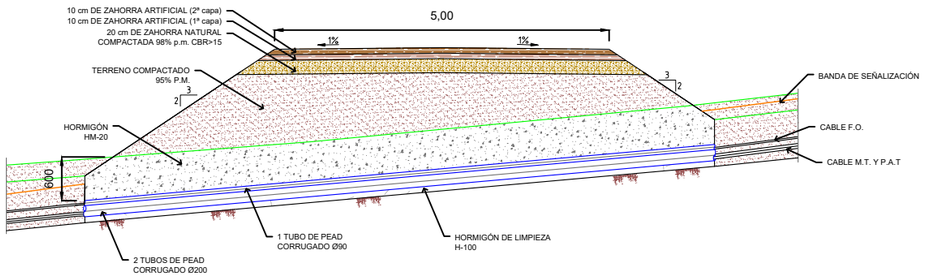
SECCIÓN A-A': 1/150



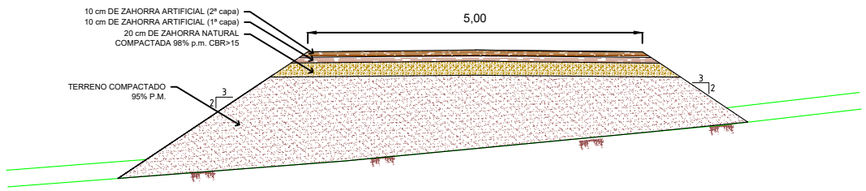
Dibujado	05/2022	SPG	P-04 HOJA 3 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	CIMENTACIÓN AEROGENERADOR			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

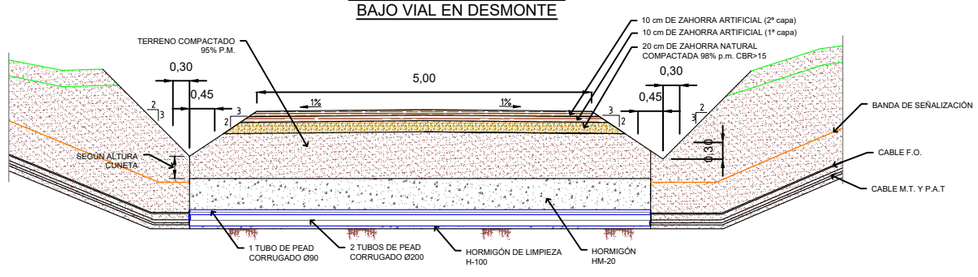
SECCIÓN TIPO PASO ZANJA BAJO VIAL EN TERRAPLÉN



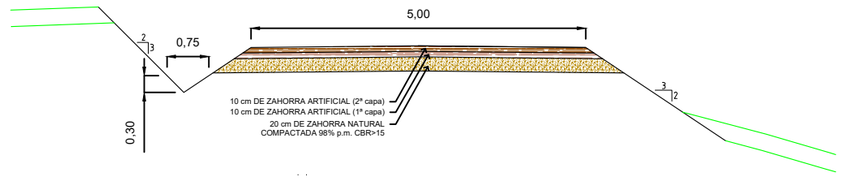
SECCIÓN TIPO VIAL EN TRERRAPLÉN



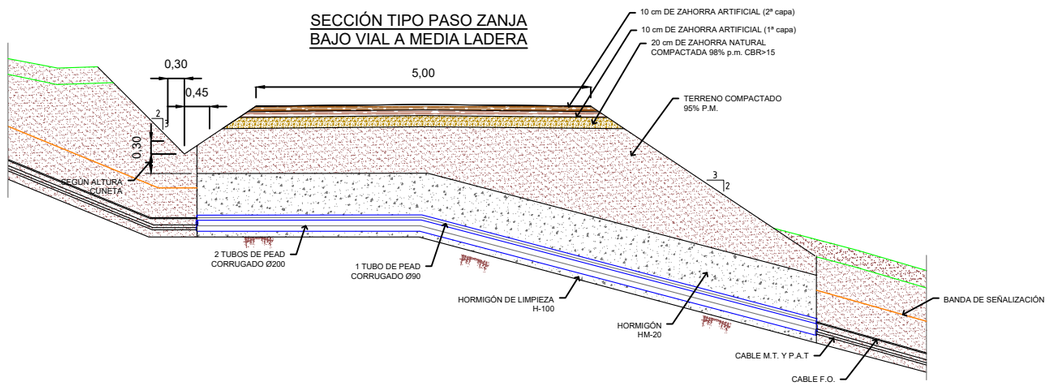
SECCIÓN TIPO PASO ZANJA BAJO VIAL EN DESMONTE



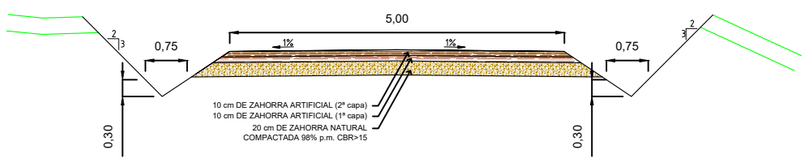
SECCIÓN TIPO VIALES A MEDIA LADERA



SECCIÓN TIPO PASO ZANJA BAJO VIAL A MEDIA LADERA

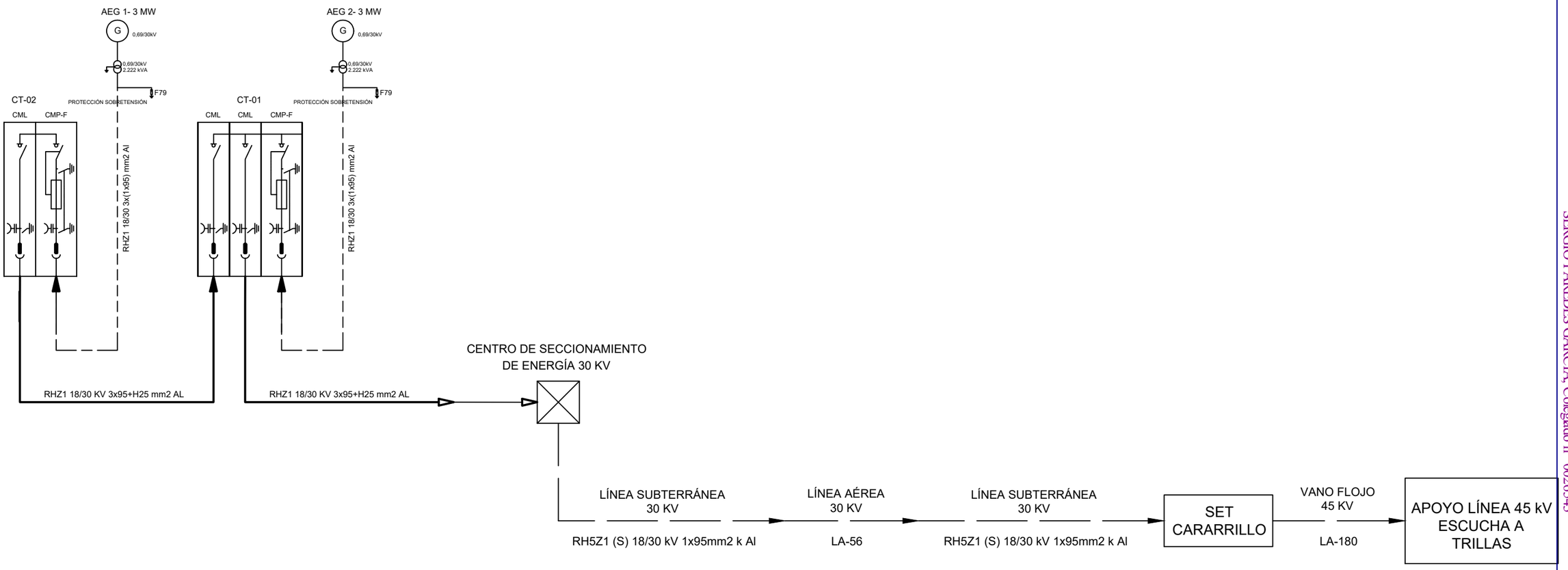


SECCIÓN TIPO VIALES EN DESMONTE



Dibujado	05/2022	SPG	P-04 HOJA 4 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	SECCIÓN VIALES			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

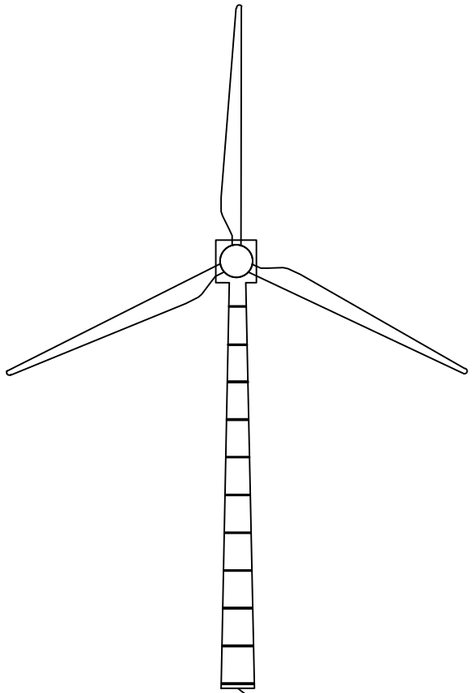
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



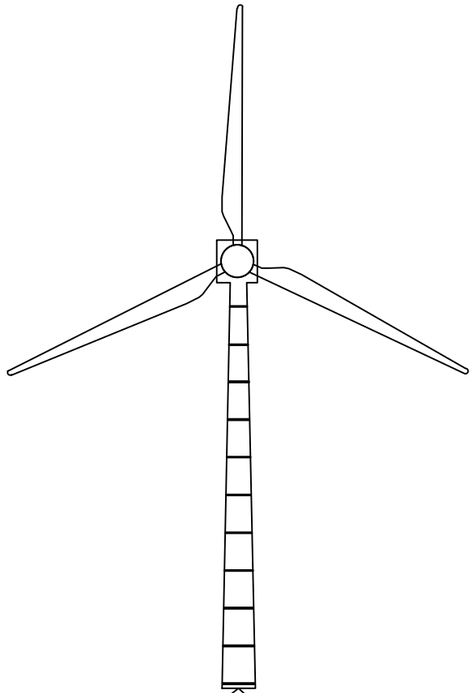
Dibujado	05/2022	SPG	P-05 HOJA 1 DE 3	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ESQUEMA UNIFILAR SIMPLE			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2905820-A87/B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

AERO Nº01



AERO Nº02



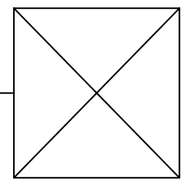
RHZ1 18/30 KV 3x95+H25 mm2 AL

541,33 m

RHZ1 18/30 KV 3x95+H25 mm2 AL

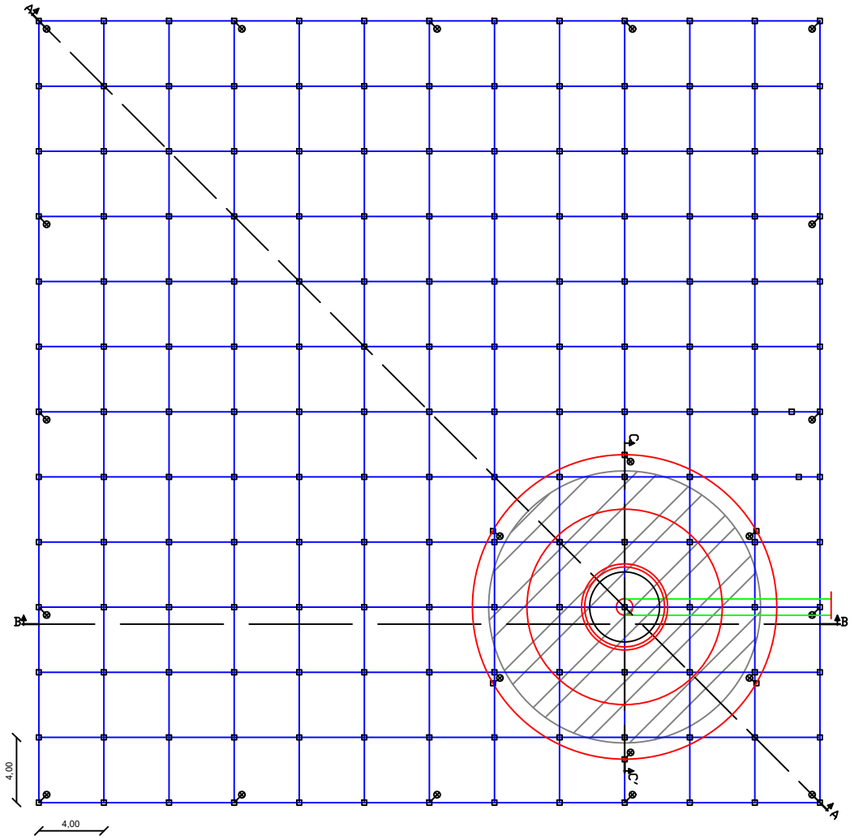
187,83 m

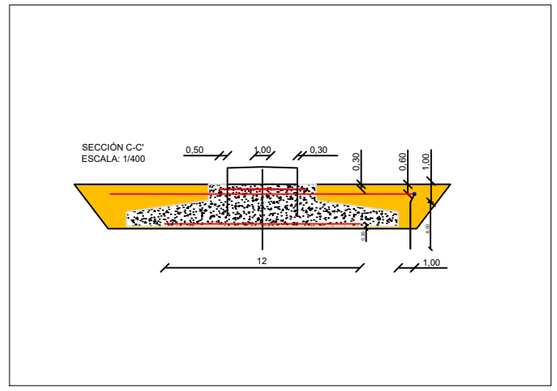
CENTRO DE SECCIONAMIENTO DE ENERGÍA



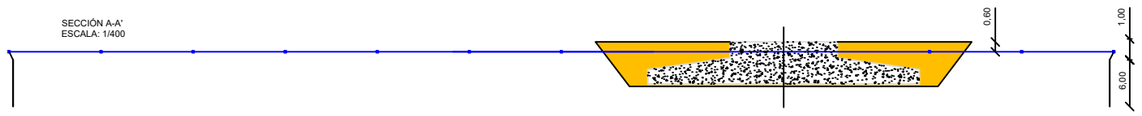
Dibujado	05/2022	SPG	P-05 HOJA 2 DE 3	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ESQUEMA UNIFILAR PARQUE EÓLICO			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

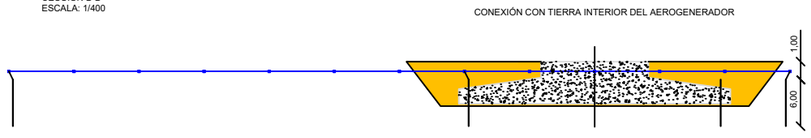




SECCIÓN A-A'
ESCALA: 1/400



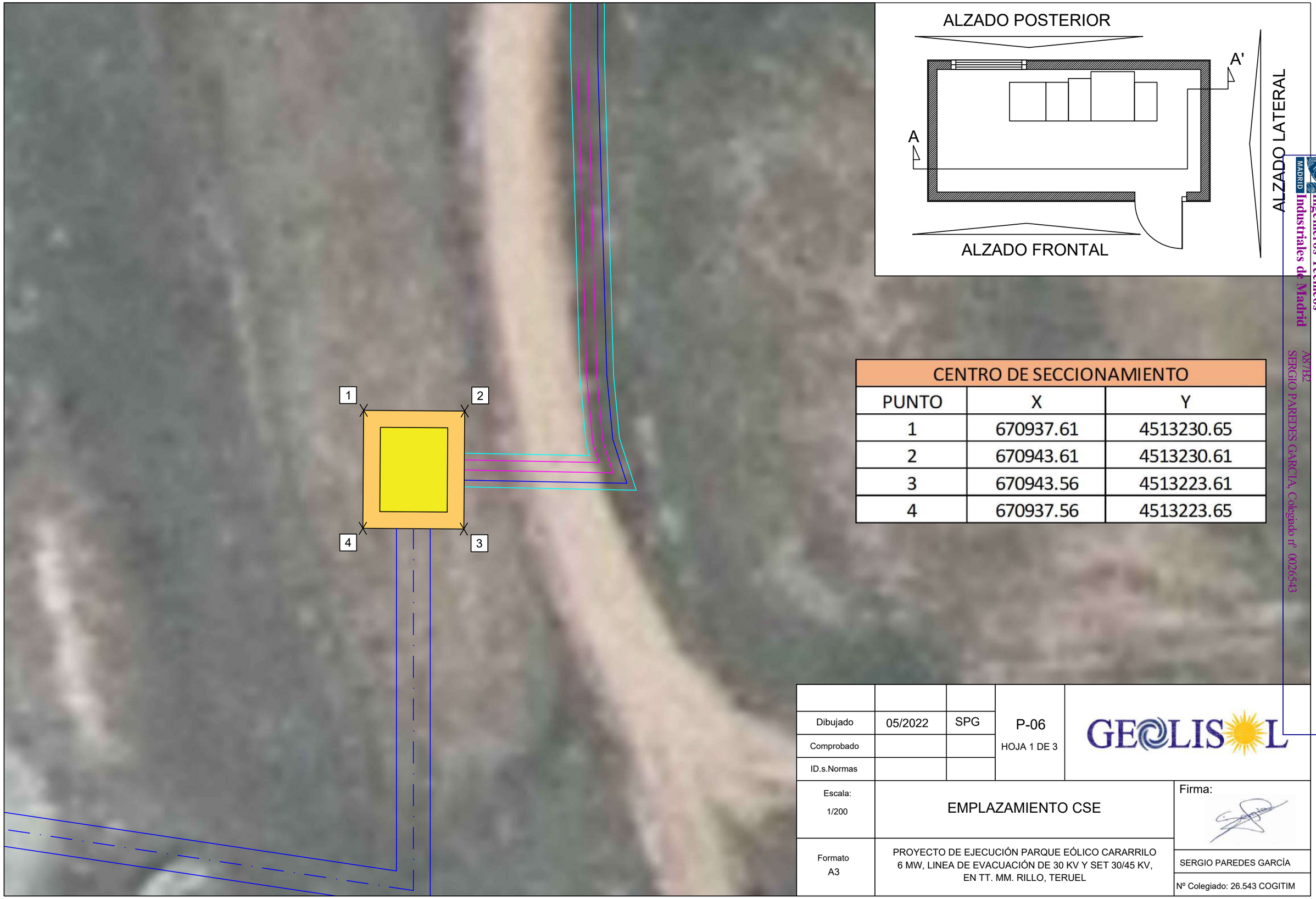
SECCIÓN B-B'
ESCALA: 1/400



LEYENDA	
SIGNO	DESCRIPCIÓN
	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE SECCIÓN 50 MM² TENDIDO SOBRE PRODUCTO PARA EL TRATAMIENTO ARTIFICIAL REDUCTOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE SECCIÓN 50 MM² TENDIDO SOBRE PRODUCTO PARA EL TRATAMIENTO ARTIFICIAL REDUCTOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA INSTALADA EN AEROGENERADOR
	PICA DE COBRE DE 6 M DE LONGITUD INSTALADA RECUBIERTA DE PRODUCTO PARA EL TRATAMIENTO ARTIFICIAL REDUCTOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
	SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA
	CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE SECCIÓN 50 MM² PARA CONEXIÓN MALLA DE TIERRA AEROGENERADOR CON MALA DE TIERRA PARQUE EÓLICO
NOTA: EL CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO TENDIDO SOBRE PRODUCTO PARA EL TRATAMIENTO ARTIFICIAL REDUCTOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA, SE INSTALARÁ FUERA DE LA ZONA DE ACTUACIÓN DE VIALES Y PLATAFORMAS	

Dibujado	05/2022	SPG	P-05 HOJA 3 DE 3	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ESQUEMA PUESTA A TIERRA PARQUE			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar este documento electrónicamente en www.coitim.es
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

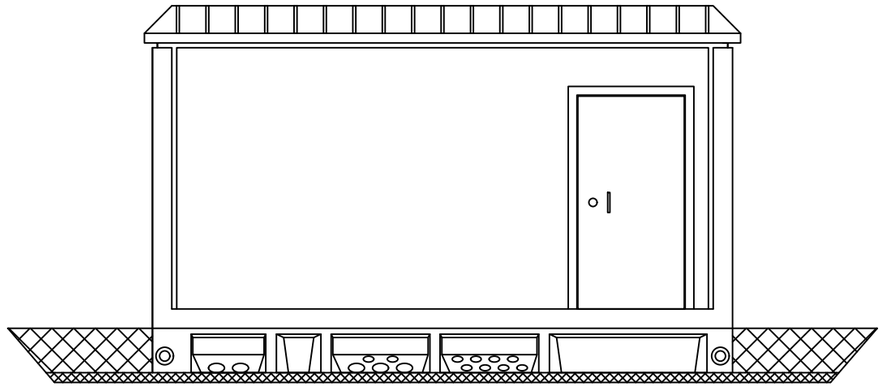


CENTRO DE SECCIONAMIENTO		
PUNTO	X	Y
1	670937.61	4513230.65
2	670943.61	4513230.61
3	670943.56	4513223.61
4	670937.56	4513223.65

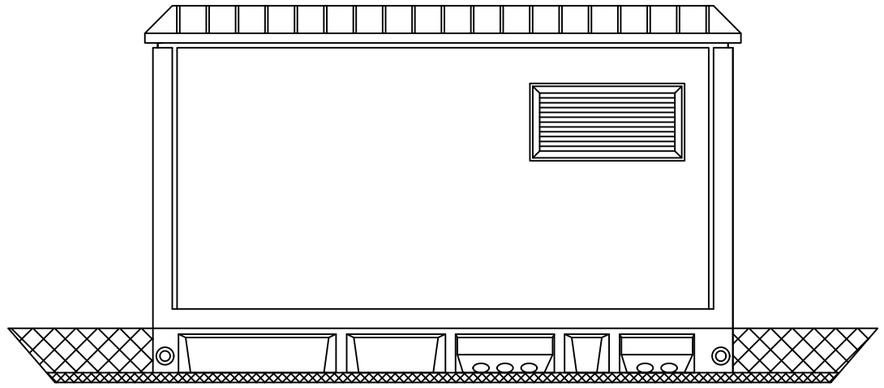
Dibujado	05/2022	SPG	P-06 HOJA 1 DE 3	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/200	EMPLAZAMIENTO CSE			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2915X20
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

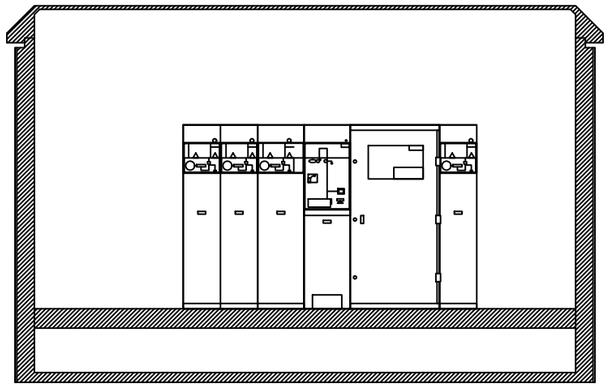
ALZADO FRONTAL



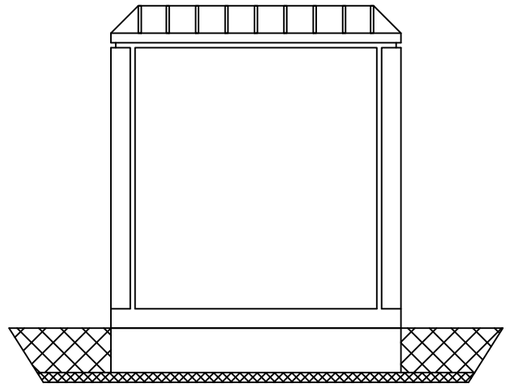
ALZADO POSTERIOR



SECCIÓN A-A'

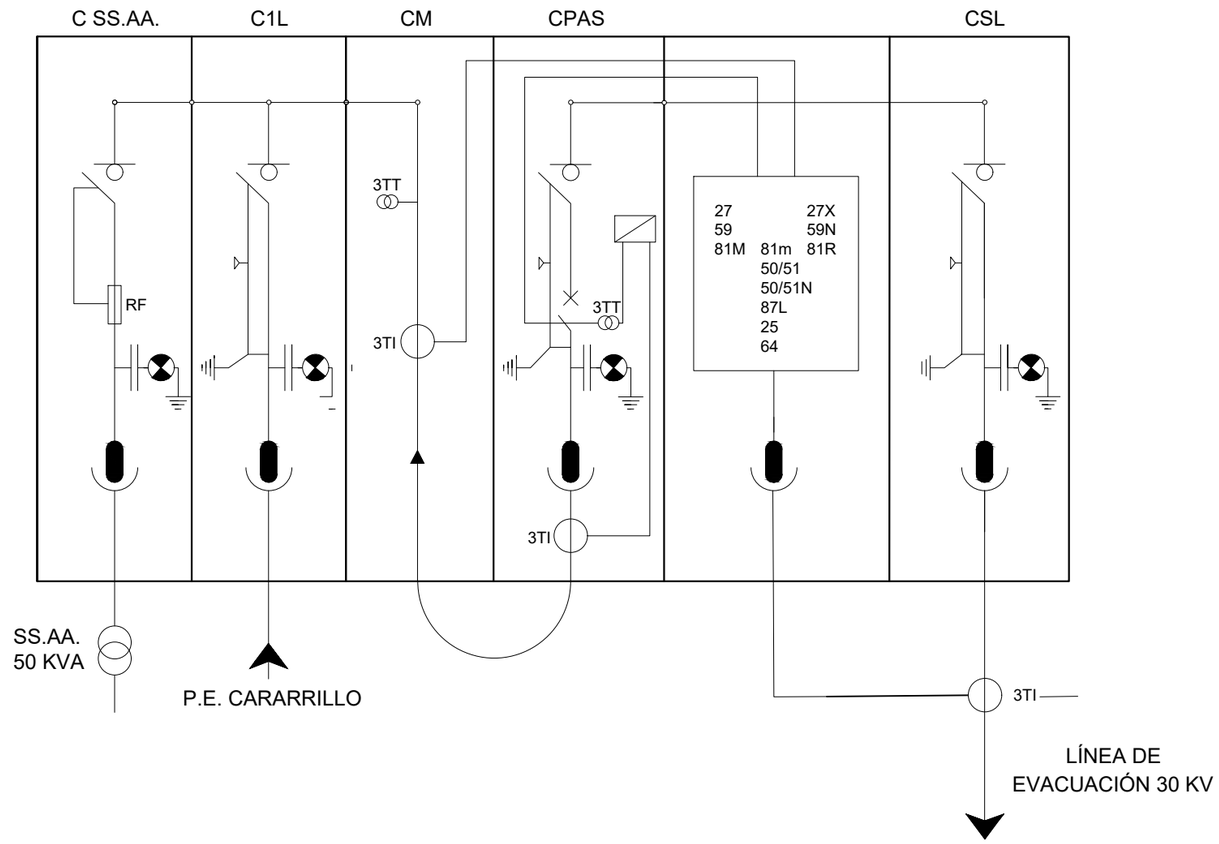


ALZADO LATERAL



Dibujado	05/2022	SPG	P-06 HOJA 2 DE 3	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ALZADO Y SECCIÓN CSE			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVT2905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



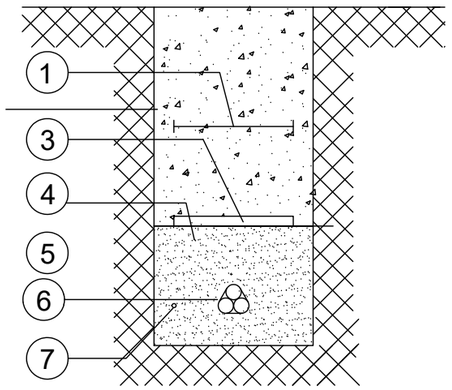
LEYENDA	
	Interruptor
	Interruptor seccionador
	Terminal Media Tensión
	Toma de tierra
	Capacitador o detector de tensión luminoso
	Transformador de tensión
	Transformador de intensidad

Dibujado	05/2022	SPG	P-06 HOJA 3 DE 3	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ESQUEMA UNIFILAR CSE			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

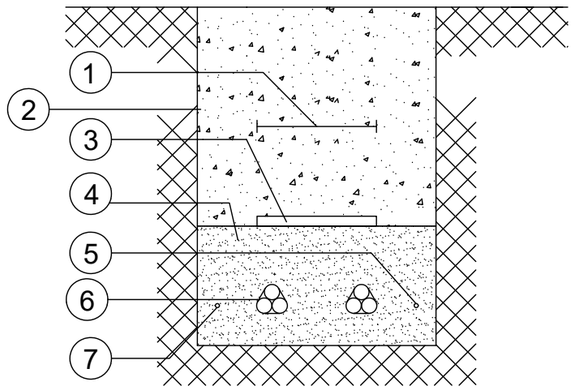
ZANJA TIPO A1

CIRCUITO M.T. 1 Y 2

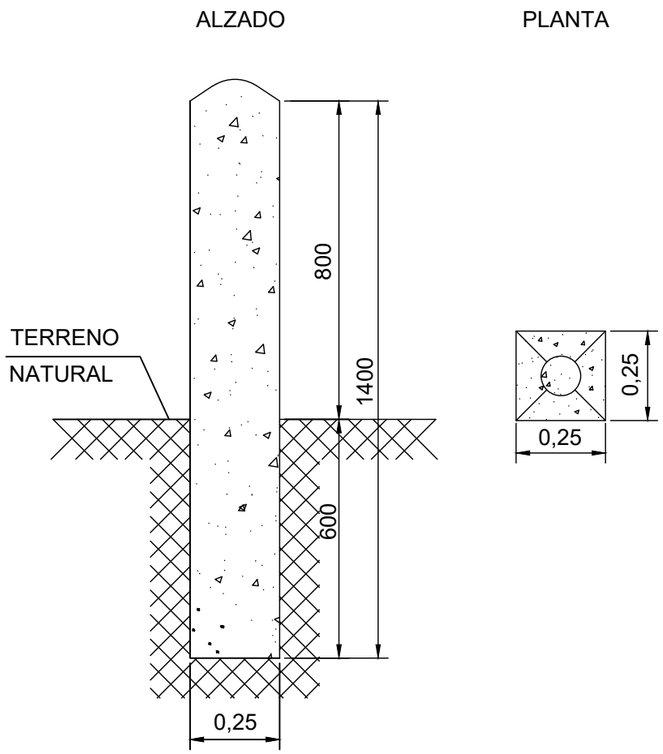


ZANJA TIPO A2

ENTRADA Y SALIDA
CIRCUITOS M.T.



HITO DE SEÑALIZACIÓN



LOS HITOS IRÁN SITUADOS CADA 50 m Y EN
LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN DE LAS ZANJAS

1	MALLA SEÑALIZACIÓN
*2	TIERRA SELECCIONADA DE EXCAVACIÓN
3	PLACA PLÁSTICA TESTIGO
4	ARENA DE RÍO, INERTE, COMPACTADA
5	CABLE FIBRA ÓPTICA
**6	LÍNEA DE M.T. CABLES UNIPOLARES
7	CABLE DE ENLACE PARA TIERRA

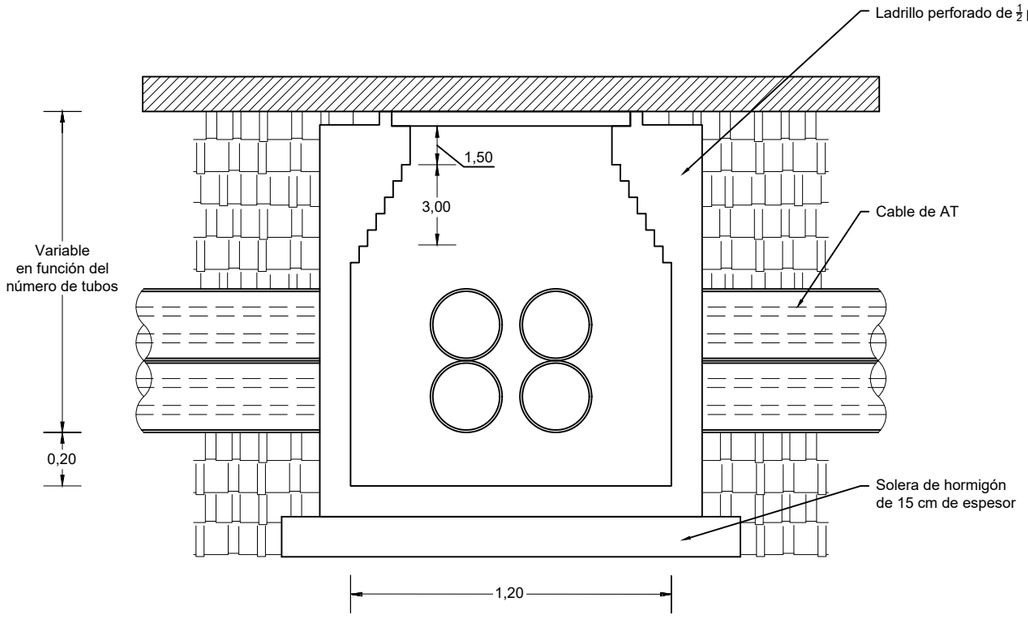
* La posición 2 se compactará mecánicamente por tongadas de un espesor máximo de 0,3m

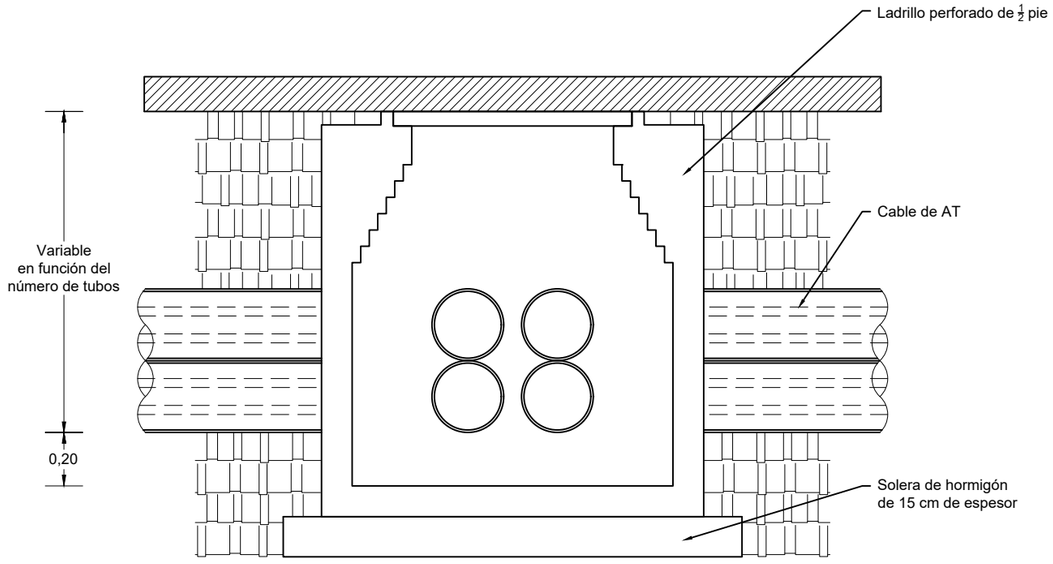
** El tendido de los cables unipolares formará un trébol, sujeto con cinta de PVC cada 1,5m

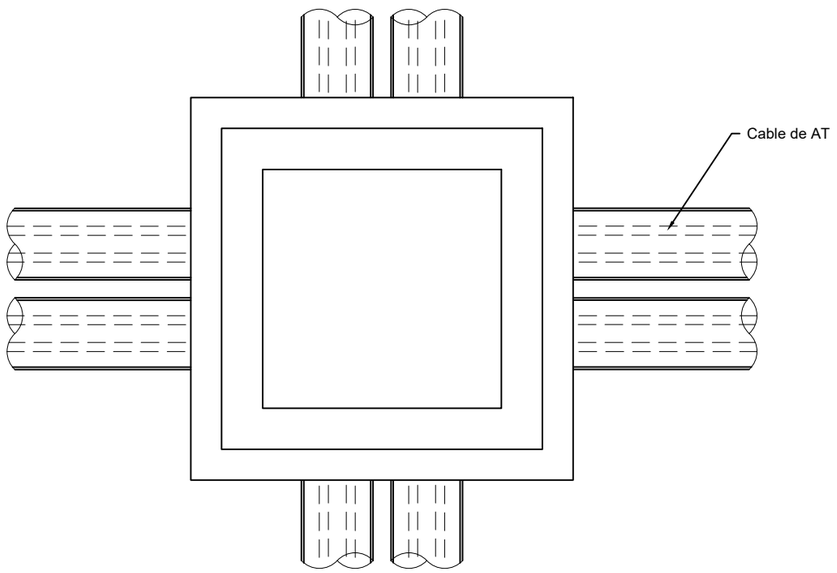
Dibujado	05/2022	SPG	P-07 HOJA 1 DE 1	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	DETALLE DE ZANJAS			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

ARQUETA REGISTRABLE



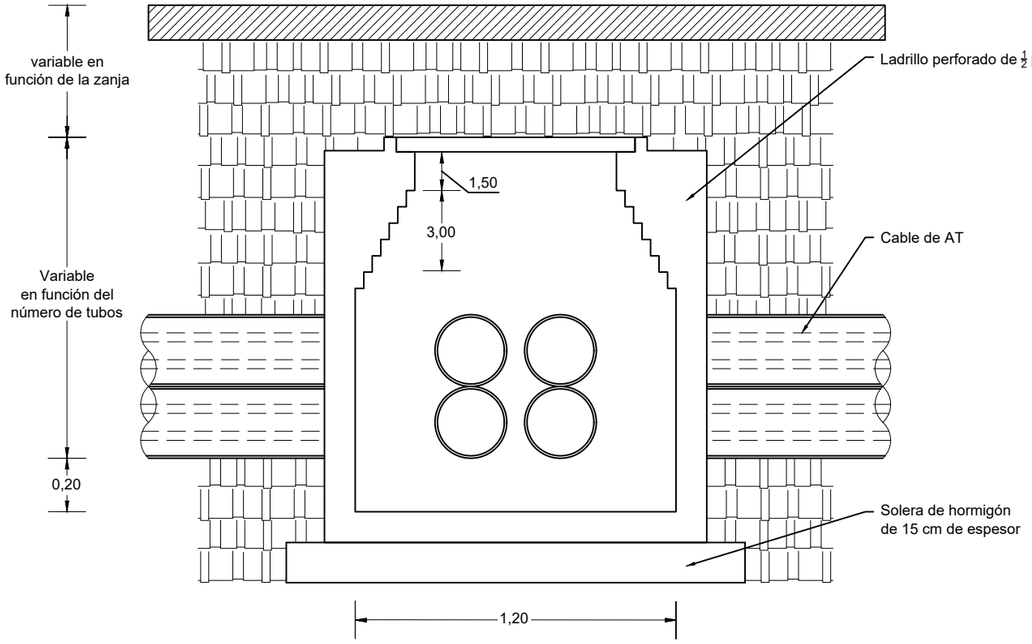


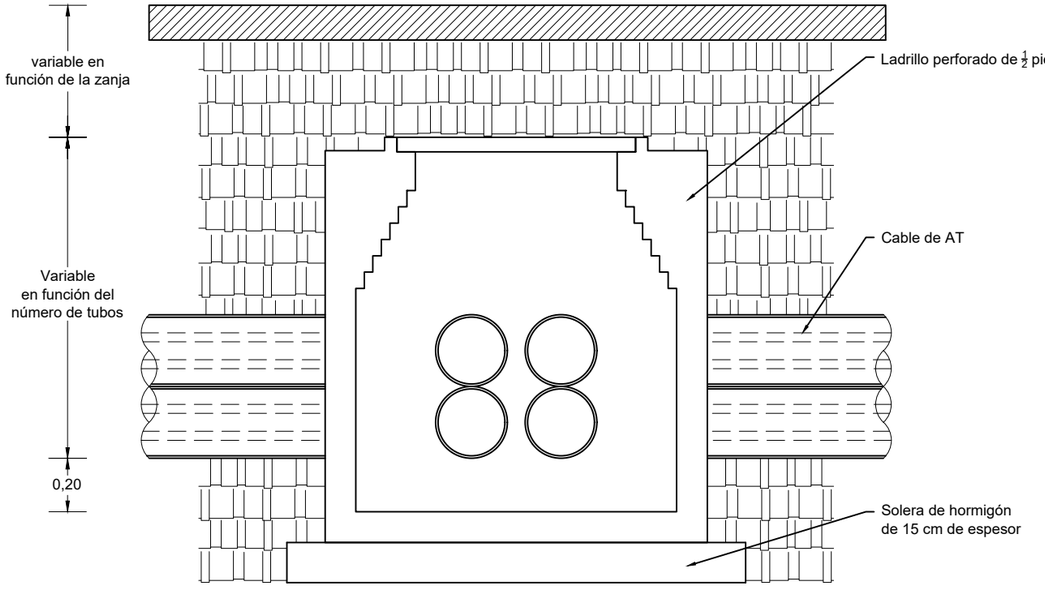


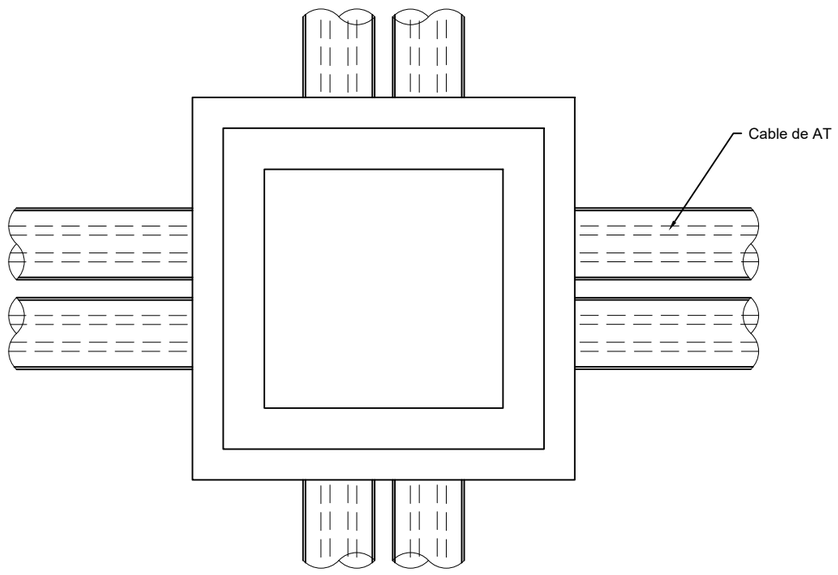
Dibujado	05/2022	SPG	P-08 HOJA 1 DE 2	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	DETALLE DE ARQUETAS 1			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12915820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

ARQUETA CIEGA

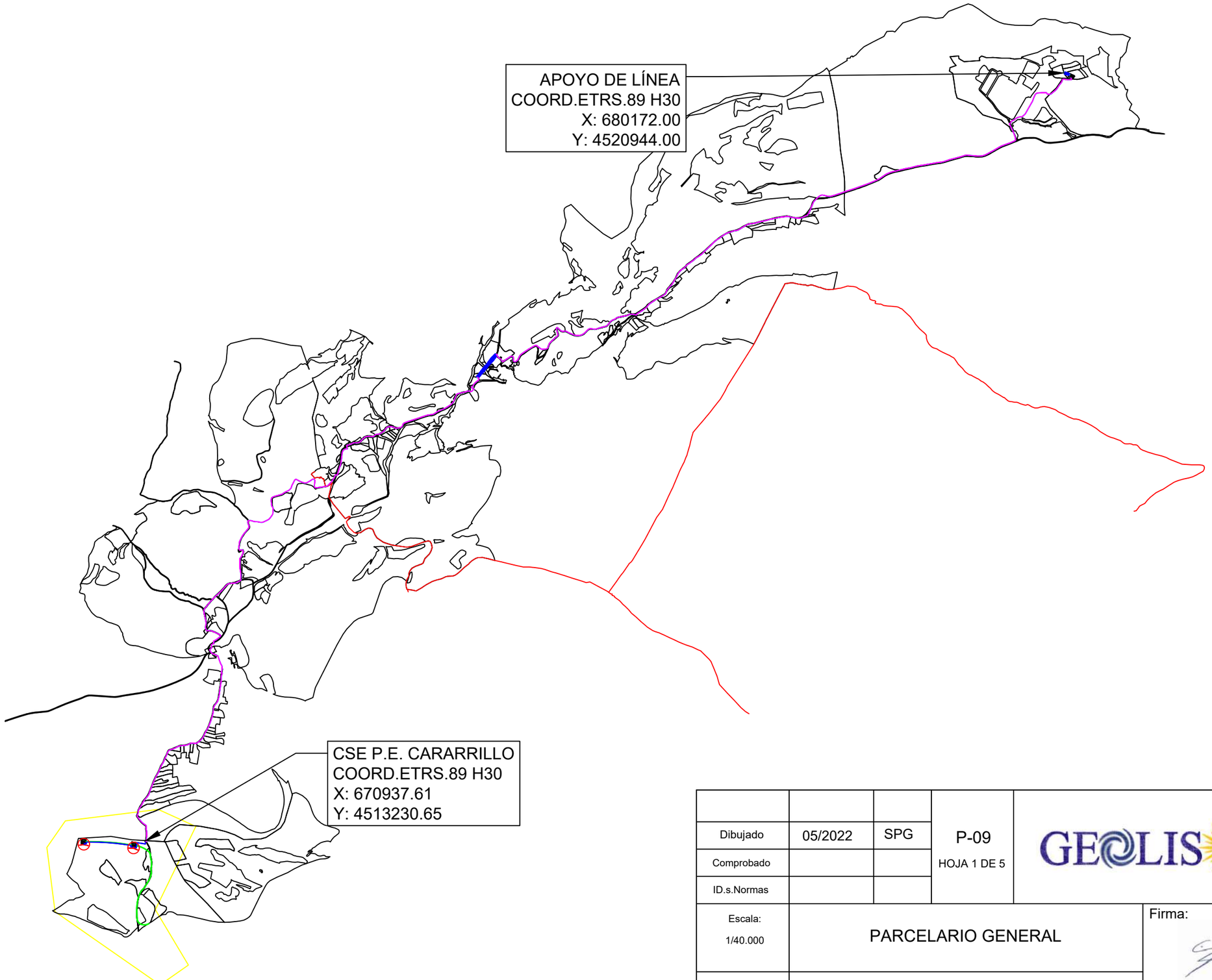






Dibujado	05/2022	SPG	P-08 HOJA 2 DE 2	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	DETALLE DE ARQUETAS 2			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

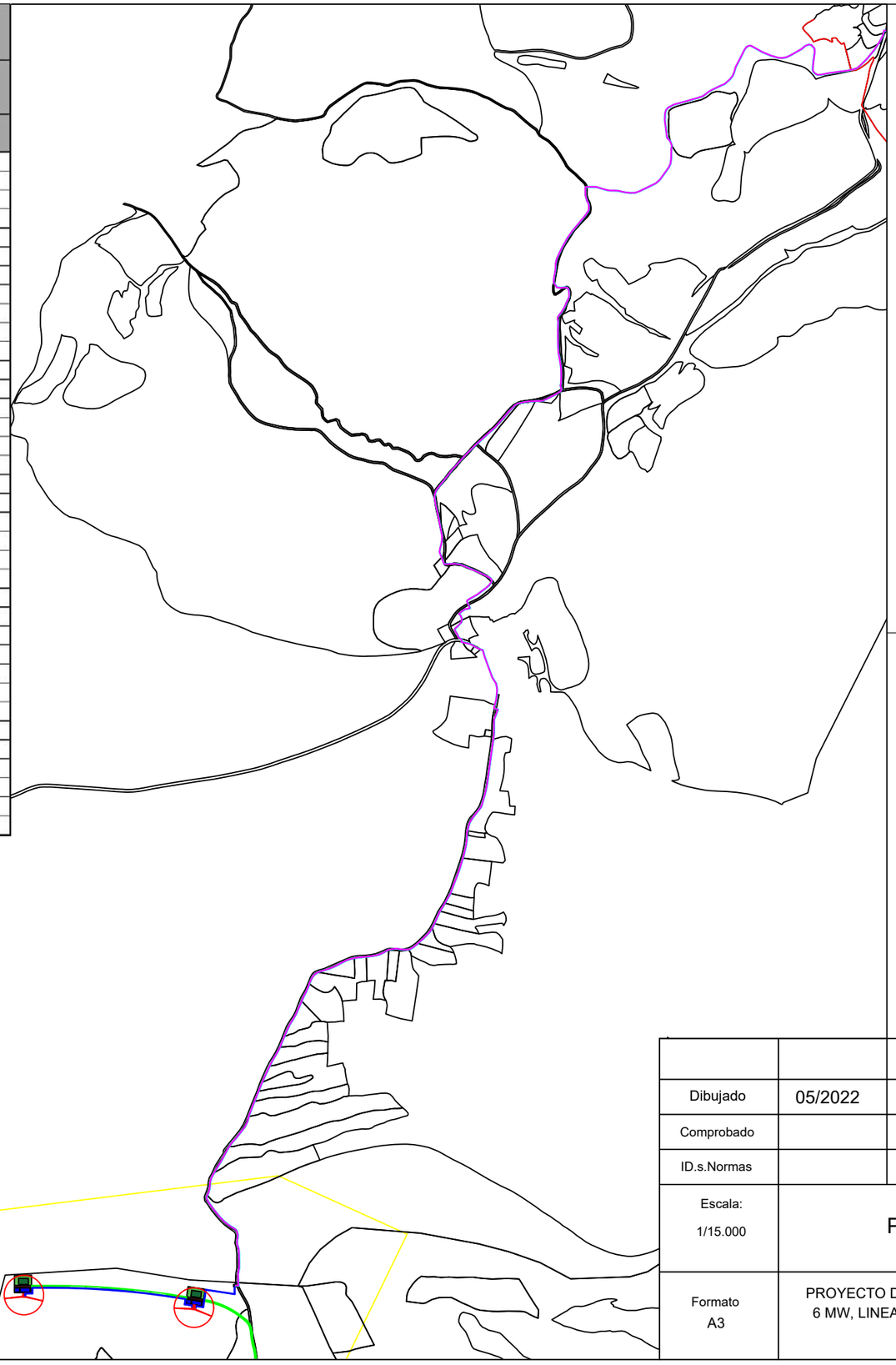


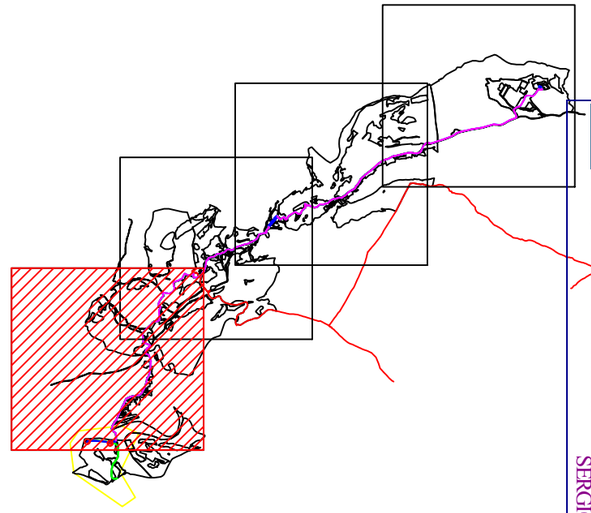
Dibujado	05/2022	SPG	P-09 HOJA 1 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/40.000	PARCELARIO GENERAL			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

PARQUE EÓLICO CARARRILLO- LINEA DE EVACUACIÓN

Nº AFECCIÓN	DATOS PARCELA				
	Provincia	Termino Municipal	Polígono	Parcela	Ref Catastral
1	Teruel	Rillo	2	155	44207A00200155
2	Teruel	Rillo	3	190	44207A00300190
3	Teruel	Rillo	2	9001	44207A00209001
4	Teruel	Pancrudo	301	6	44186A30100006
5	Teruel	Pancrudo	301	7	44186A30100007
6	Teruel	Pancrudo	301	8	44186A30100008
7	Teruel	Pancrudo	301	9	44186A30100009
8	Teruel	Pancrudo	301	10	44186A30100010
9	Teruel	Pancrudo	301	11	44186A30100011
10	Teruel	Pancrudo	301	21	44186A30100021
11	Teruel	Pancrudo	301	23	44186A30100023
12	Teruel	Pancrudo	301	27	44186A30100027
13	Teruel	Pancrudo	301	28	44186A30100028
14	Teruel	Pancrudo	301	29	44186A30100029
15	Teruel	Pancrudo	301	33	44186A30100033
16	Teruel	Pancrudo	301	38	44186A30100038
17	Teruel	Pancrudo	301	39	44186A30100039
18	Teruel	Pancrudo	301	50	44186A30100050
19	Teruel	Pancrudo	301	52	44186A30100052
20	Teruel	Pancrudo	301	53	44186A30100053
21	Teruel	Pancrudo	301	57	44186A30100057
22	Teruel	Pancrudo	301	58	44186A30100058
23	Teruel	Pancrudo	301	59	44186A30100059
24	Teruel	Pancrudo	301	60	44186A30100060
25	Teruel	Pancrudo	301	61	44186A30100061
26	Teruel	Pancrudo	301	62	44186A30100062
27	Teruel	Pancrudo	301	63	44186A30100063
28	Teruel	Pancrudo	301	64	44186A30100064
29	Teruel	Pancrudo	301	66	44186A30100066
30	Teruel	Pancrudo	301	67	44186A30100067
31	Teruel	Pancrudo	301	142	44186A30100142
32	Teruel	Pancrudo	301	143	44186A30100143
33	Teruel	Pancrudo	302	69	44186A30200069
34	Teruel	Pancrudo	302	70	44186A30200070
35	Teruel	Pancrudo	302	71	44186A30200071
36	Teruel	Pancrudo	302	74	44186A30200074





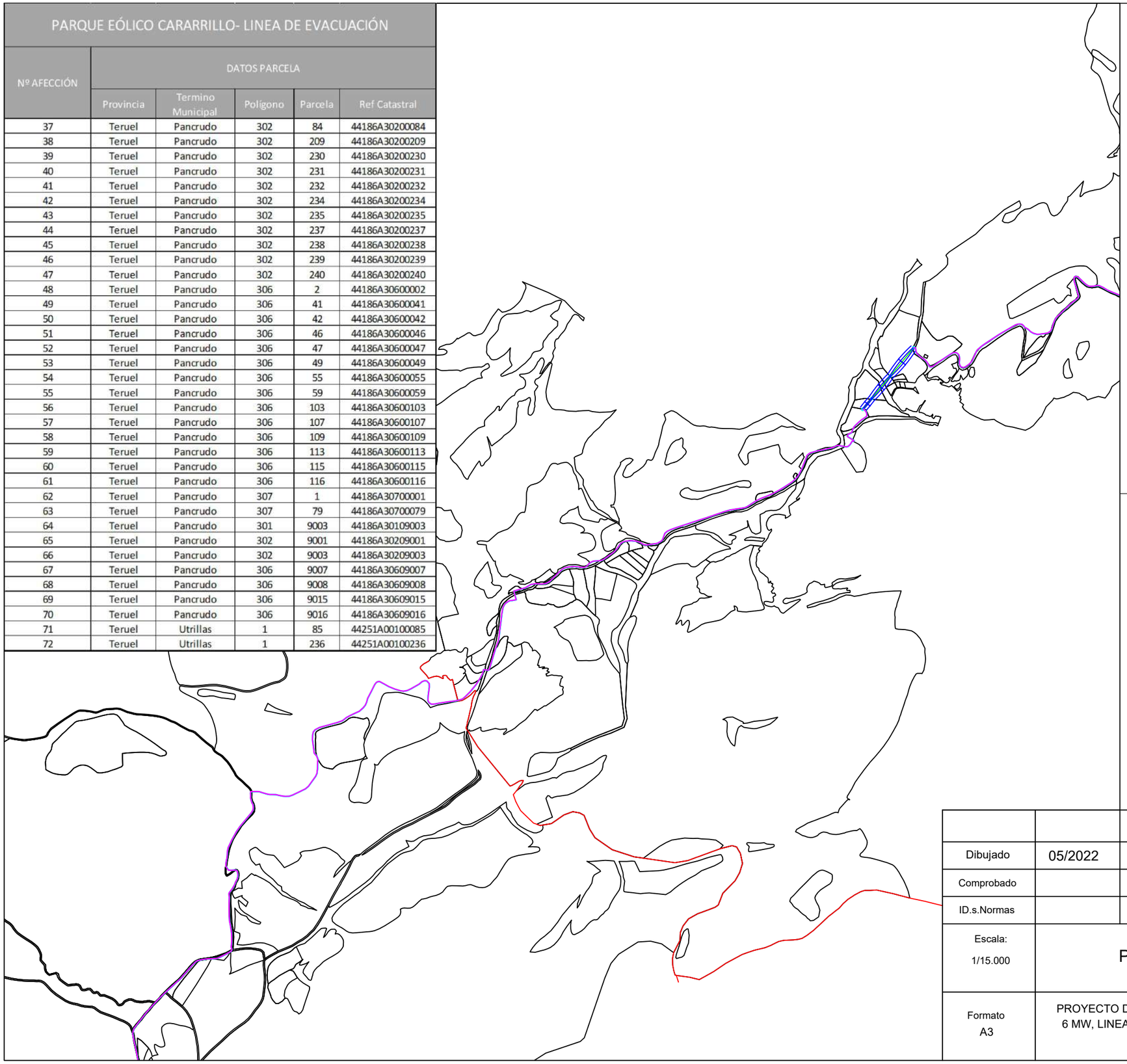
LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

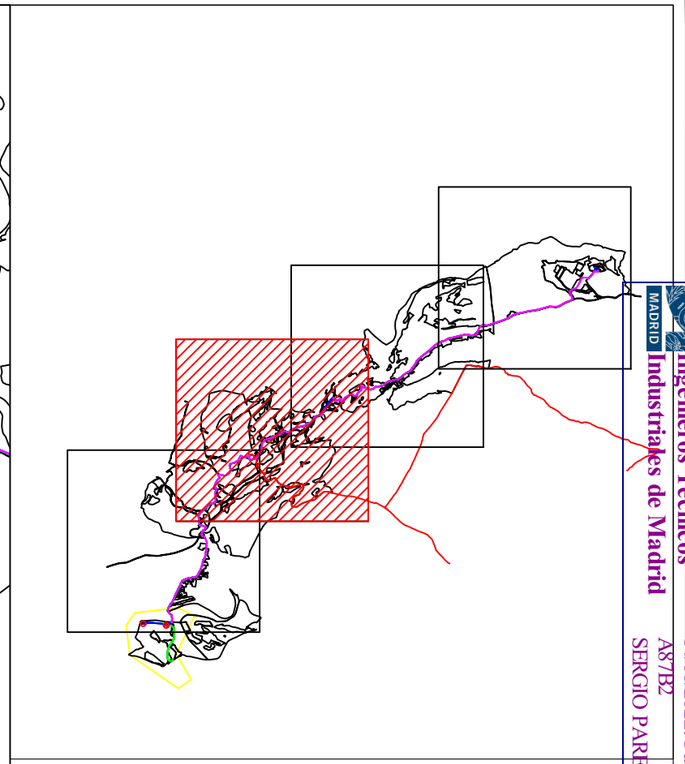
Dibujado	05/2022	SPG	P-09 HOJA 2 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/15.000	PARCELARIO TRAMO 1			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

PARQUE EÓLICO CARARRILLO- LINEA DE EVACUACIÓN

Nº AFECCIÓN	DATOS PARCELA				
	Provincia	Termino Municipal	Polígono	Parcela	Ref Catastral
37	Teruel	Pancrudo	302	84	44186A30200084
38	Teruel	Pancrudo	302	209	44186A30200209
39	Teruel	Pancrudo	302	230	44186A30200230
40	Teruel	Pancrudo	302	231	44186A30200231
41	Teruel	Pancrudo	302	232	44186A30200232
42	Teruel	Pancrudo	302	234	44186A30200234
43	Teruel	Pancrudo	302	235	44186A30200235
44	Teruel	Pancrudo	302	237	44186A30200237
45	Teruel	Pancrudo	302	238	44186A30200238
46	Teruel	Pancrudo	302	239	44186A30200239
47	Teruel	Pancrudo	302	240	44186A30200240
48	Teruel	Pancrudo	306	2	44186A30600002
49	Teruel	Pancrudo	306	41	44186A30600041
50	Teruel	Pancrudo	306	42	44186A30600042
51	Teruel	Pancrudo	306	46	44186A30600046
52	Teruel	Pancrudo	306	47	44186A30600047
53	Teruel	Pancrudo	306	49	44186A30600049
54	Teruel	Pancrudo	306	55	44186A30600055
55	Teruel	Pancrudo	306	59	44186A30600059
56	Teruel	Pancrudo	306	103	44186A30600103
57	Teruel	Pancrudo	306	107	44186A30600107
58	Teruel	Pancrudo	306	109	44186A30600109
59	Teruel	Pancrudo	306	113	44186A30600113
60	Teruel	Pancrudo	306	115	44186A30600115
61	Teruel	Pancrudo	306	116	44186A30600116
62	Teruel	Pancrudo	307	1	44186A30700001
63	Teruel	Pancrudo	307	79	44186A30700079
64	Teruel	Pancrudo	301	9003	44186A30109003
65	Teruel	Pancrudo	302	9001	44186A30209001
66	Teruel	Pancrudo	302	9003	44186A30209003
67	Teruel	Pancrudo	306	9007	44186A30609007
68	Teruel	Pancrudo	306	9008	44186A30609008
69	Teruel	Pancrudo	306	9015	44186A30609015
70	Teruel	Pancrudo	306	9016	44186A30609016
71	Teruel	Utrillas	1	85	44251A00100085
72	Teruel	Utrillas	1	236	44251A00100236





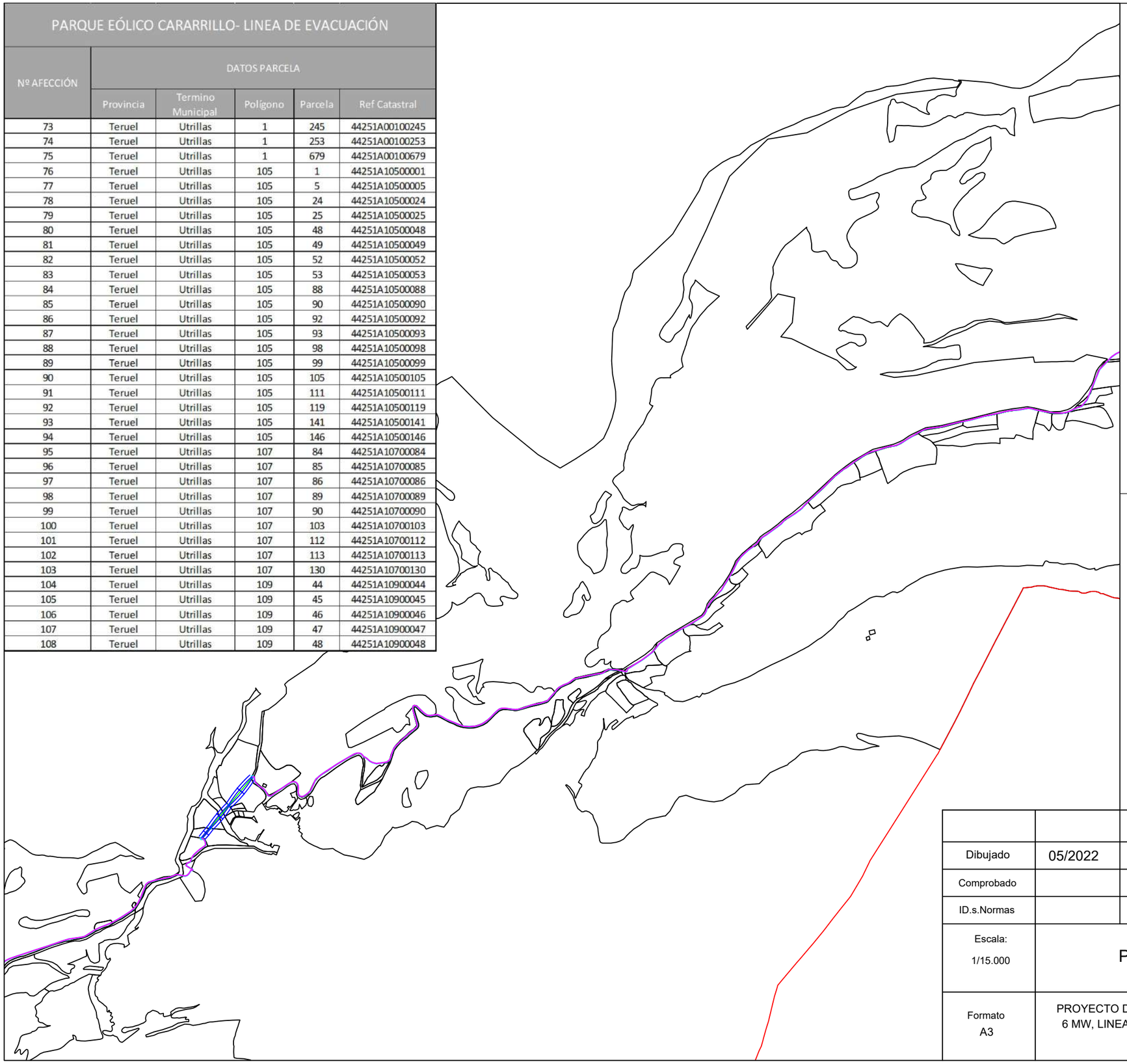
LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

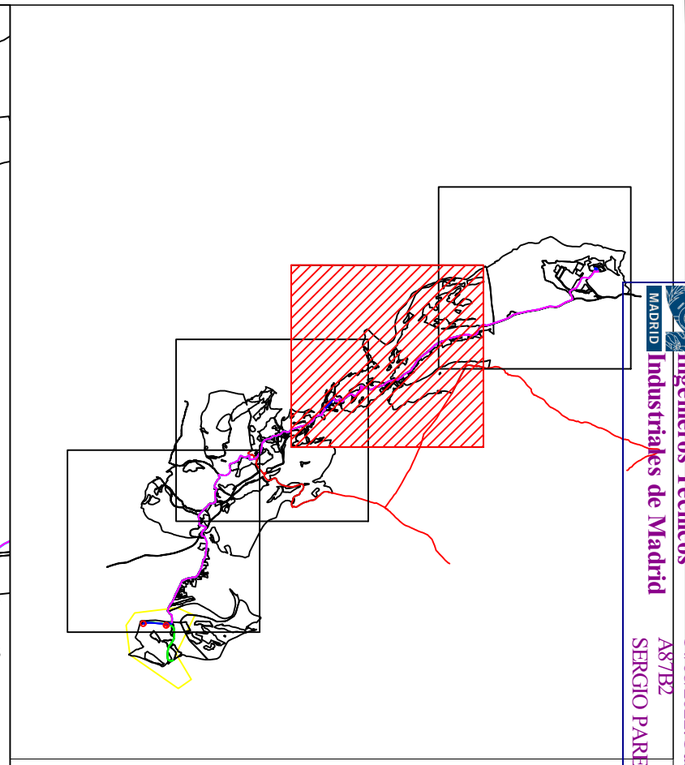
Dibujado	05/2022	SPG	P-09 HOJA 3 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/15.000	PARCELARIO TRAMO 2			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

PARQUE EÓLICO CARARRILLO- LINEA DE EVACUACIÓN

Nº AFECCIÓN	DATOS PARCELA				
	Provincia	Termino Municipal	Polígono	Parcela	Ref Catastral
73	Teruel	Utrillas	1	245	44251A00100245
74	Teruel	Utrillas	1	253	44251A00100253
75	Teruel	Utrillas	1	679	44251A00100679
76	Teruel	Utrillas	105	1	44251A10500001
77	Teruel	Utrillas	105	5	44251A10500005
78	Teruel	Utrillas	105	24	44251A10500024
79	Teruel	Utrillas	105	25	44251A10500025
80	Teruel	Utrillas	105	48	44251A10500048
81	Teruel	Utrillas	105	49	44251A10500049
82	Teruel	Utrillas	105	52	44251A10500052
83	Teruel	Utrillas	105	53	44251A10500053
84	Teruel	Utrillas	105	88	44251A10500088
85	Teruel	Utrillas	105	90	44251A10500090
86	Teruel	Utrillas	105	92	44251A10500092
87	Teruel	Utrillas	105	93	44251A10500093
88	Teruel	Utrillas	105	98	44251A10500098
89	Teruel	Utrillas	105	99	44251A10500099
90	Teruel	Utrillas	105	105	44251A10500105
91	Teruel	Utrillas	105	111	44251A10500111
92	Teruel	Utrillas	105	119	44251A10500119
93	Teruel	Utrillas	105	141	44251A10500141
94	Teruel	Utrillas	105	146	44251A10500146
95	Teruel	Utrillas	107	84	44251A10700084
96	Teruel	Utrillas	107	85	44251A10700085
97	Teruel	Utrillas	107	86	44251A10700086
98	Teruel	Utrillas	107	89	44251A10700089
99	Teruel	Utrillas	107	90	44251A10700090
100	Teruel	Utrillas	107	103	44251A10700103
101	Teruel	Utrillas	107	112	44251A10700112
102	Teruel	Utrillas	107	113	44251A10700113
103	Teruel	Utrillas	107	130	44251A10700130
104	Teruel	Utrillas	109	44	44251A10900044
105	Teruel	Utrillas	109	45	44251A10900045
106	Teruel	Utrillas	109	46	44251A10900046
107	Teruel	Utrillas	109	47	44251A10900047
108	Teruel	Utrillas	109	48	44251A10900048



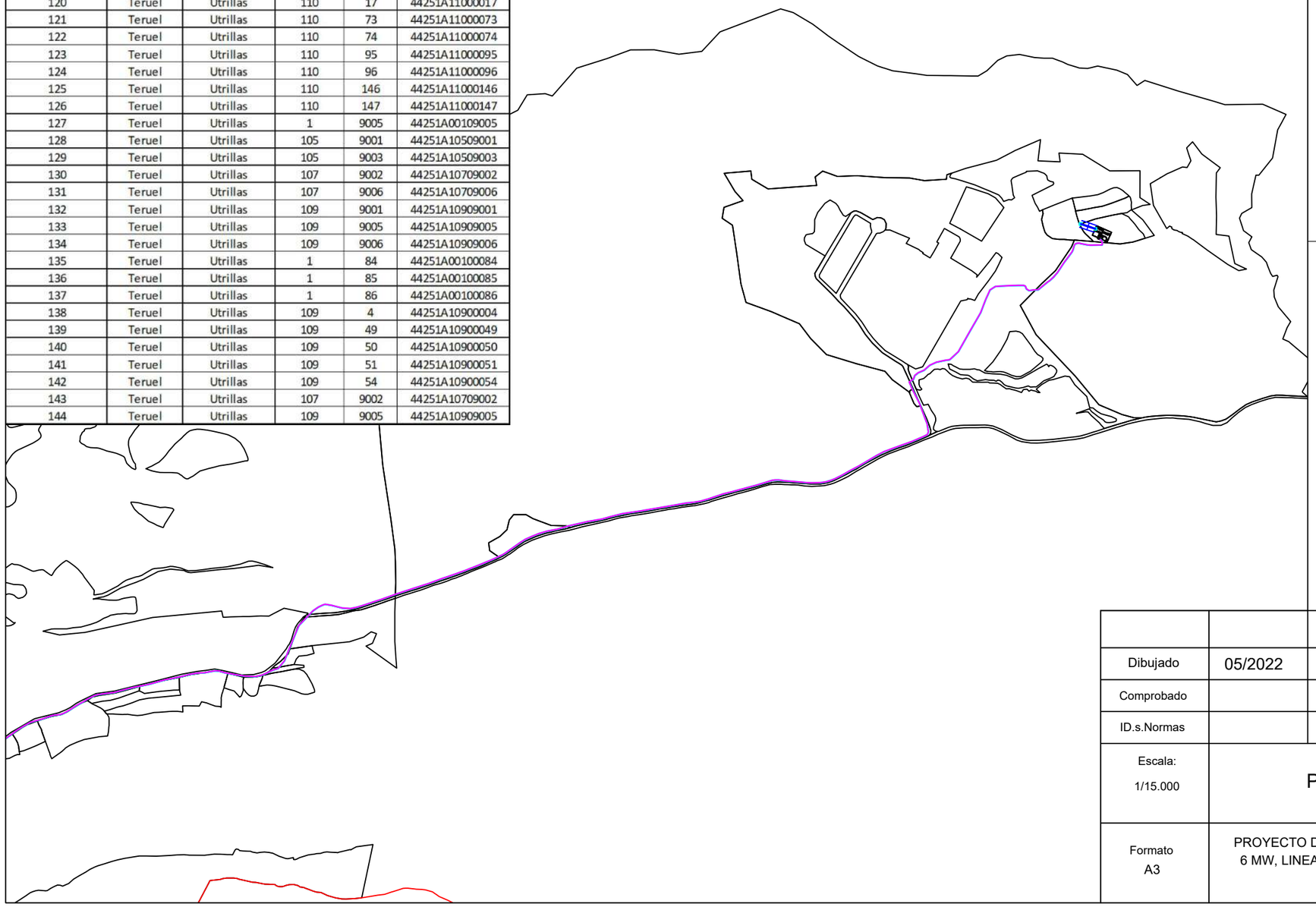


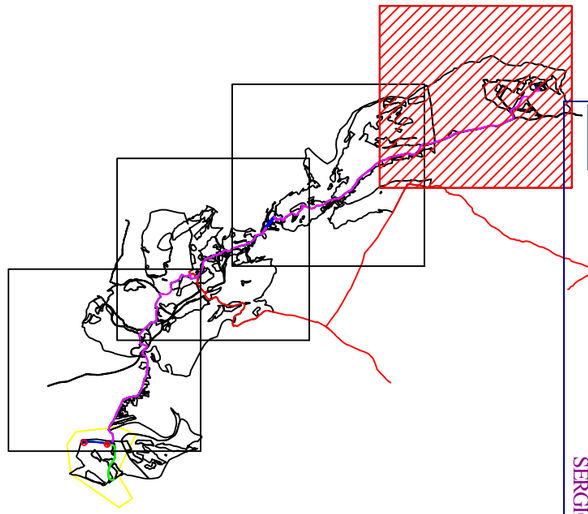
LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-09 HOJA 4 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/15.000	PARCELARIO TRAMO 3			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVT2905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

PARQUE EÓLICO CARARRILLO- LINEA DE EVACUACIÓN					
Nº AFECCIÓN	DATOS PARCELA				
	Provincia	Termino Municipal	Polígono	Parcela	Ref Catastral
109	Teruel	Utrillas	109	49	44251A10900049
110	Teruel	Utrillas	109	50	44251A10900050
111	Teruel	Utrillas	109	134	44251A10900134
112	Teruel	Utrillas	109	161	44251A10900161
113	Teruel	Utrillas	109	165	44251A10900165
114	Teruel	Utrillas	109	166	44251A10900166
115	Teruel	Utrillas	109	180	44251A10900180
116	Teruel	Utrillas	109	188	44251A10900188
117	Teruel	Utrillas	109	190	44251A10900190
118	Teruel	Utrillas	109	191	44251A10900191
119	Teruel	Utrillas	109	192	44251A10900192
120	Teruel	Utrillas	110	17	44251A11000017
121	Teruel	Utrillas	110	73	44251A11000073
122	Teruel	Utrillas	110	74	44251A11000074
123	Teruel	Utrillas	110	95	44251A11000095
124	Teruel	Utrillas	110	96	44251A11000096
125	Teruel	Utrillas	110	146	44251A11000146
126	Teruel	Utrillas	110	147	44251A11000147
127	Teruel	Utrillas	1	9005	44251A00109005
128	Teruel	Utrillas	105	9001	44251A10509001
129	Teruel	Utrillas	105	9003	44251A10509003
130	Teruel	Utrillas	107	9002	44251A10709002
131	Teruel	Utrillas	107	9006	44251A10709006
132	Teruel	Utrillas	109	9001	44251A10909001
133	Teruel	Utrillas	109	9005	44251A10909005
134	Teruel	Utrillas	109	9006	44251A10909006
135	Teruel	Utrillas	1	84	44251A00100084
136	Teruel	Utrillas	1	85	44251A00100085
137	Teruel	Utrillas	1	86	44251A00100086
138	Teruel	Utrillas	109	4	44251A10900004
139	Teruel	Utrillas	109	49	44251A10900049
140	Teruel	Utrillas	109	50	44251A10900050
141	Teruel	Utrillas	109	51	44251A10900051
142	Teruel	Utrillas	109	54	44251A10900054
143	Teruel	Utrillas	107	9002	44251A10709002
144	Teruel	Utrillas	109	9005	44251A10909005

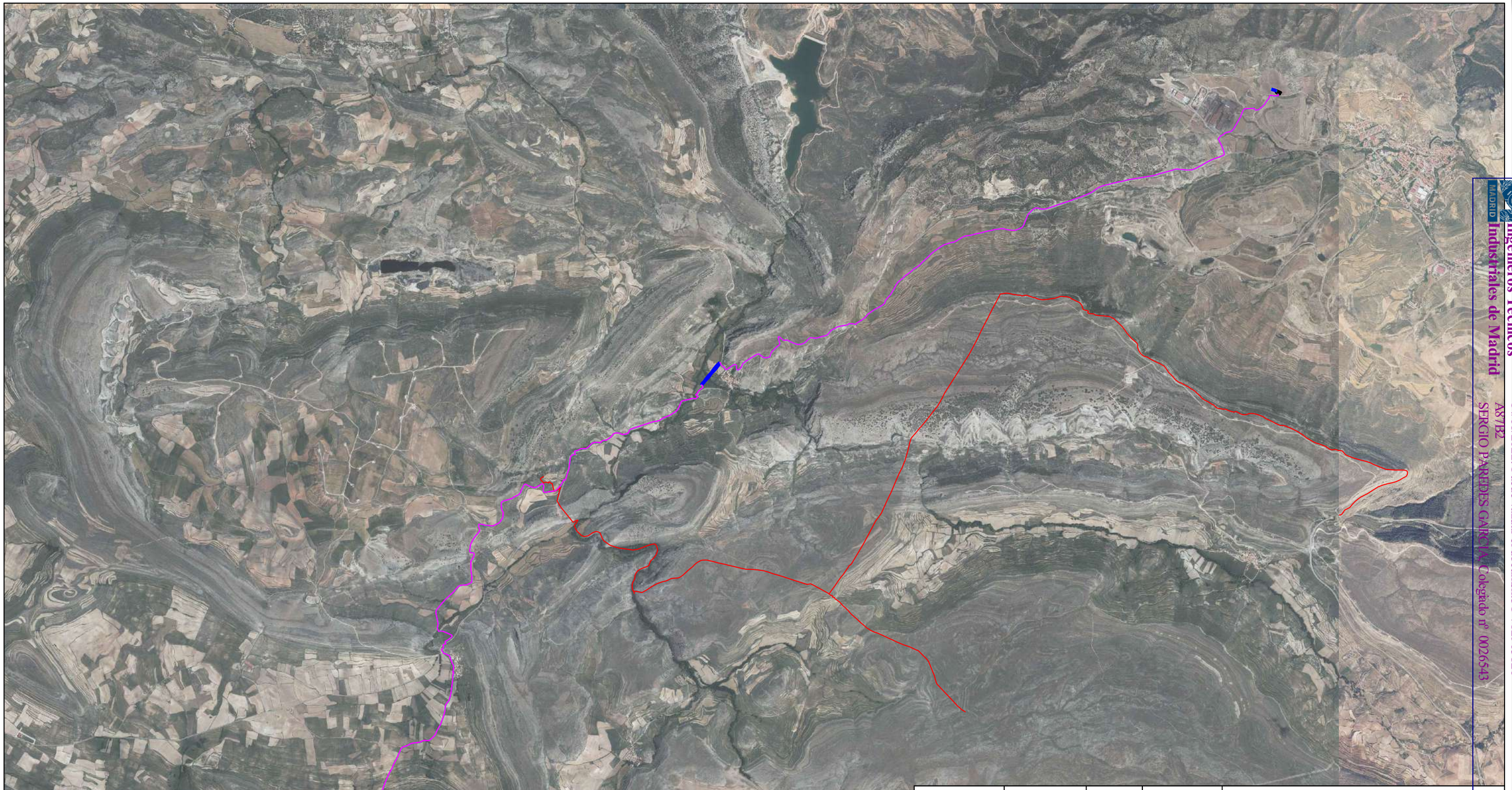




LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

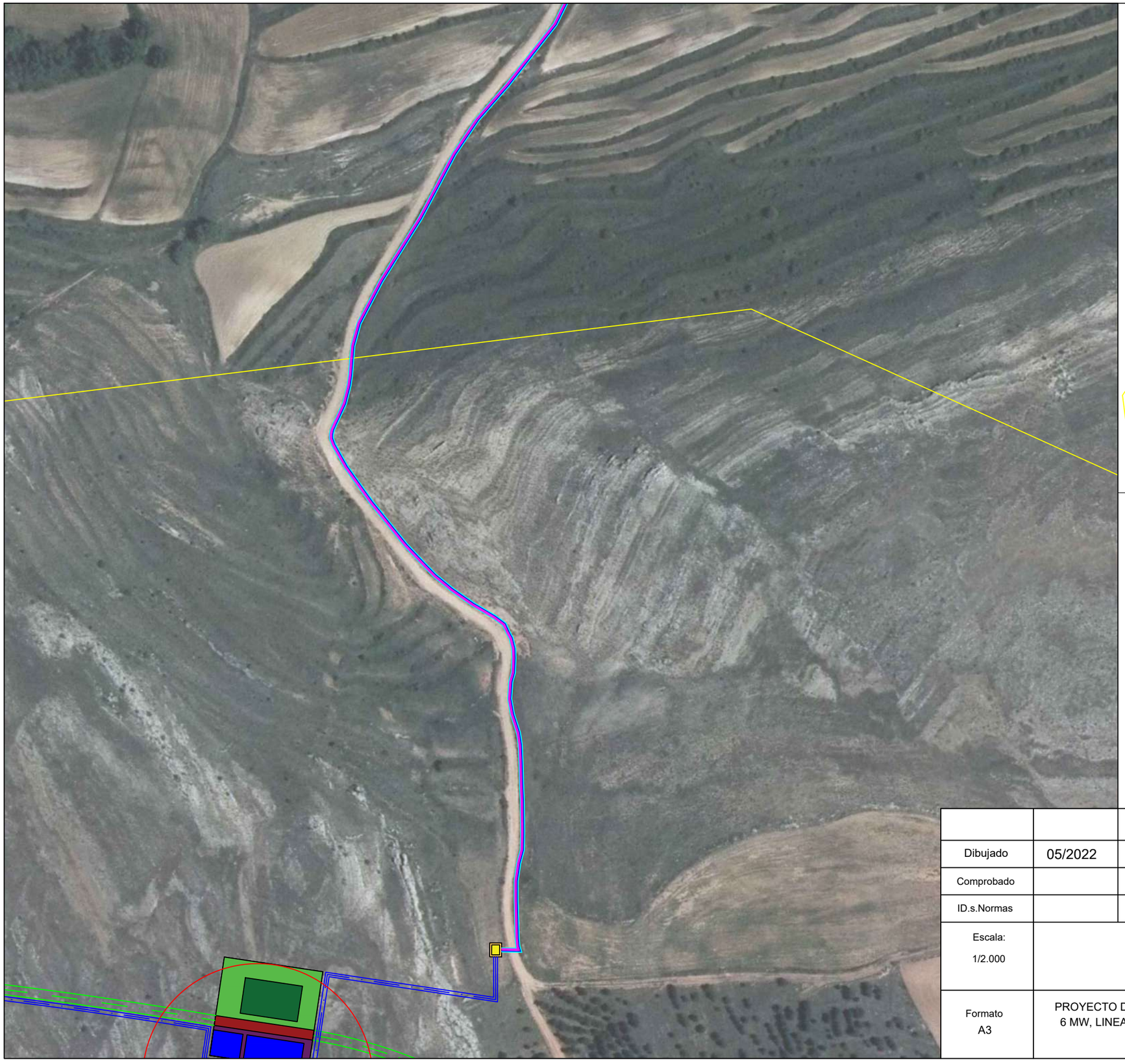
Dibujado	05/2022	SPG	P-09 HOJA 5 DE 5	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/15.000	PARCELARIO TRAMO 4			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

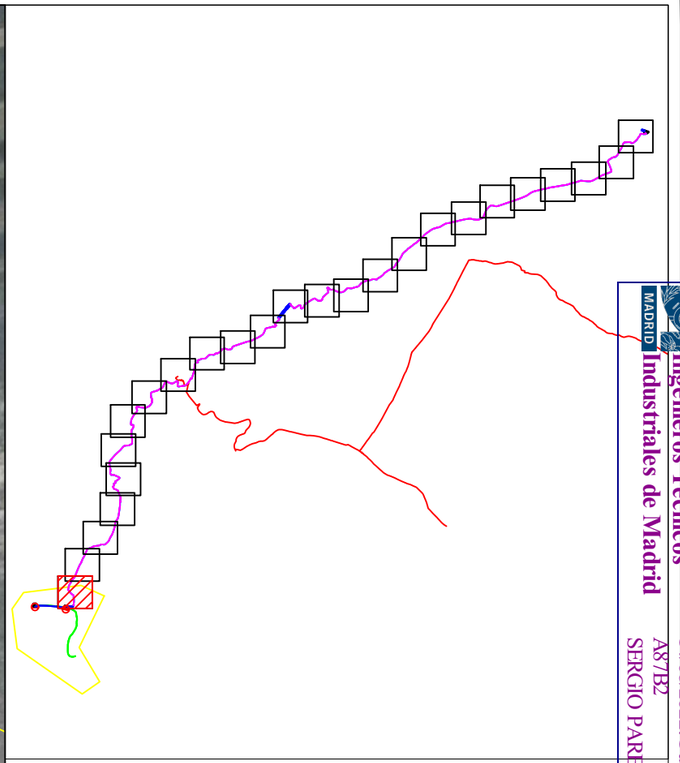
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FXT2905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 1 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/40.000	PLANTA GENERAL			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVT2915820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCÍA, Colegiado nº 0026543



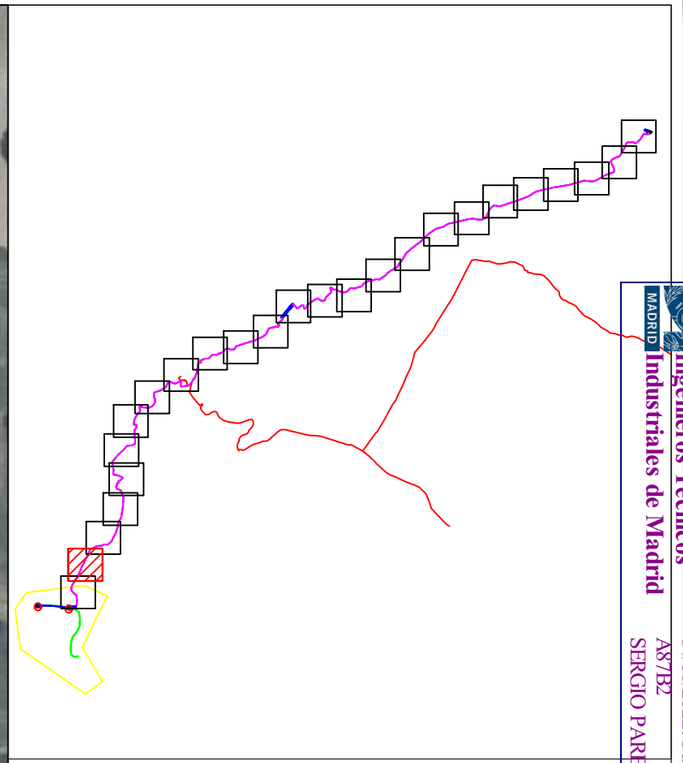


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 2 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 1			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2905XJ
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



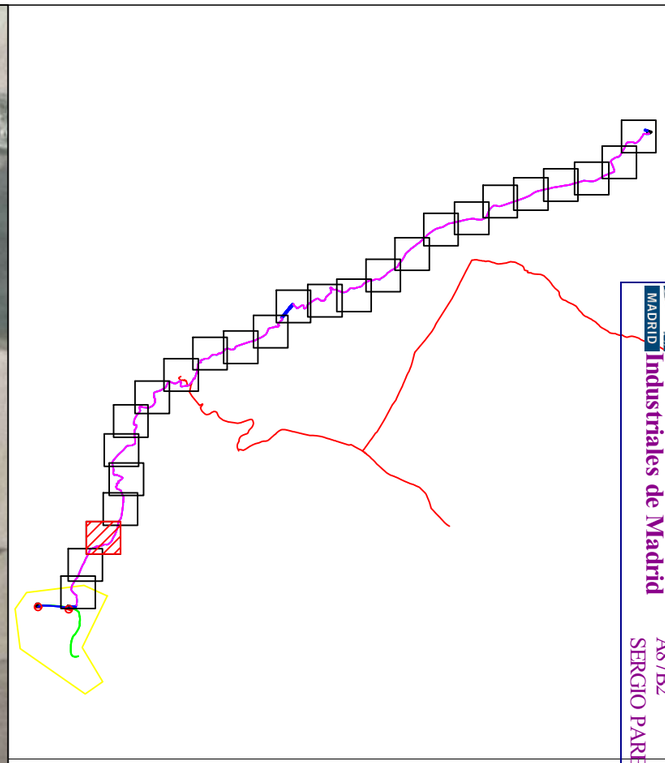


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 3 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 2			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO



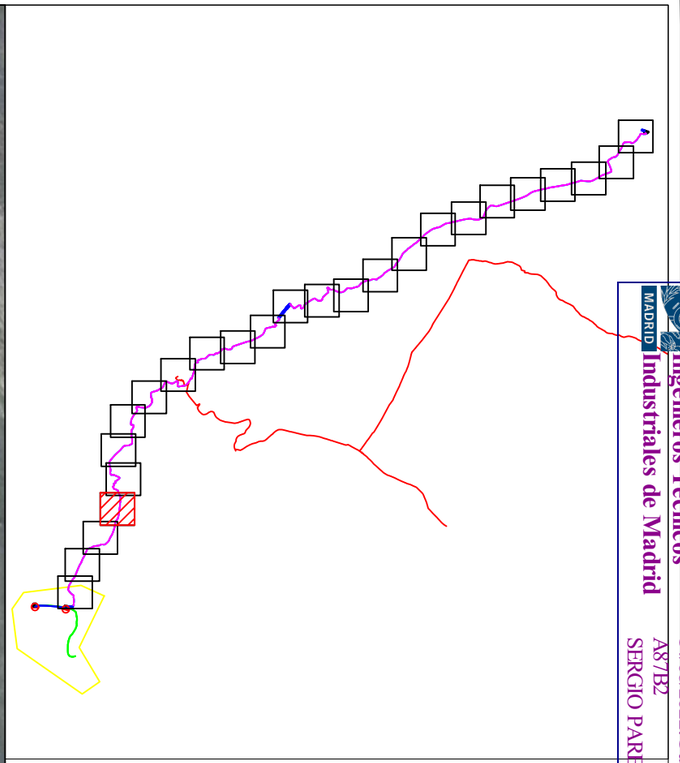


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 4 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 3			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

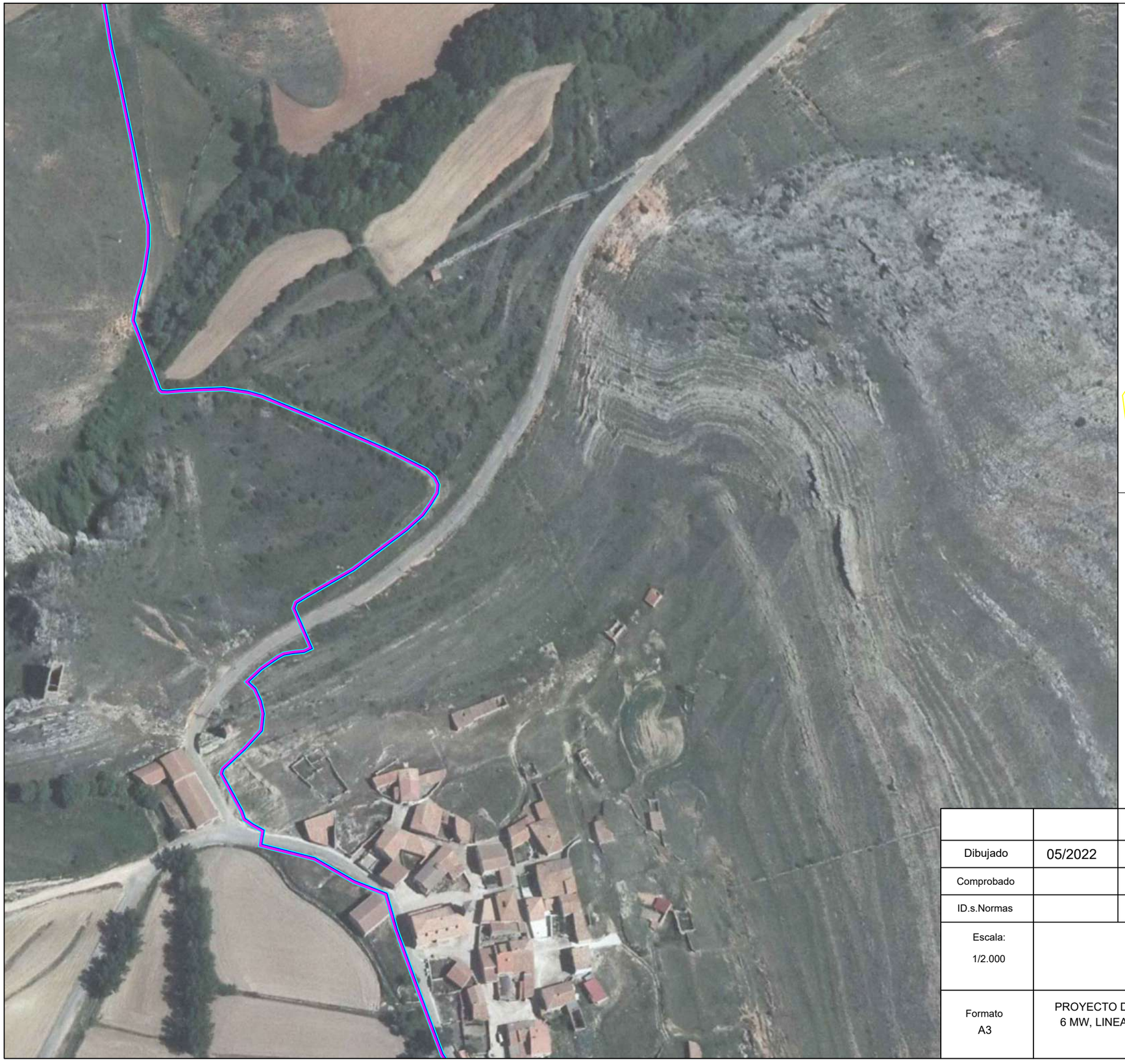


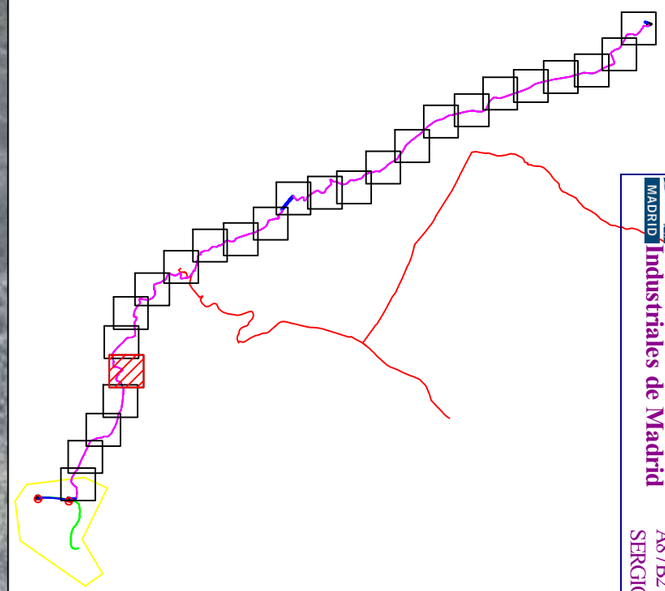


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 5 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 4			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905X20
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

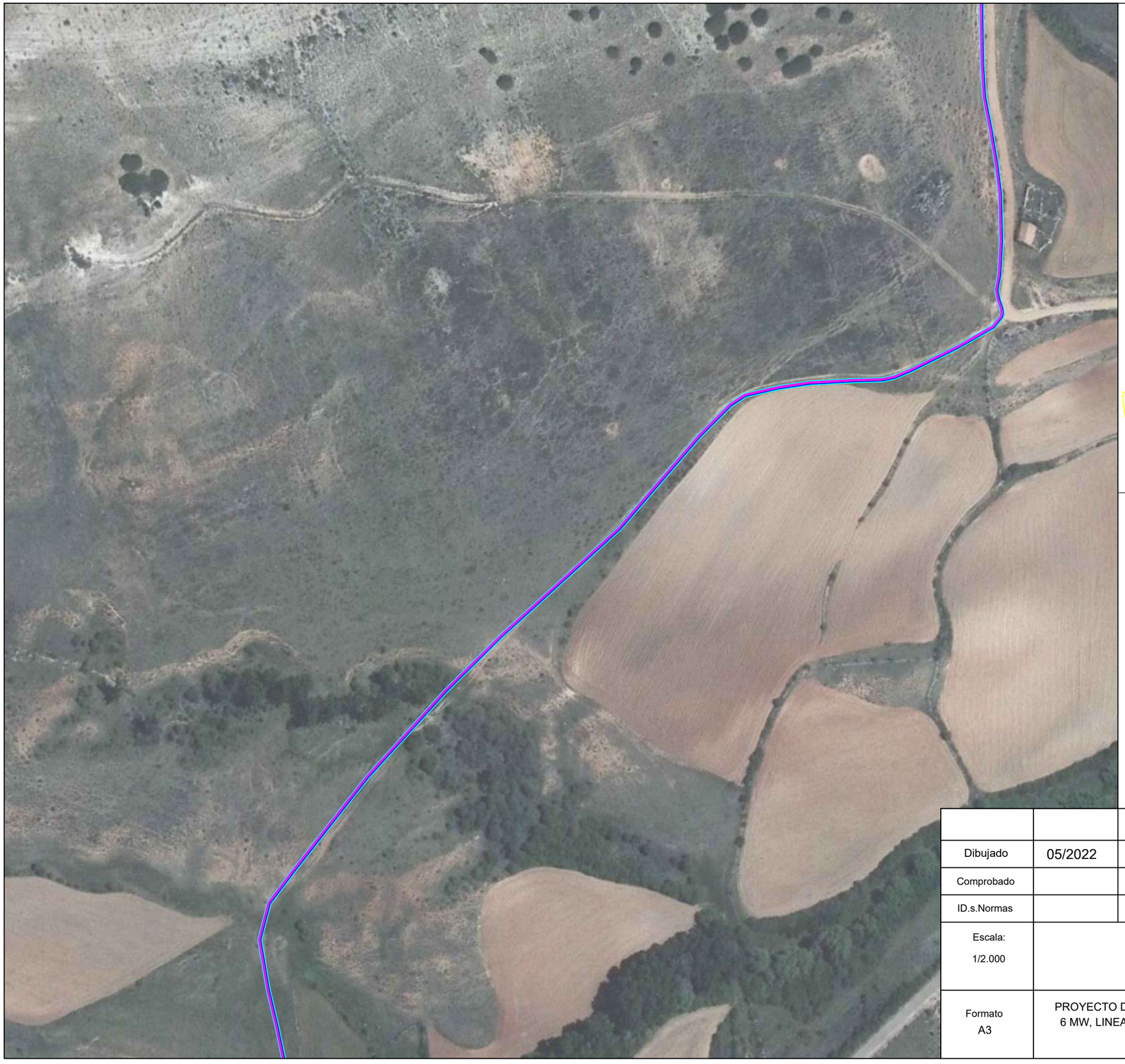


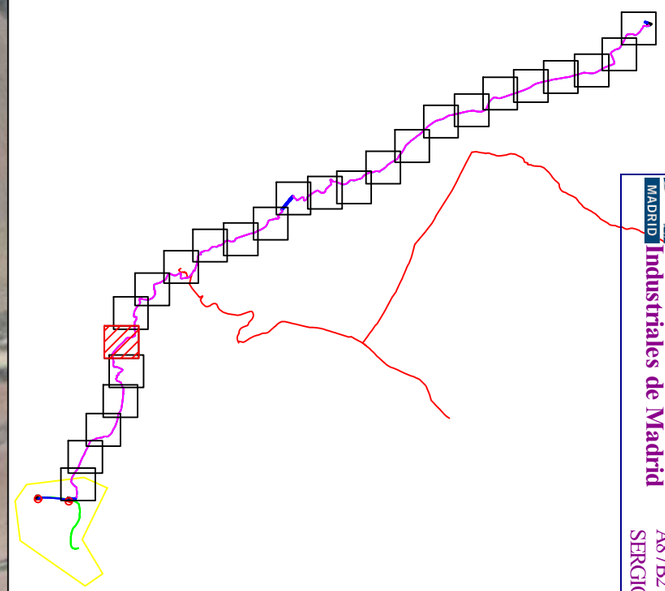


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 6 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 5			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

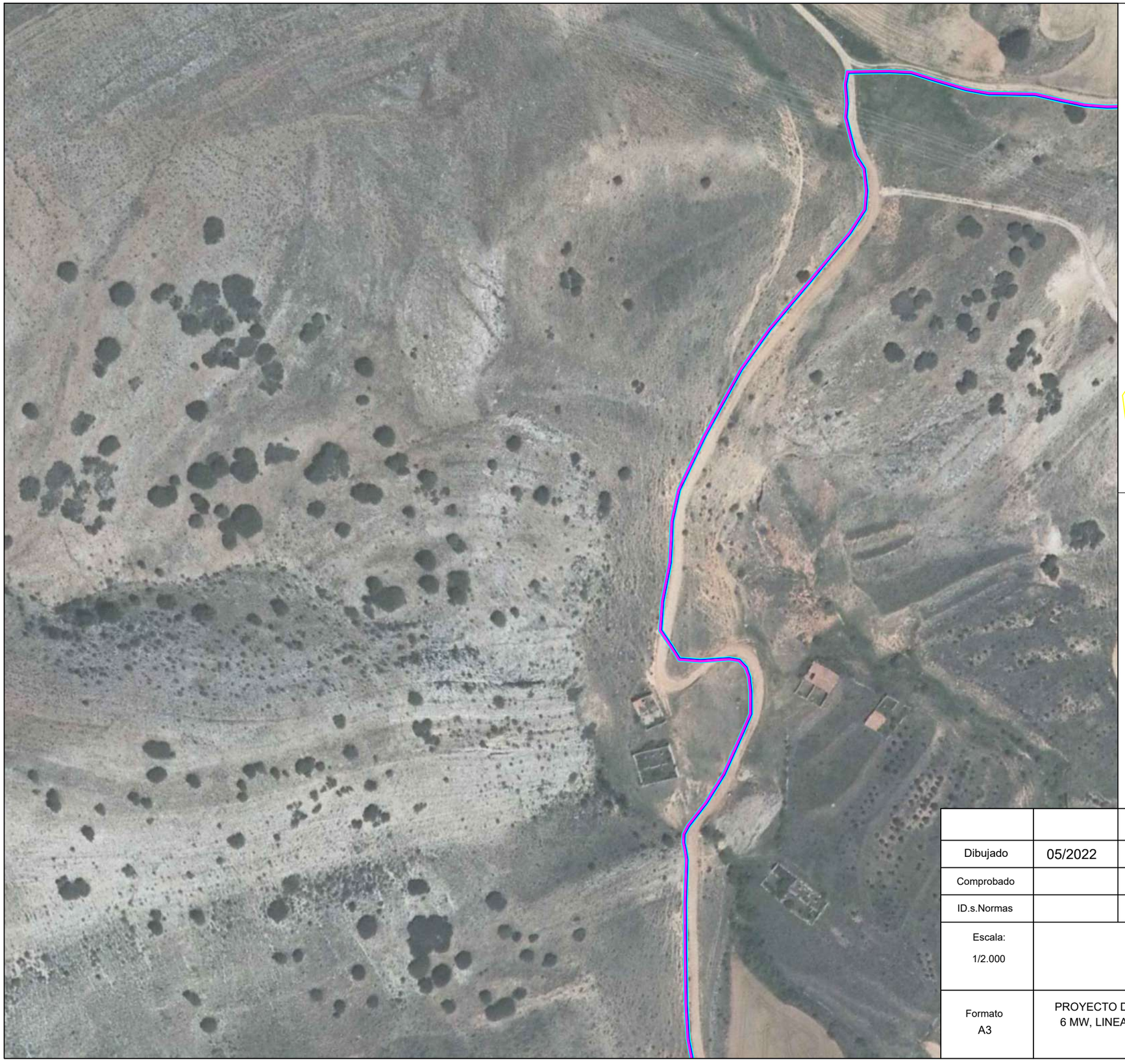


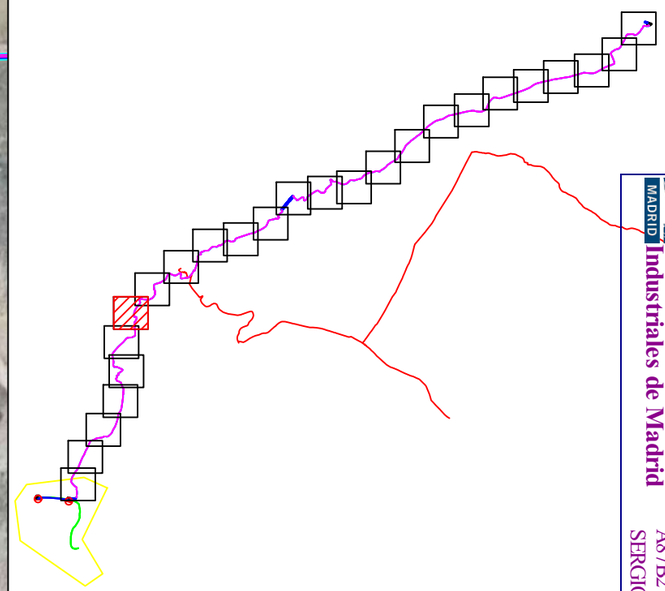


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 7 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 6			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

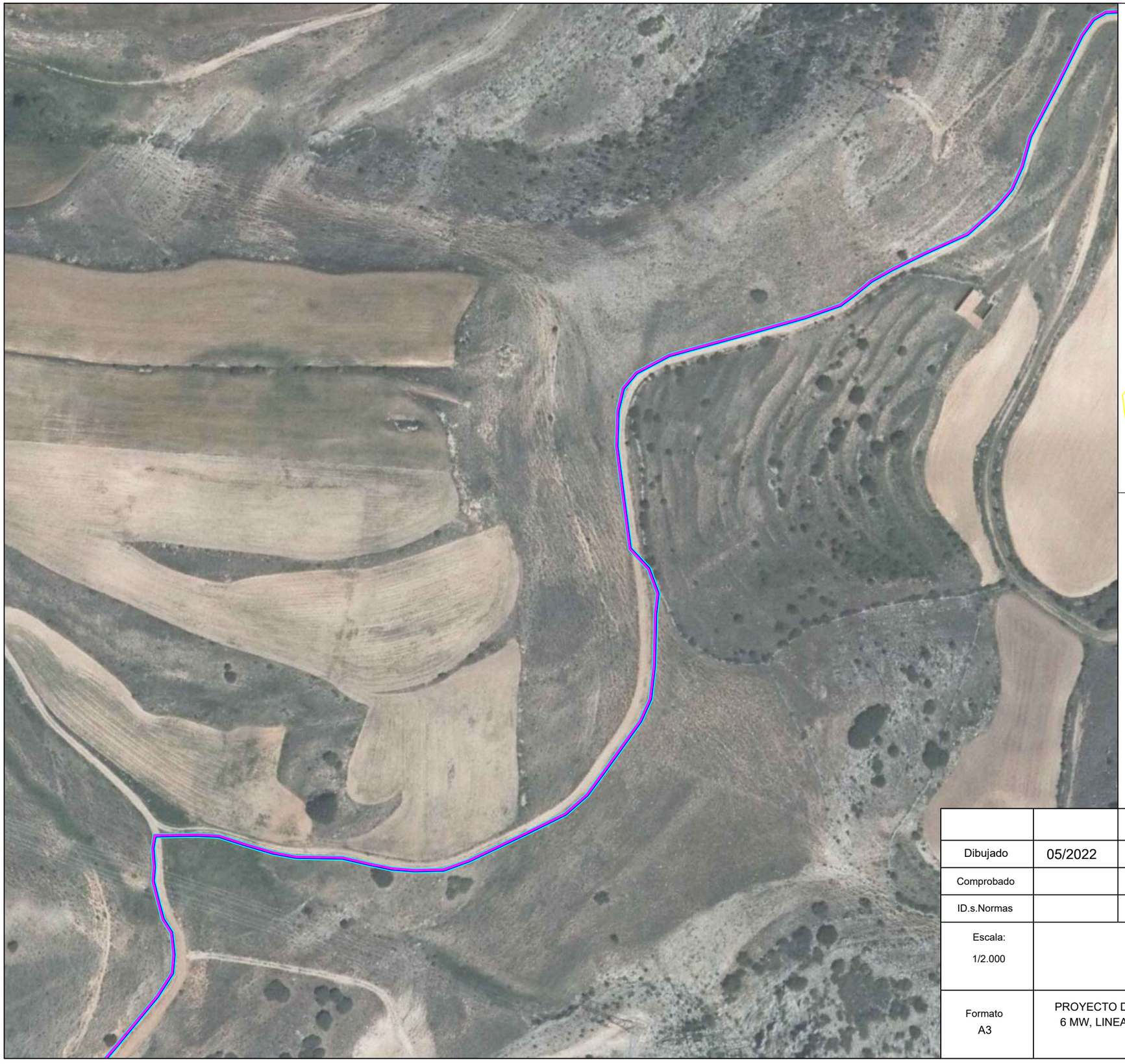


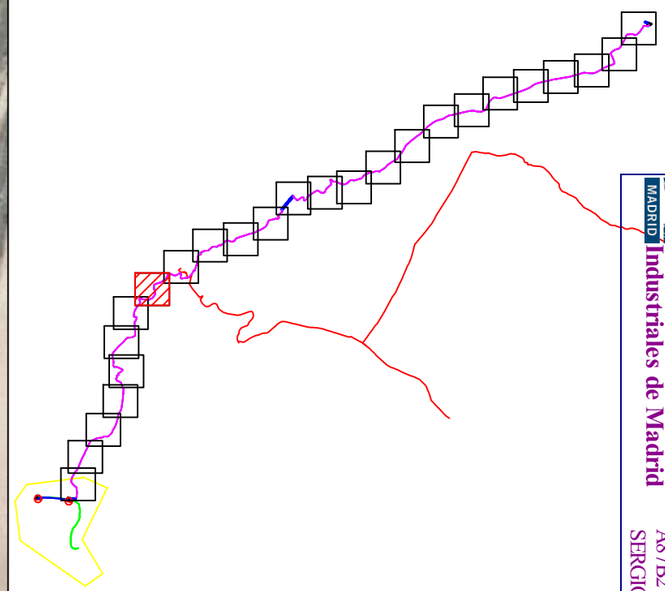


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 8 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 7			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

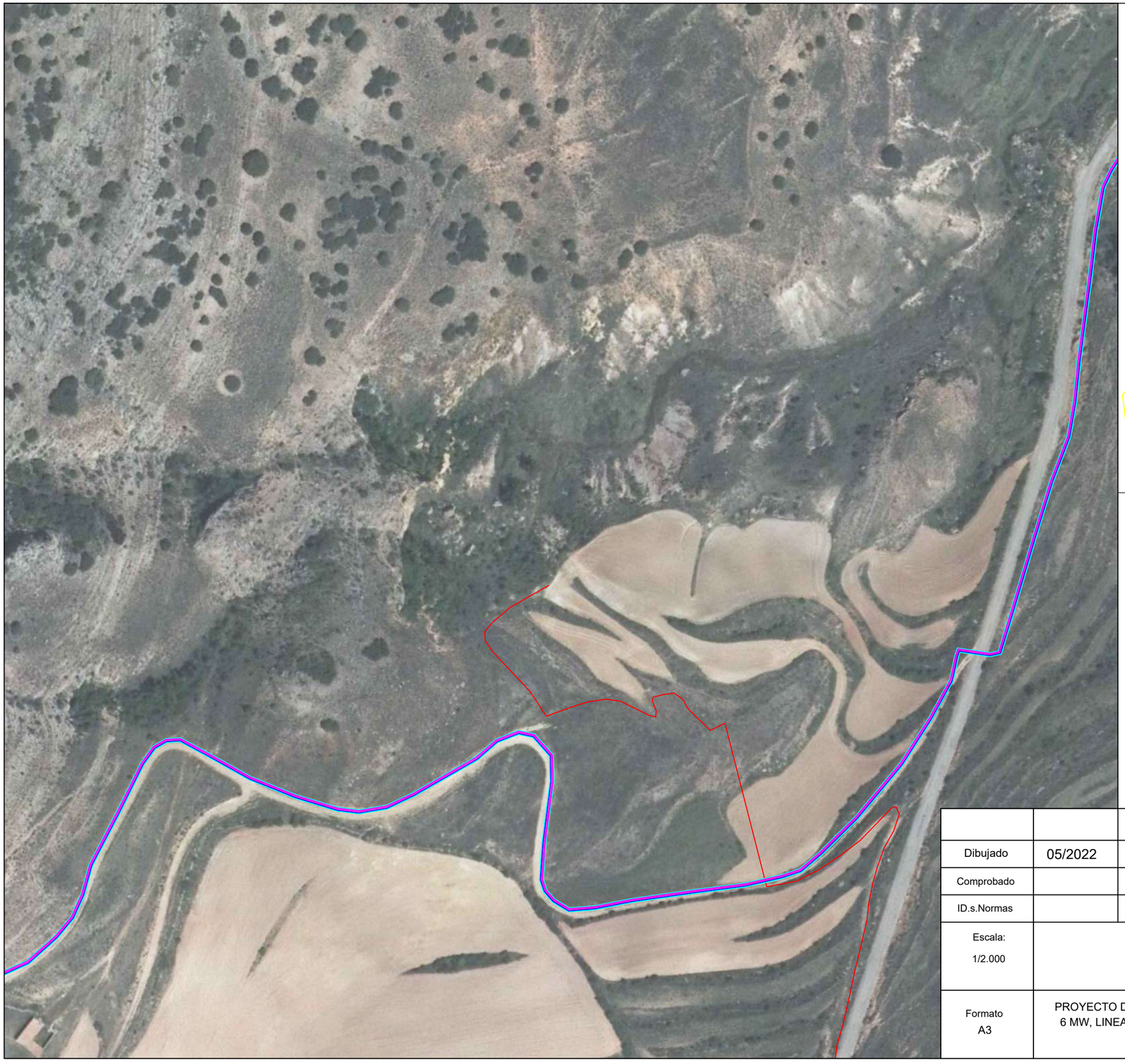


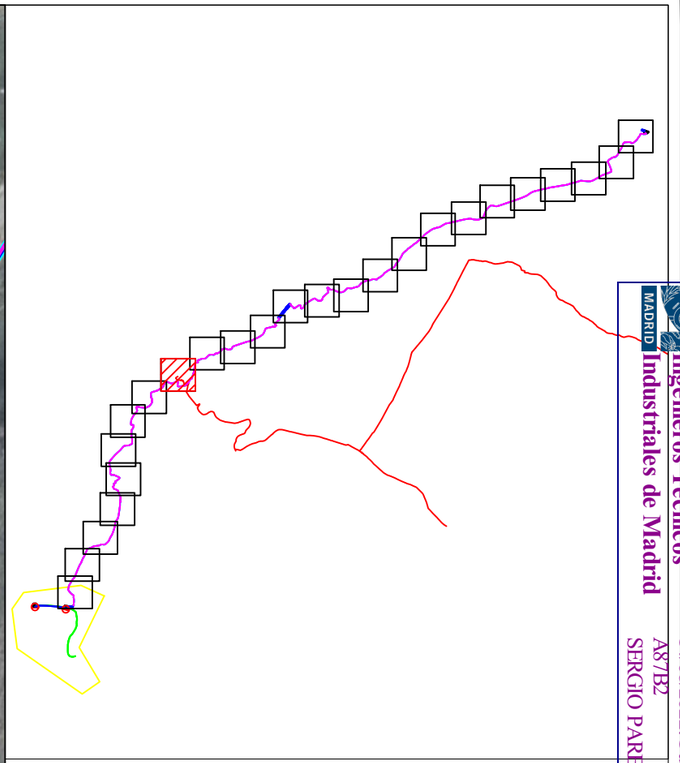


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 9 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 8			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

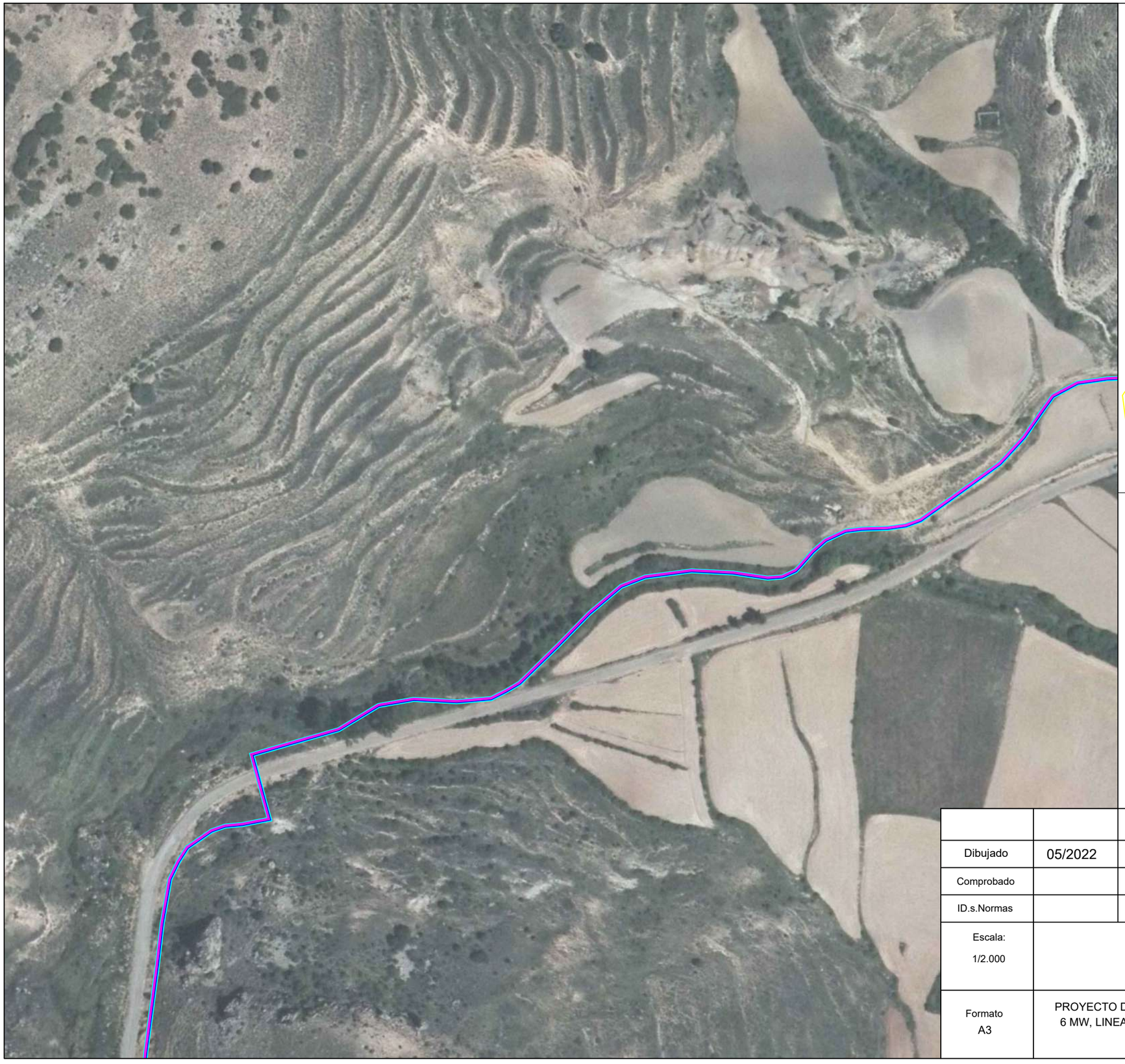


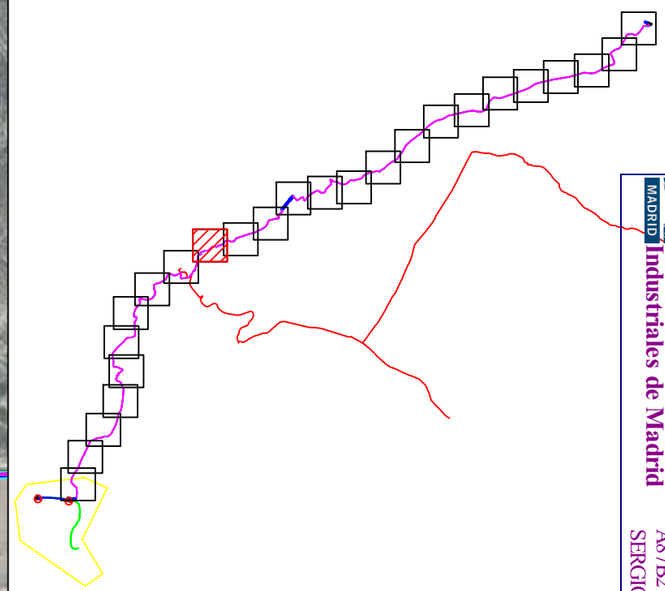


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 10 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 9			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI 2905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



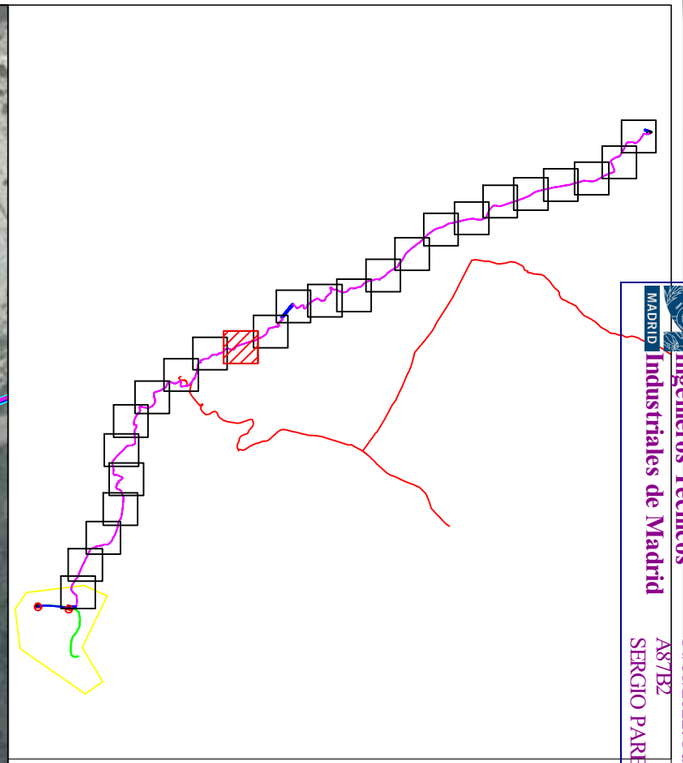


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 11 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 10			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

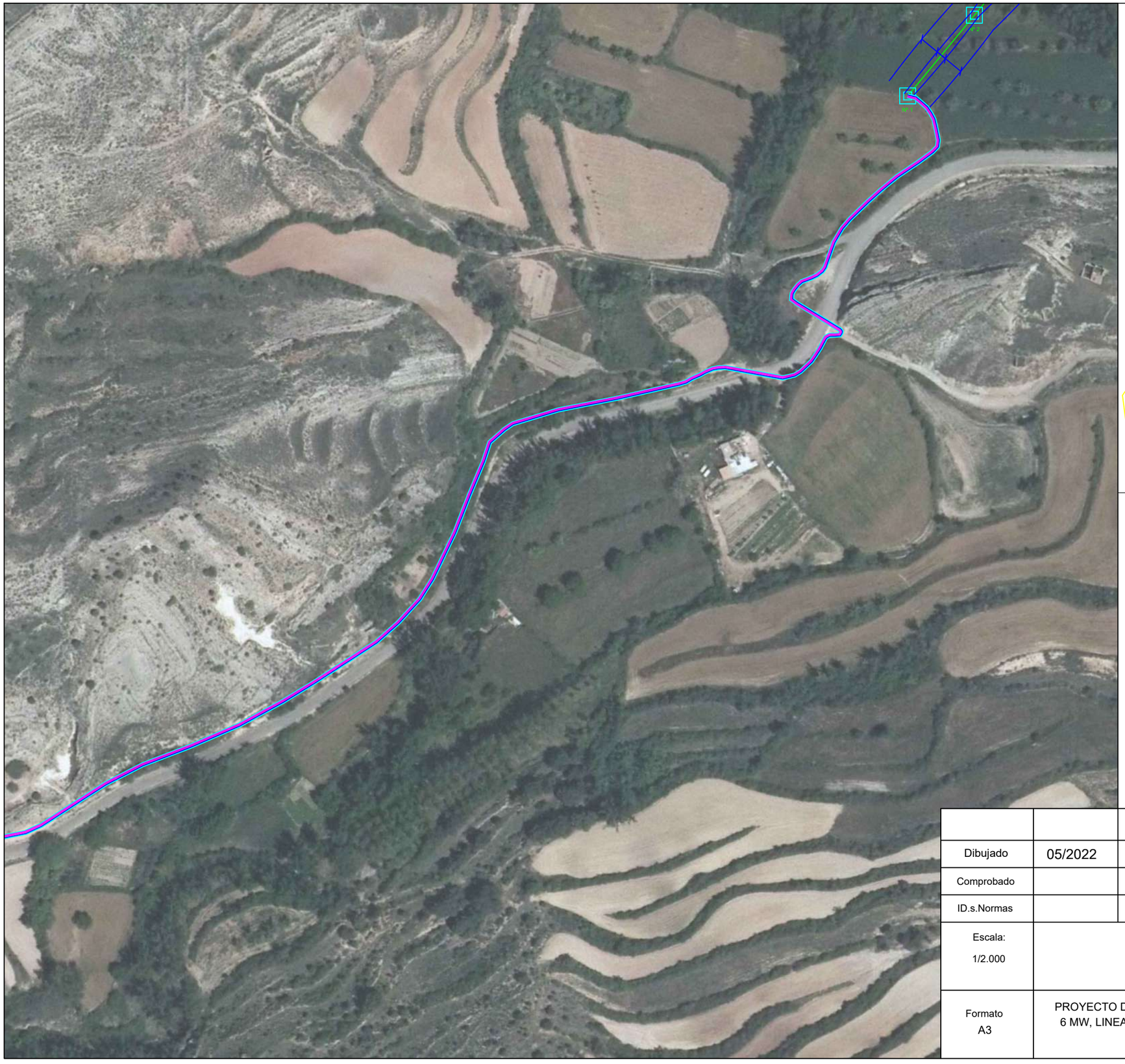


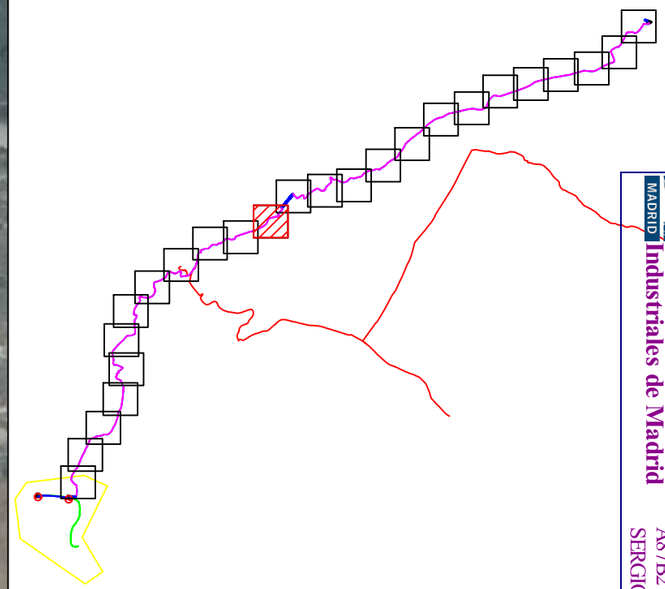


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 12 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 11			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

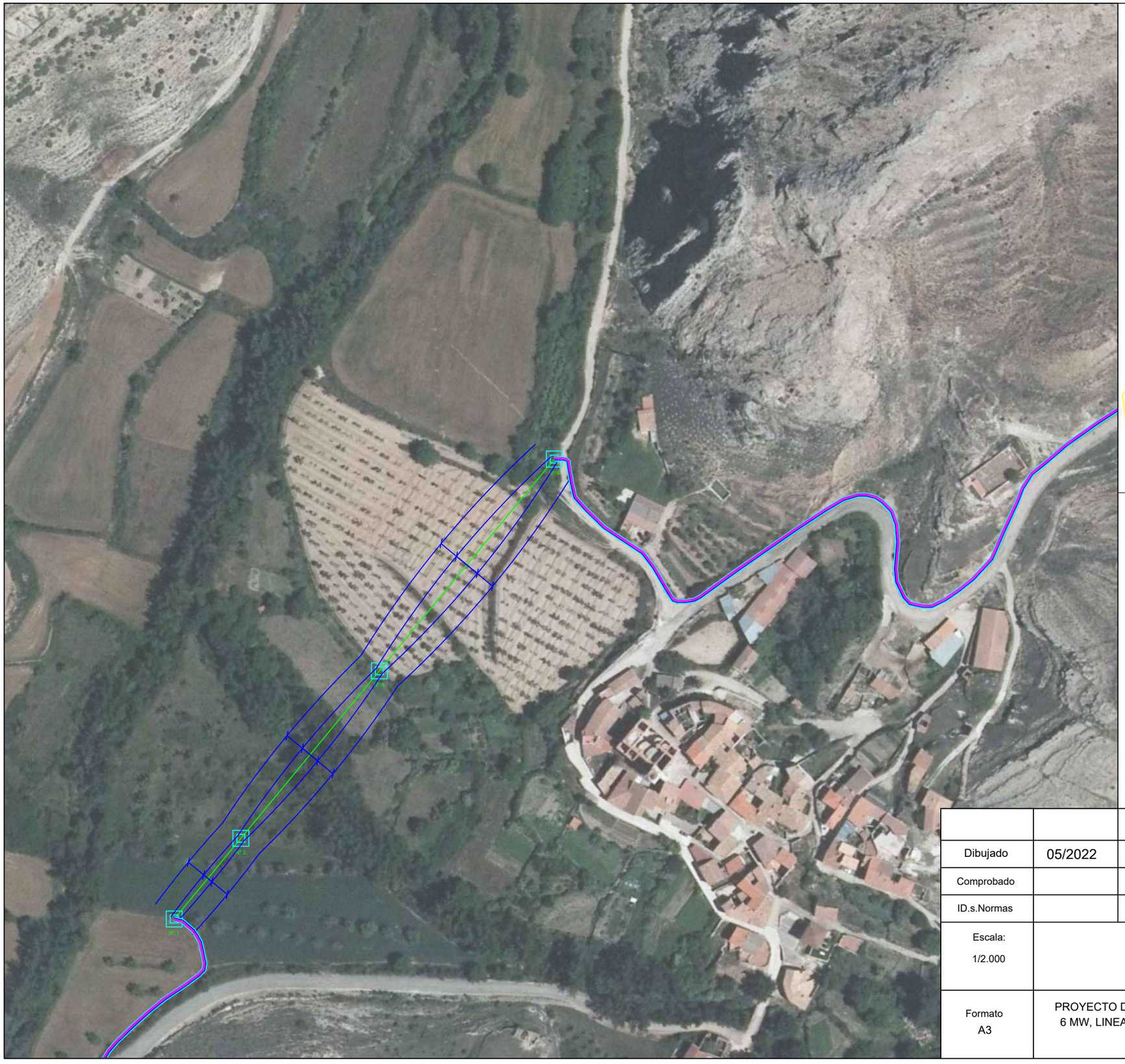


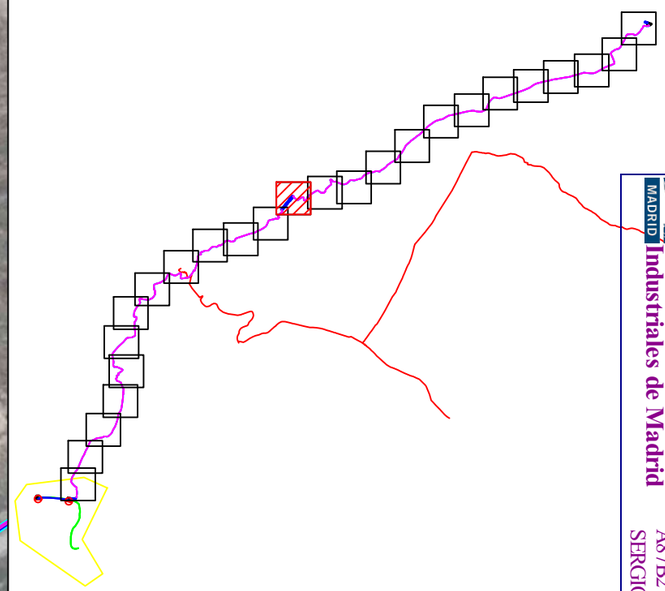


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 13 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 12			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

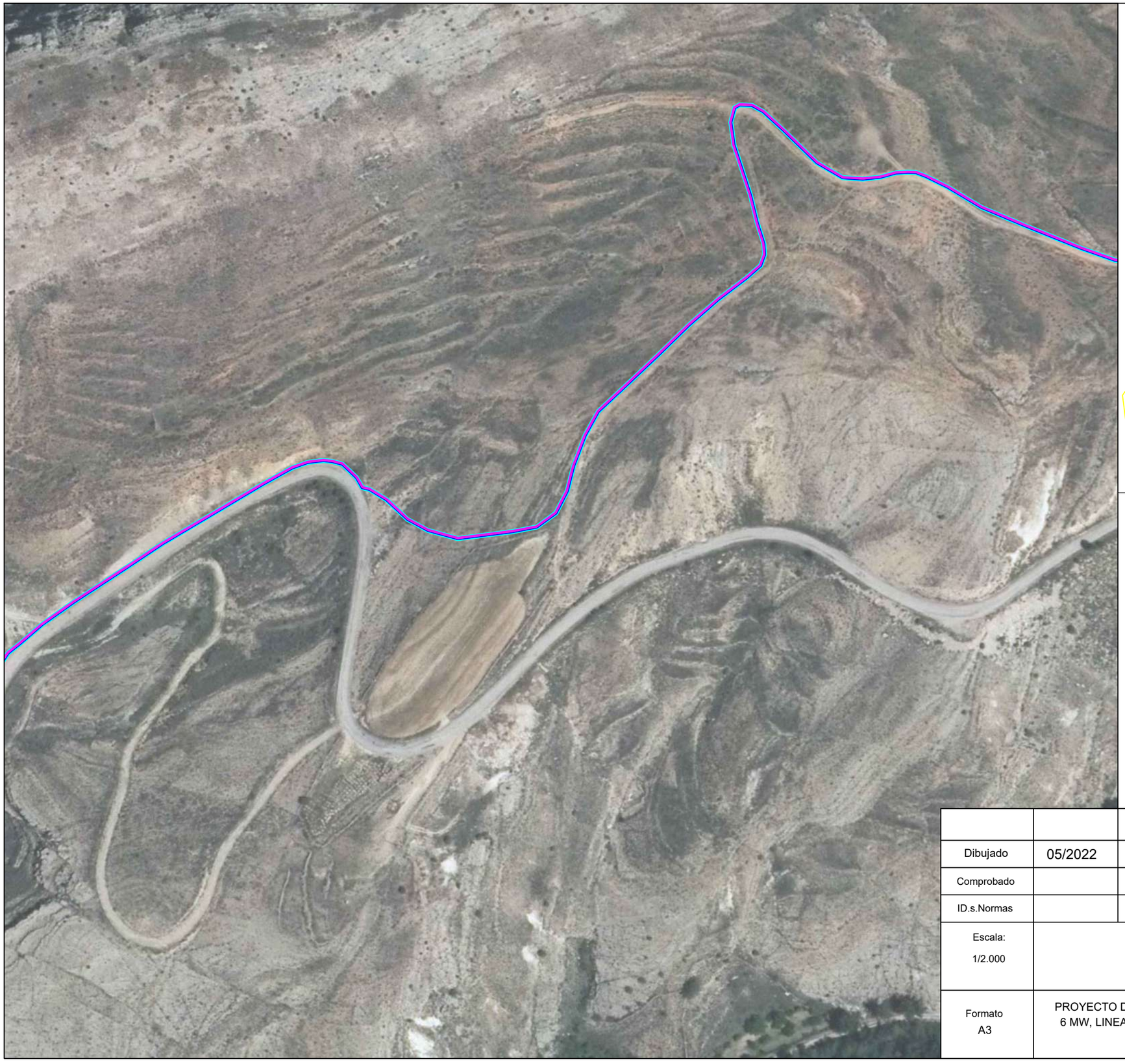


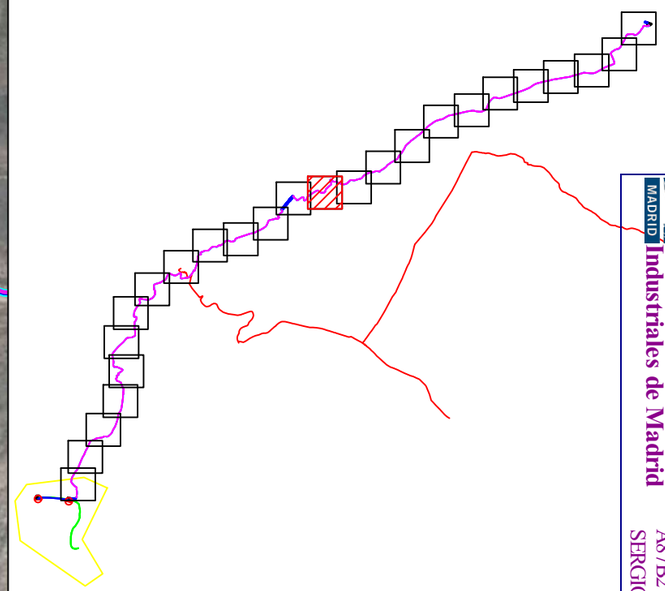


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 14 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 13		Firma:	
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL		SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO



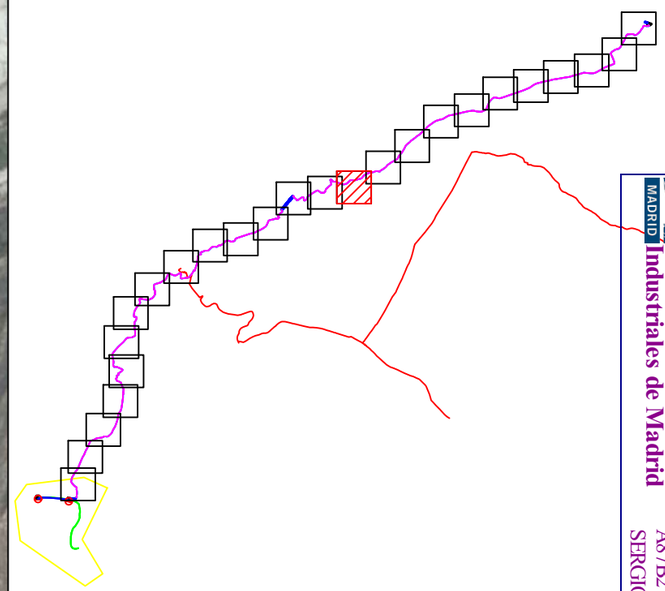


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 15 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 14			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



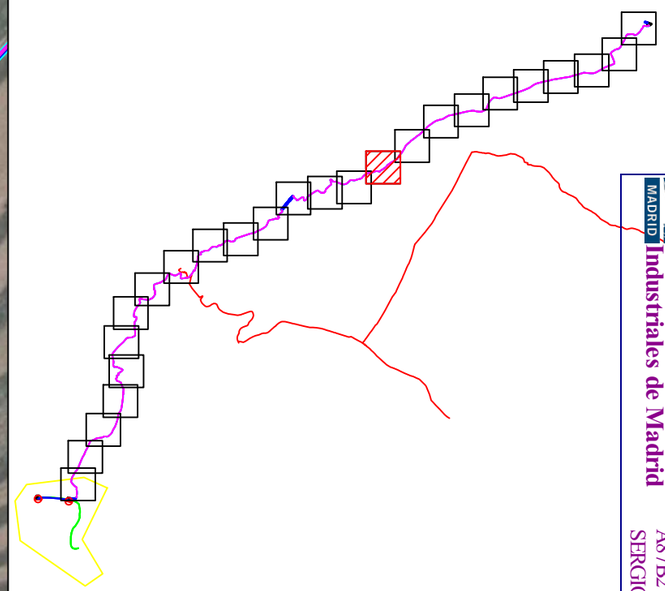


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 16 DE 26	
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 15			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

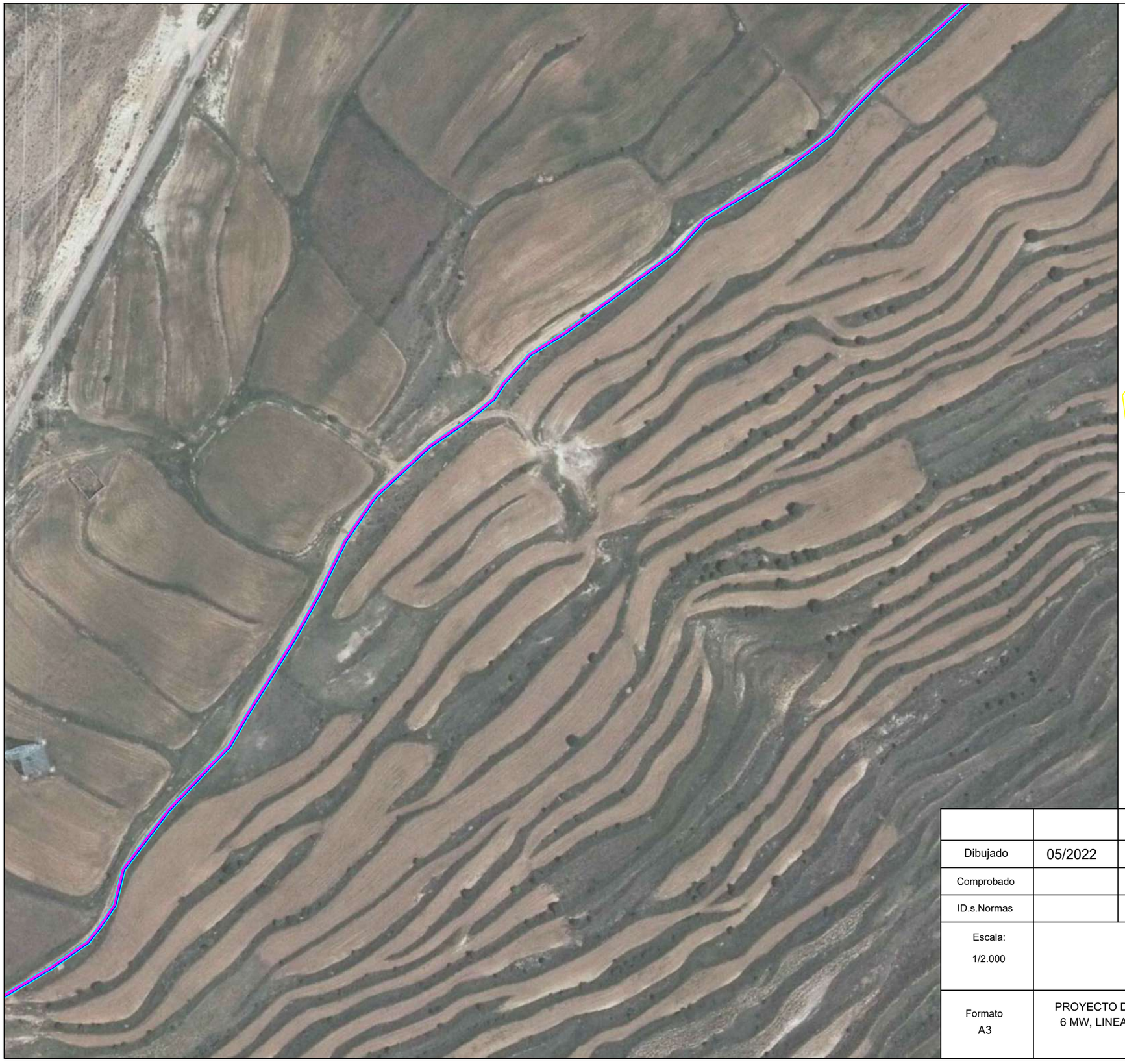


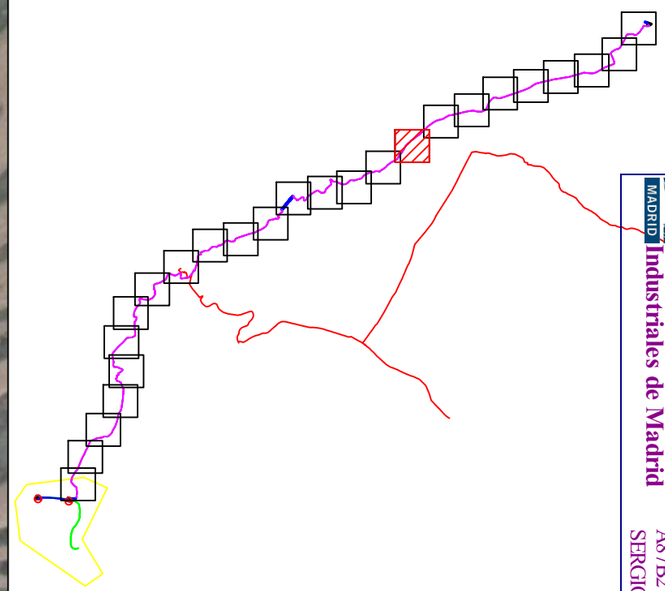


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 17 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 16			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

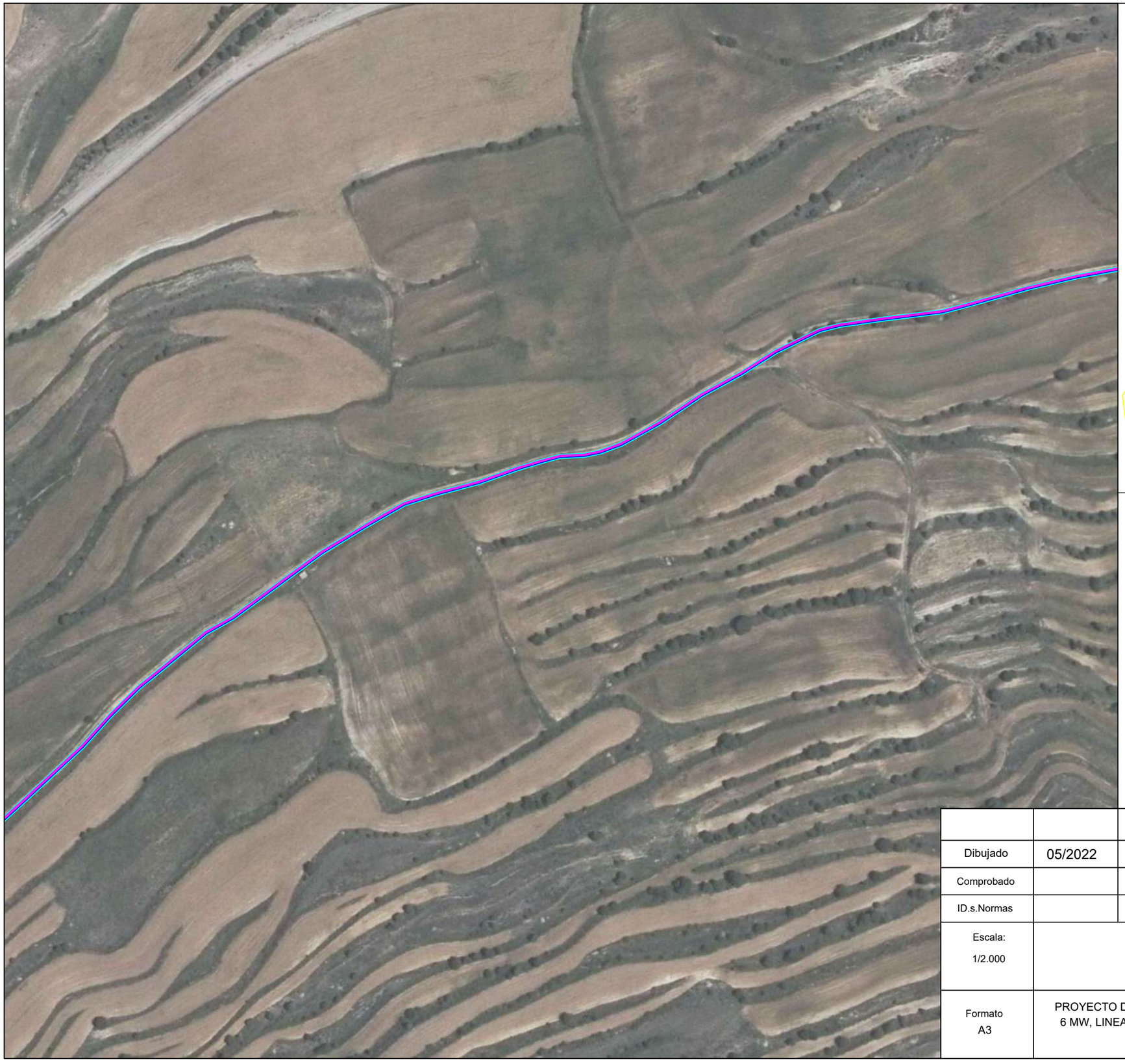


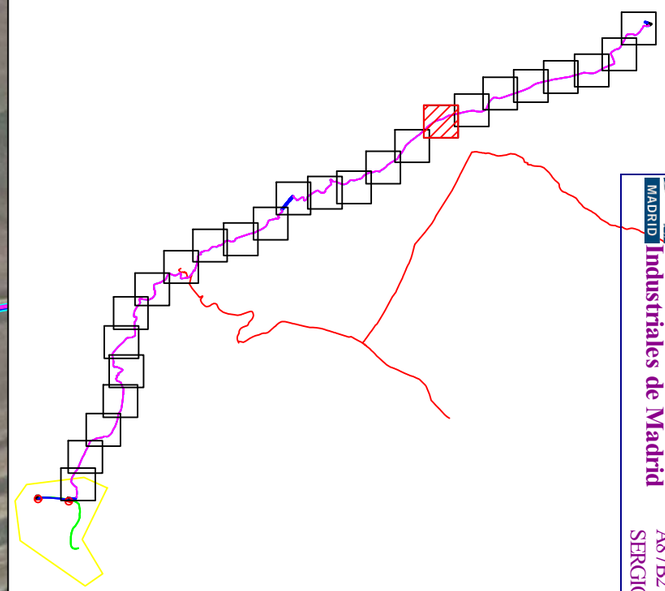


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 18 DE 26	
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 17			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

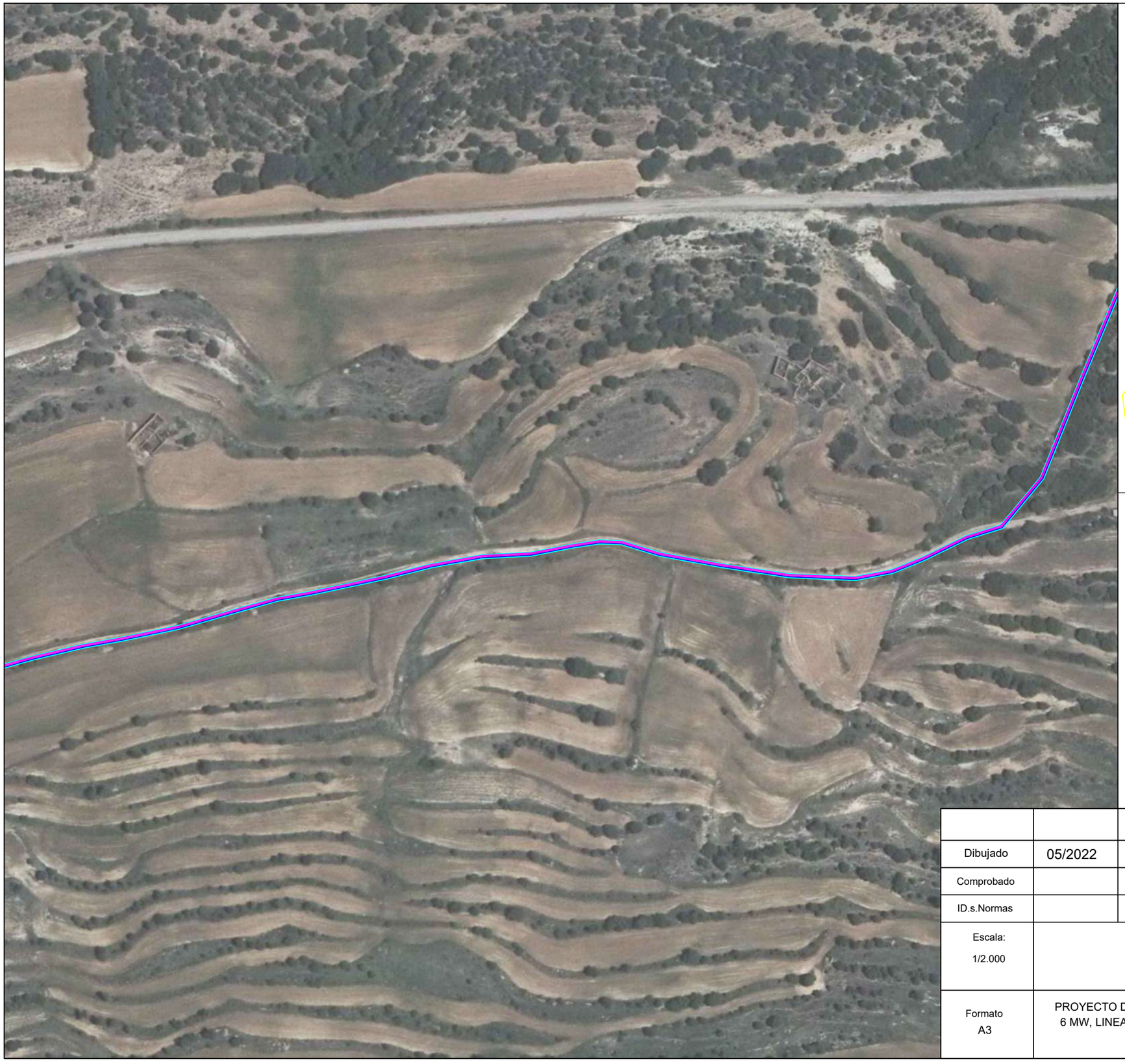


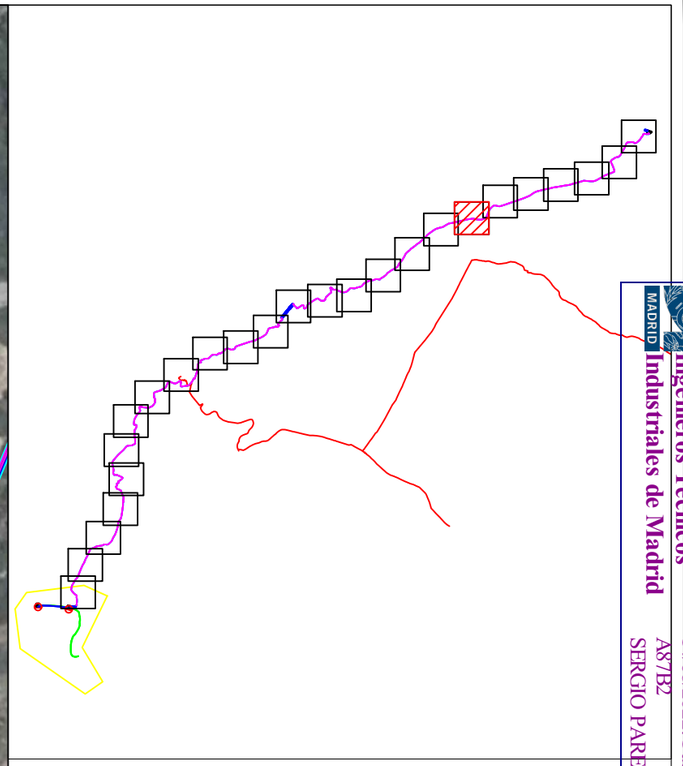


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 19 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 18			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

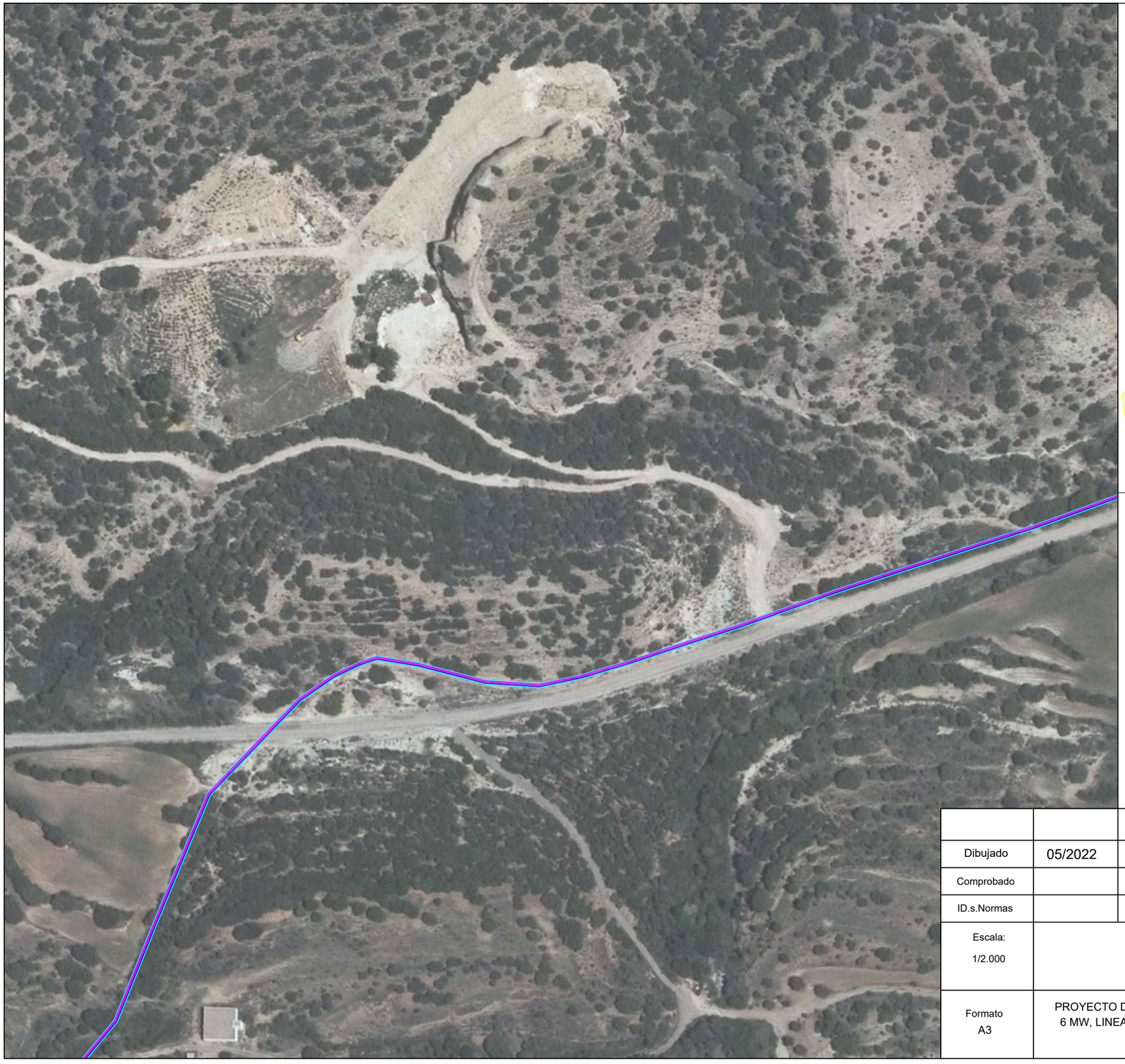


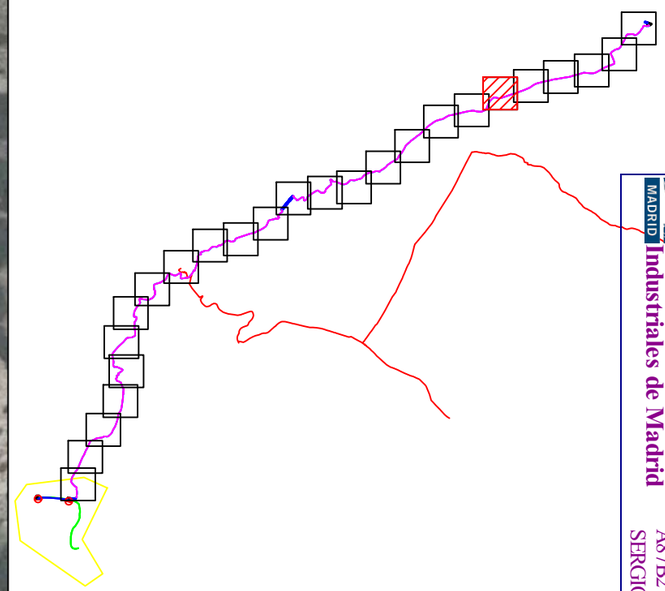


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 20 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 19			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

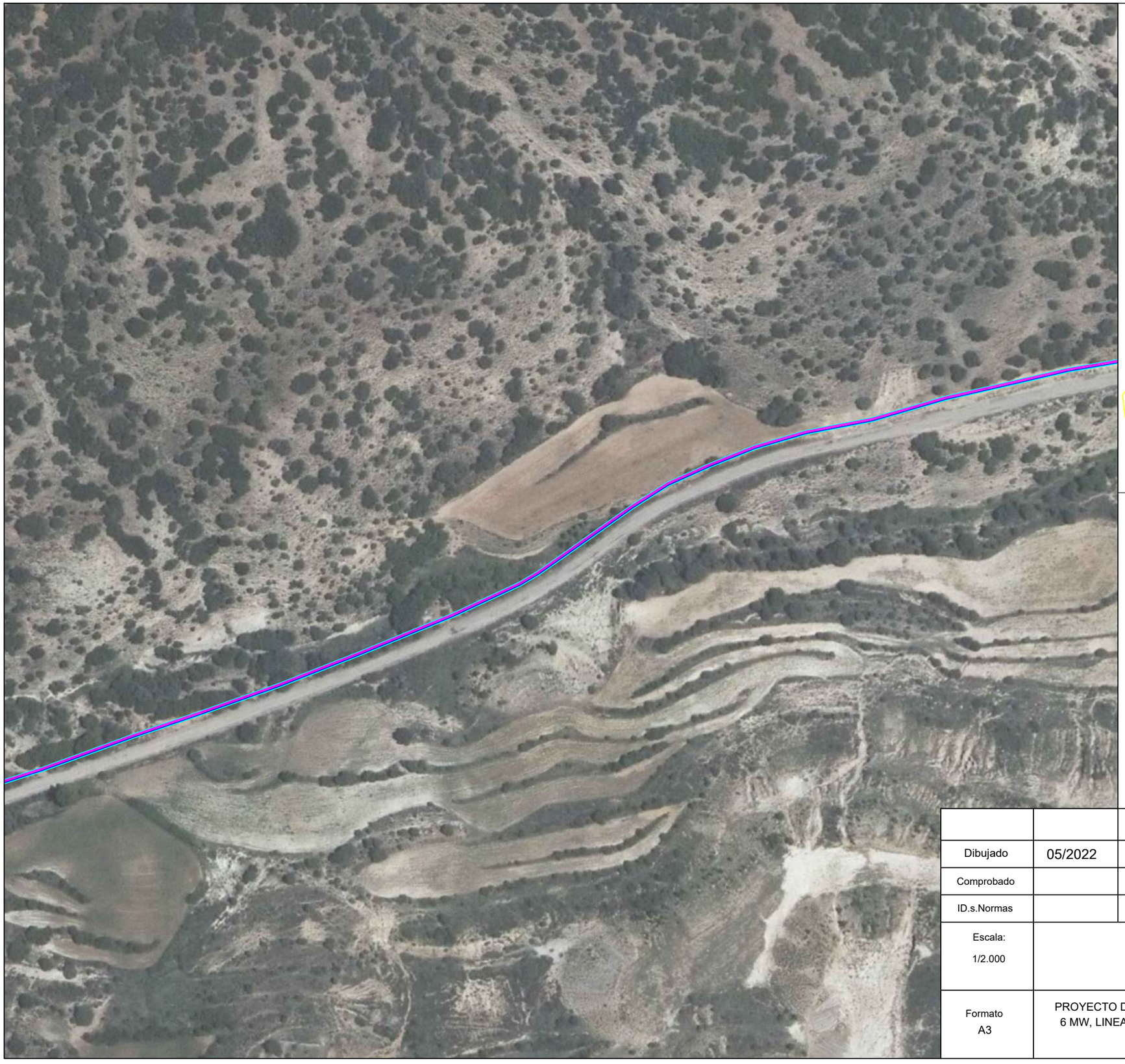


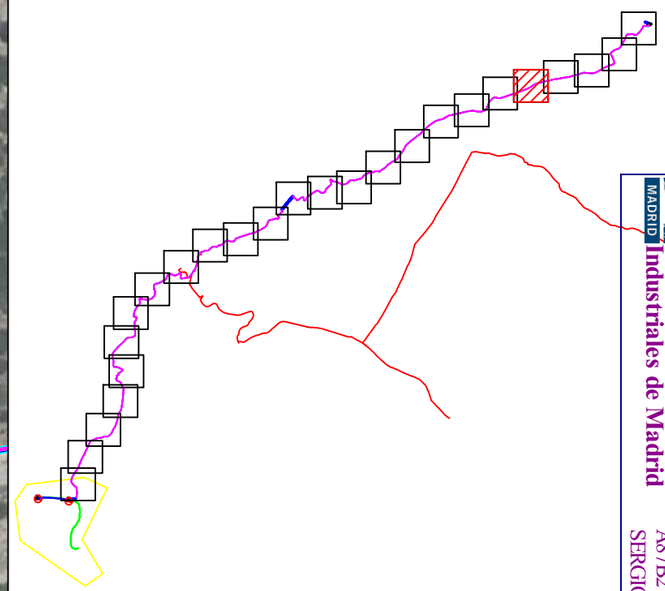


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 21 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 20			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

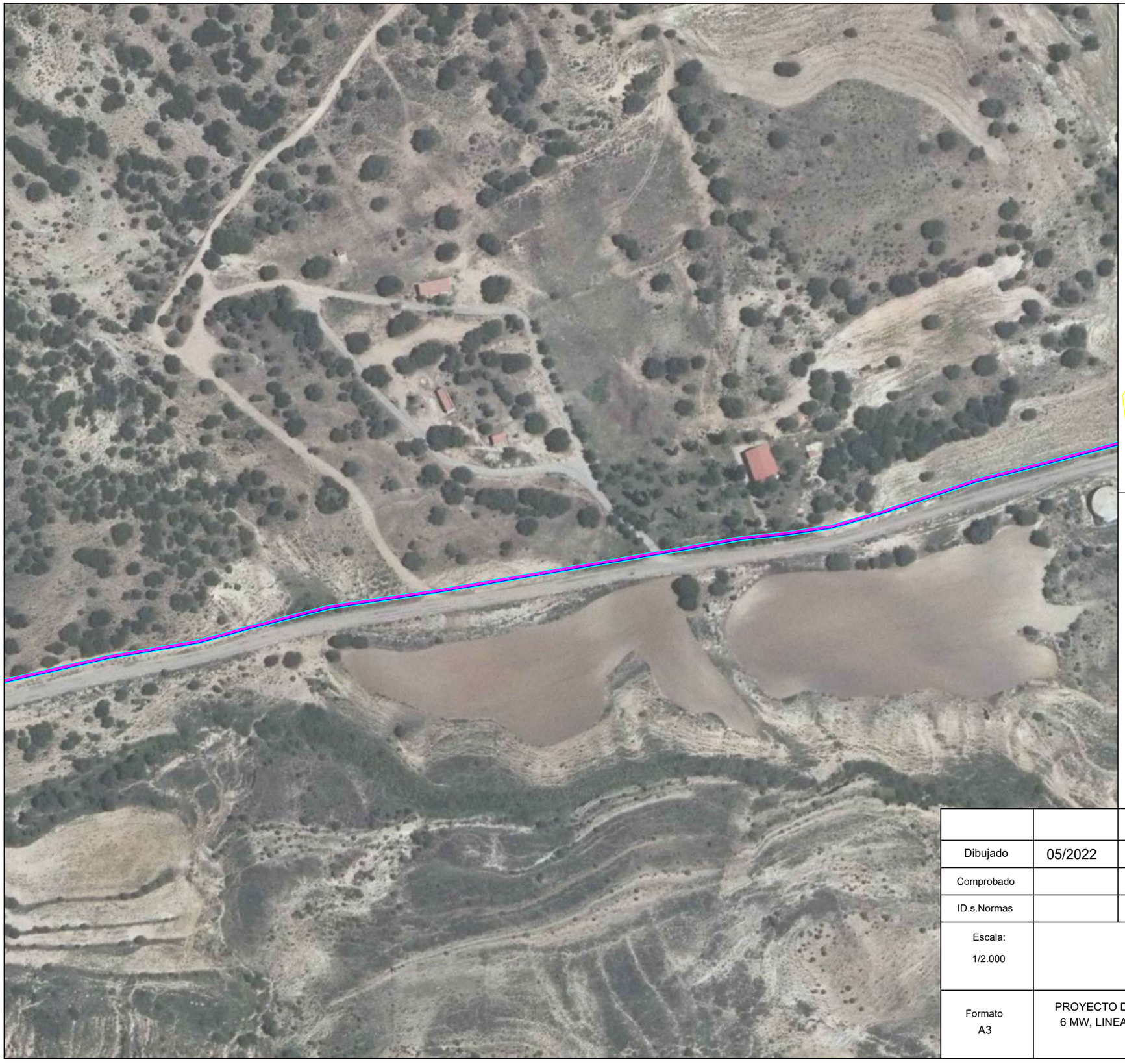


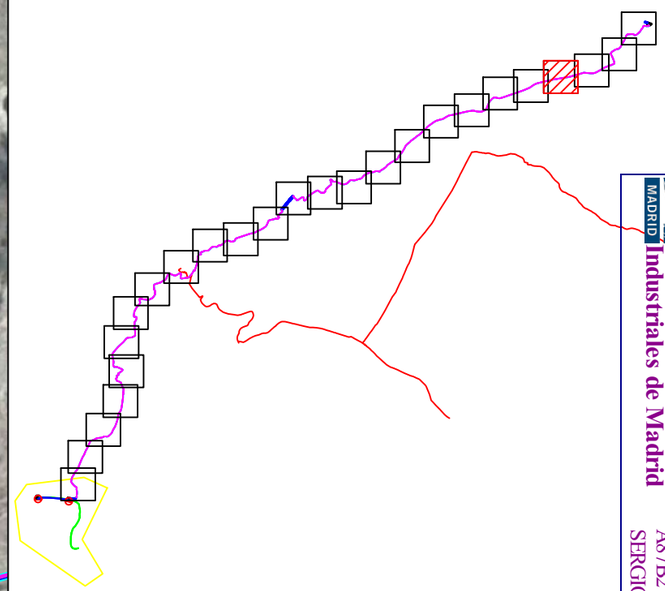


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 22 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 21			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

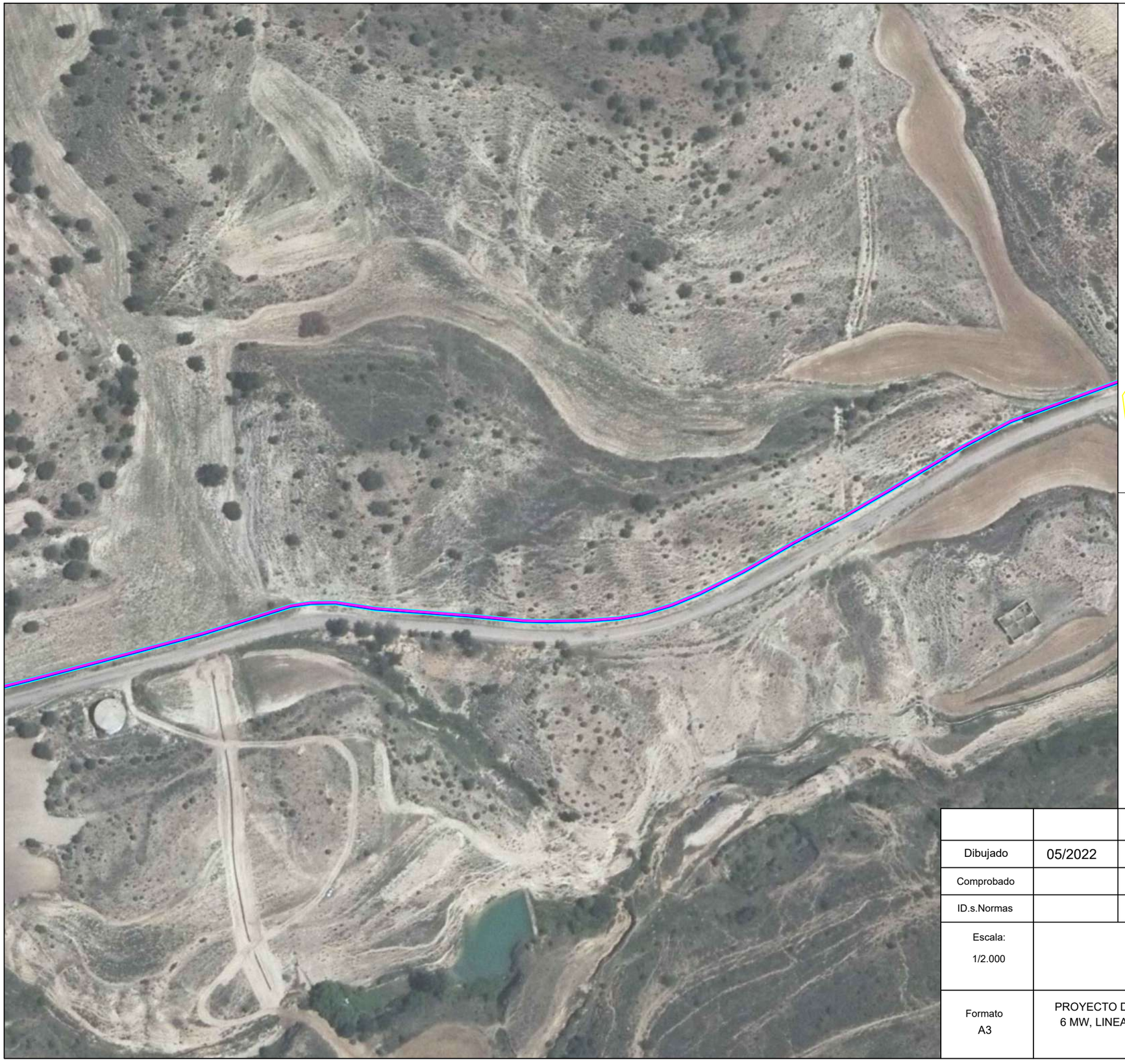


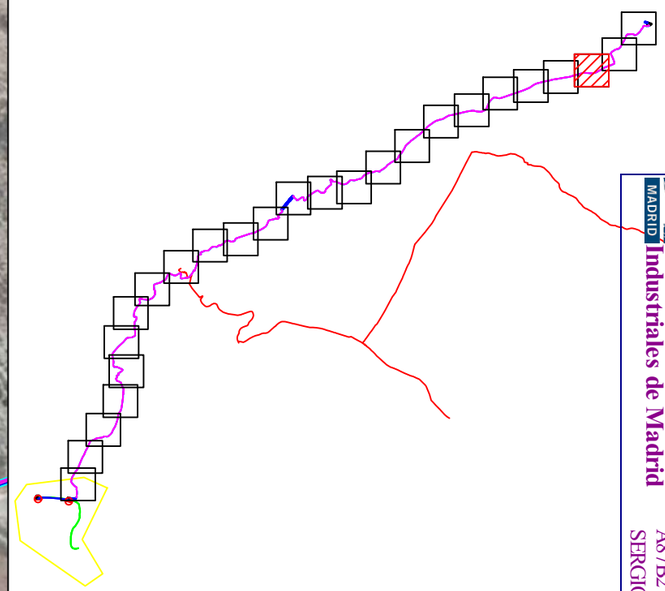


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 23 DE 26	
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 22			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO

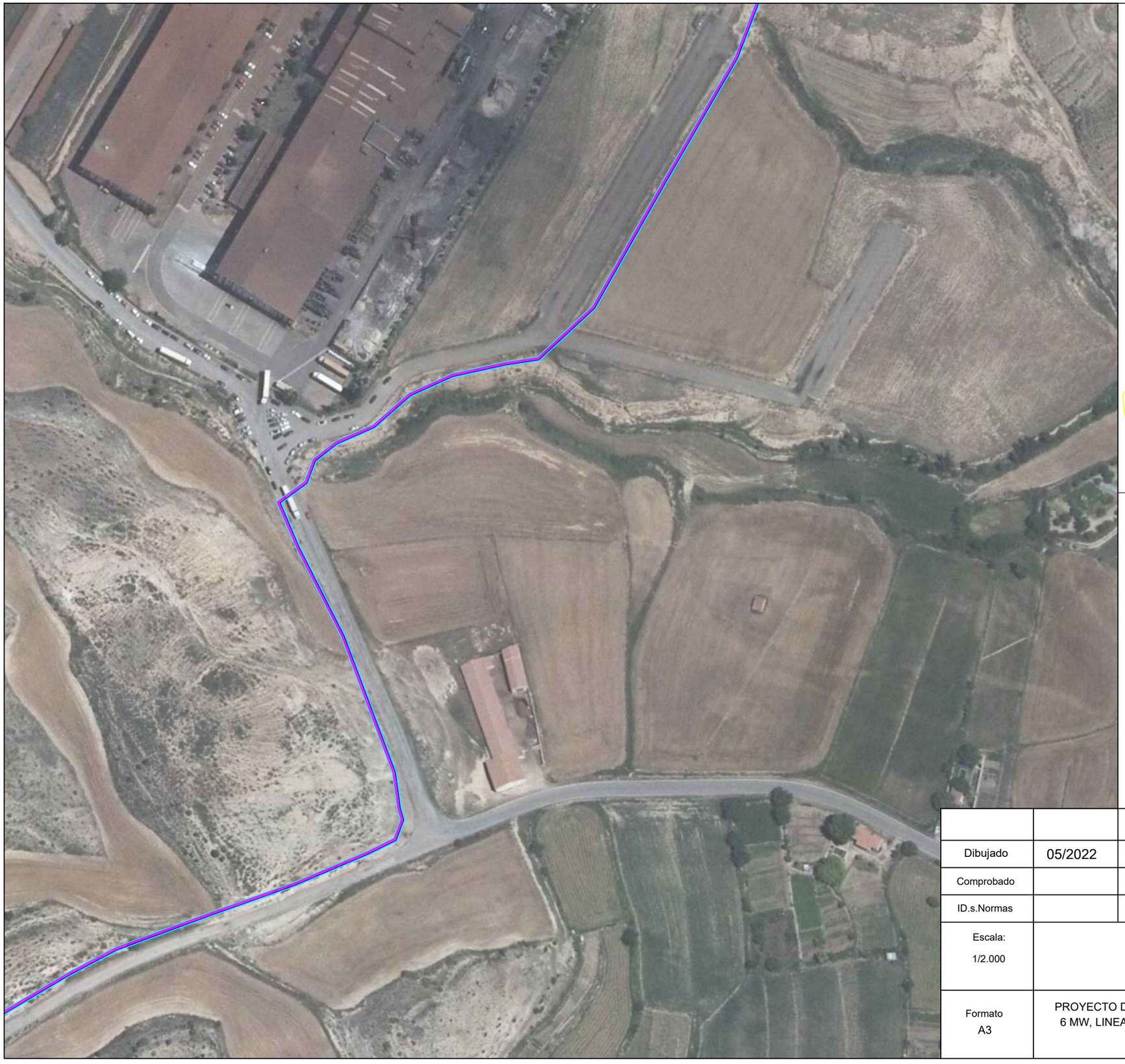


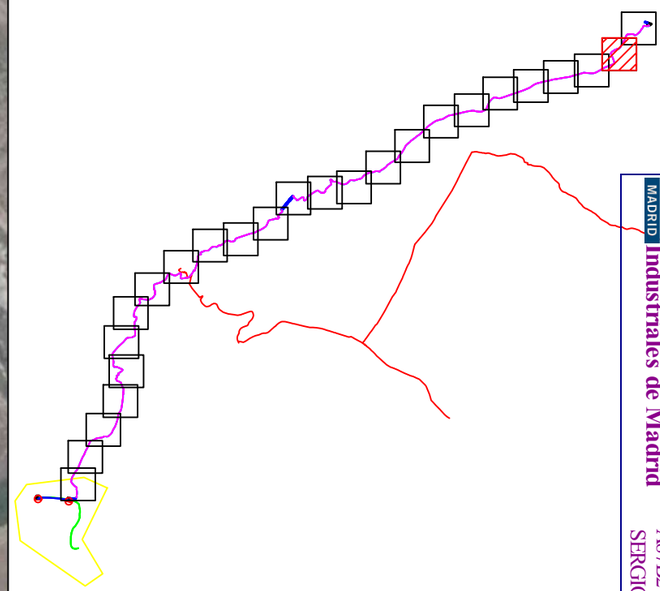


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10 HOJA 24 DE 26	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 23			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

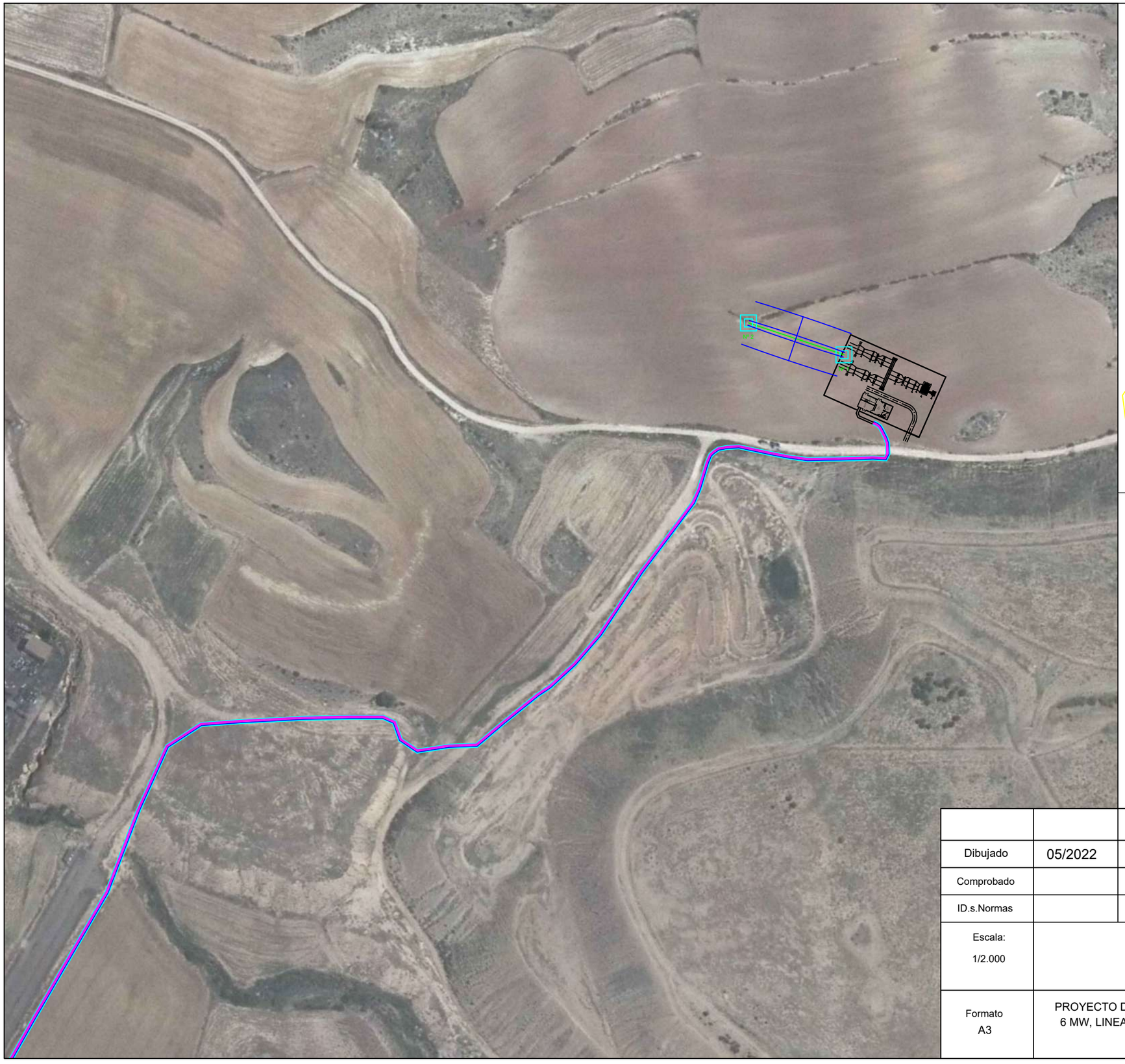


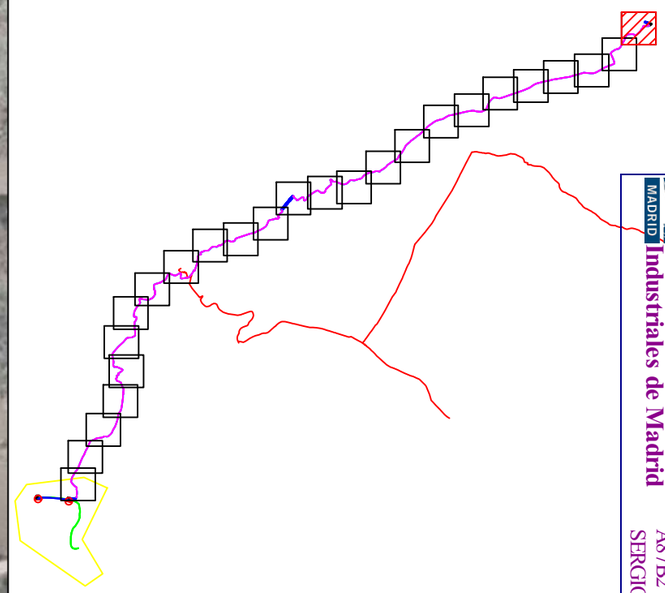


LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

			P-10	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG	HOJA 25 DE 26	
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 24			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en www.cogitim.es
VISADO

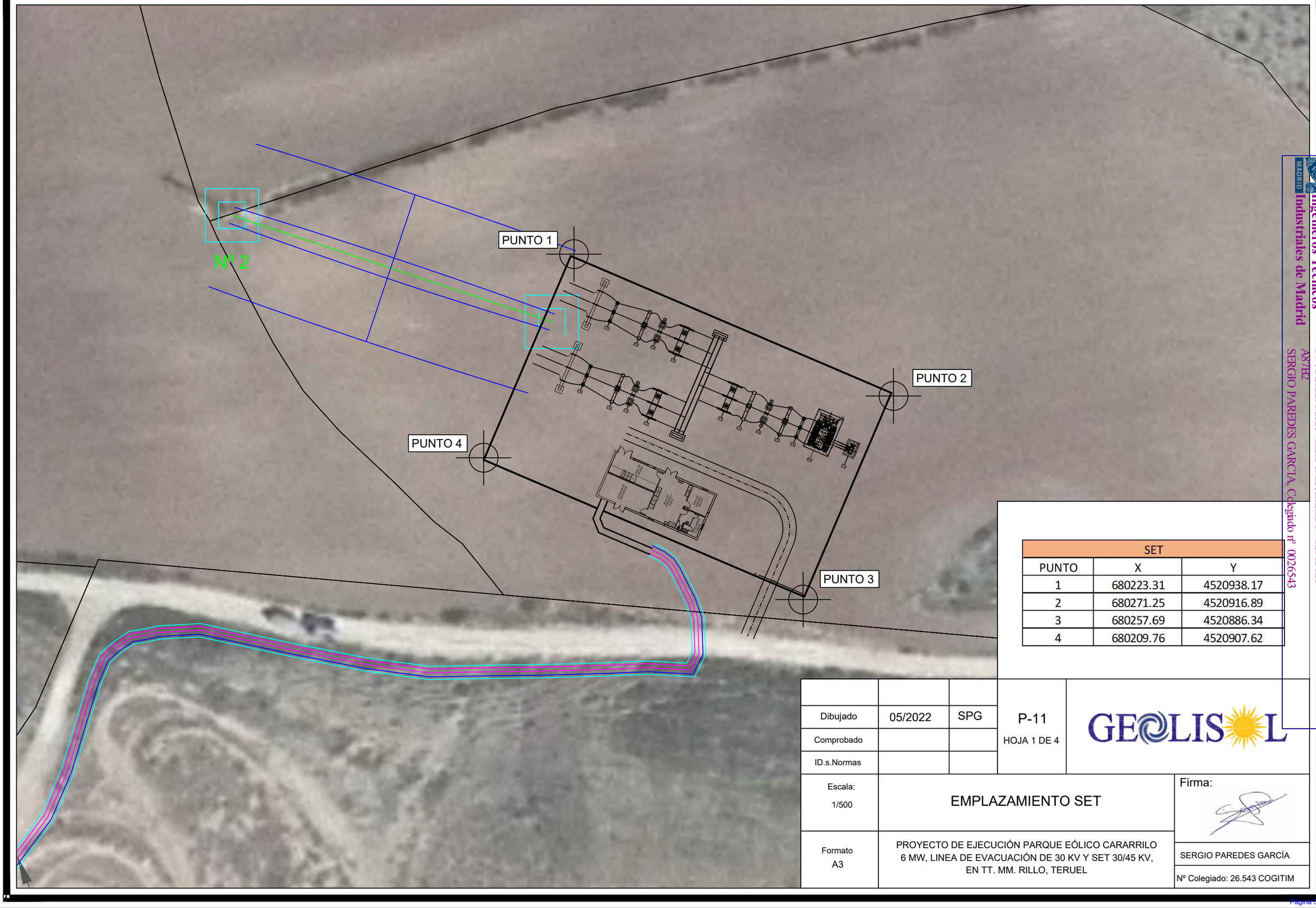




LEYENDA	
	LÍMITE TÉRMINO MUNICIPAL
	LÍNEA SUBTERRÁNEA
	LÍNEA AÉREA

Dibujado	05/2022	SPG	P-10 HOJA 26 DE 26	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	PLANTA TRAMO 25			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

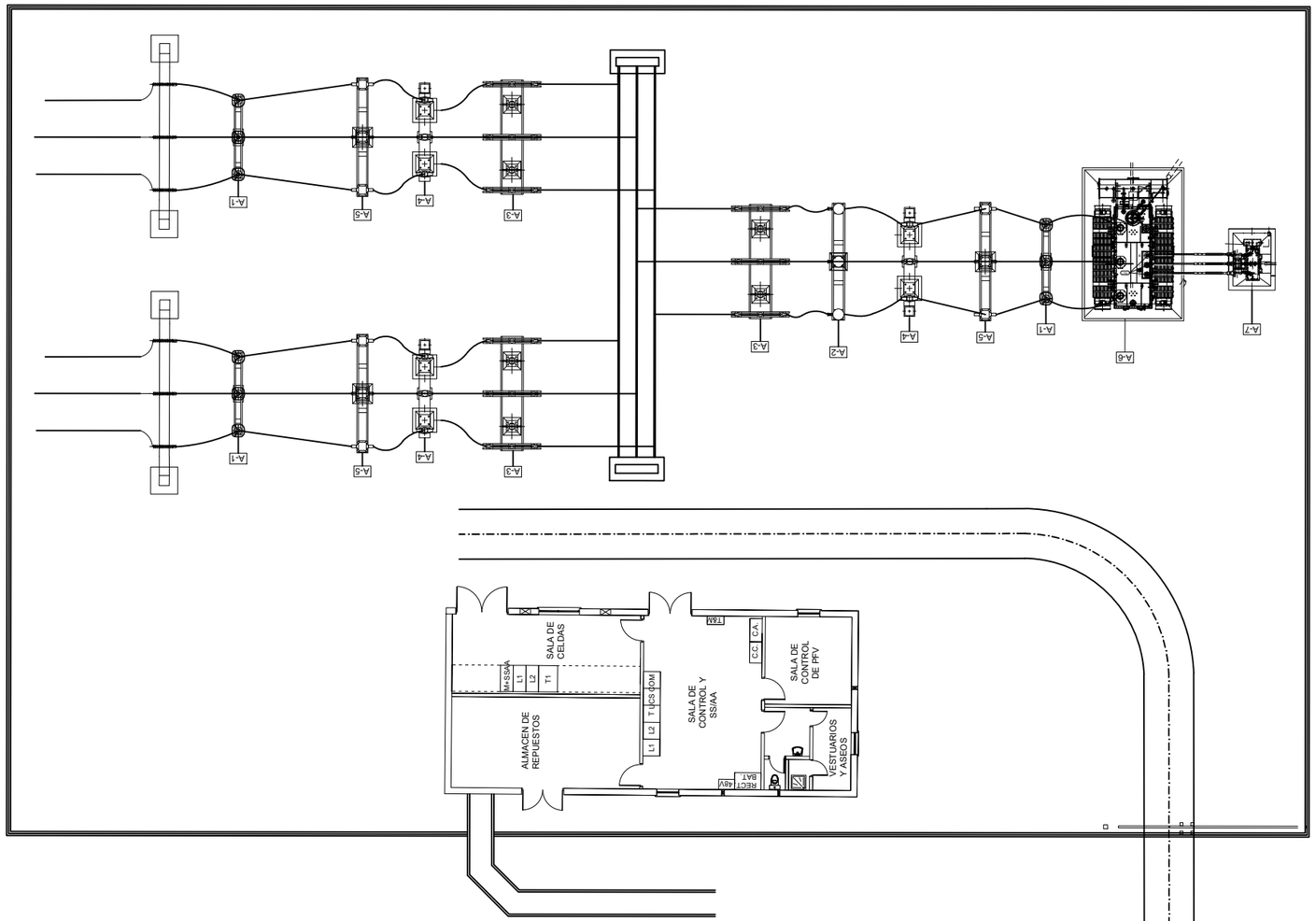
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022 Puede validar el documento en www.coitim.es
VISADO



SET		
PUNTO	X	Y
1	680223.31	4520938.17
2	680271.25	4520916.89
3	680257.69	4520886.34
4	680209.76	4520907.62

Dibujado	05/2022	SPG	P-11 HOJA 1 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/500	EMPLAZAMIENTO SET			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

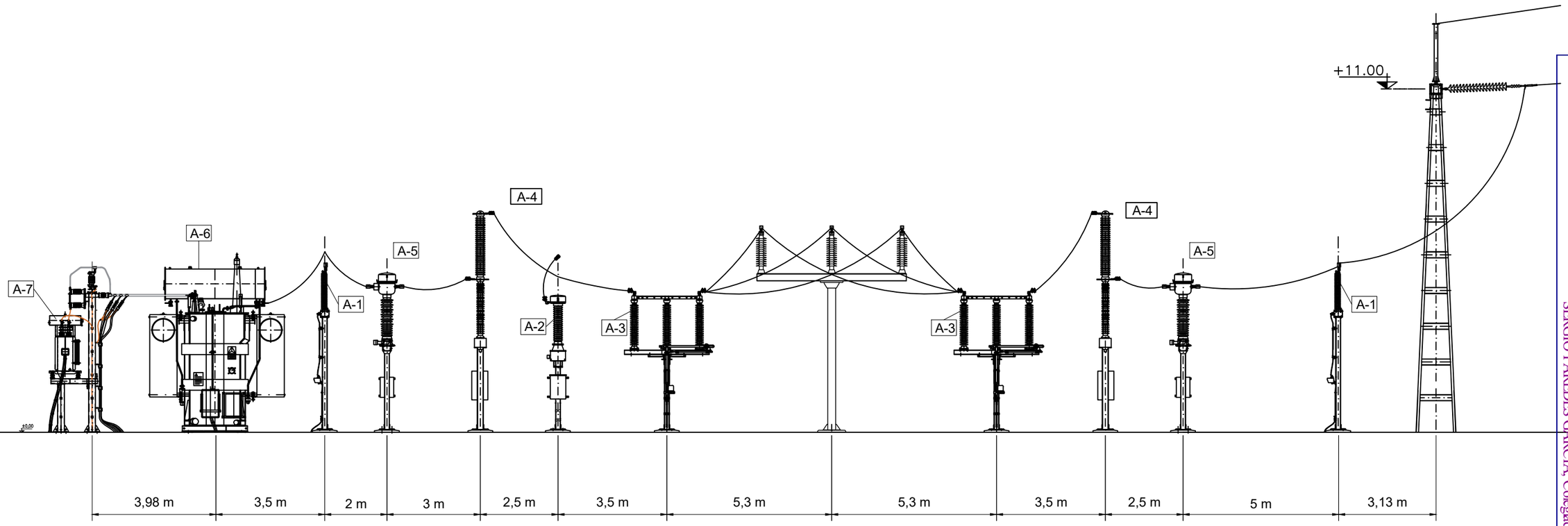
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



LEYENDA	
A-1	AUTOVALVULAS
A-2	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN
A-3	SECCIONADOR
A-4	INTERRUPTOR
A-5	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD
A-6	TRANSFORMADOR
A-7	REACTANCIA

Dibujado	05/2022	SPG	P-11 HOJA 2 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PLANTA SET			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2915820-
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

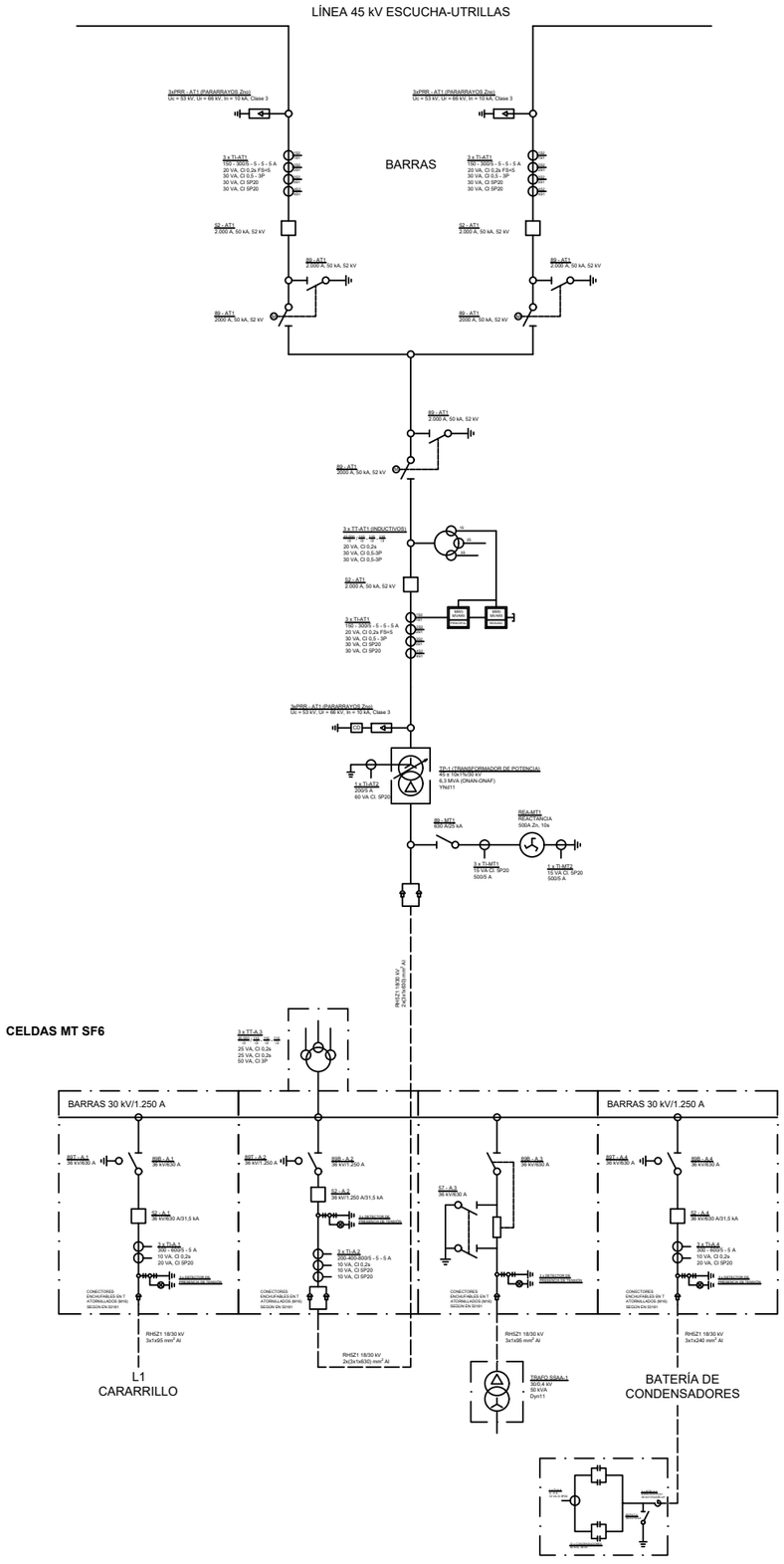


SECCIÓN A-A

LEYENDA	
A-1	AUTOVALVULAS
A-2	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN
A-3	SECCIONADOR
A-4	INTERRUPTOR
A-5	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD
A-6	TRANSFORMADOR
A-7	REACTANCIA

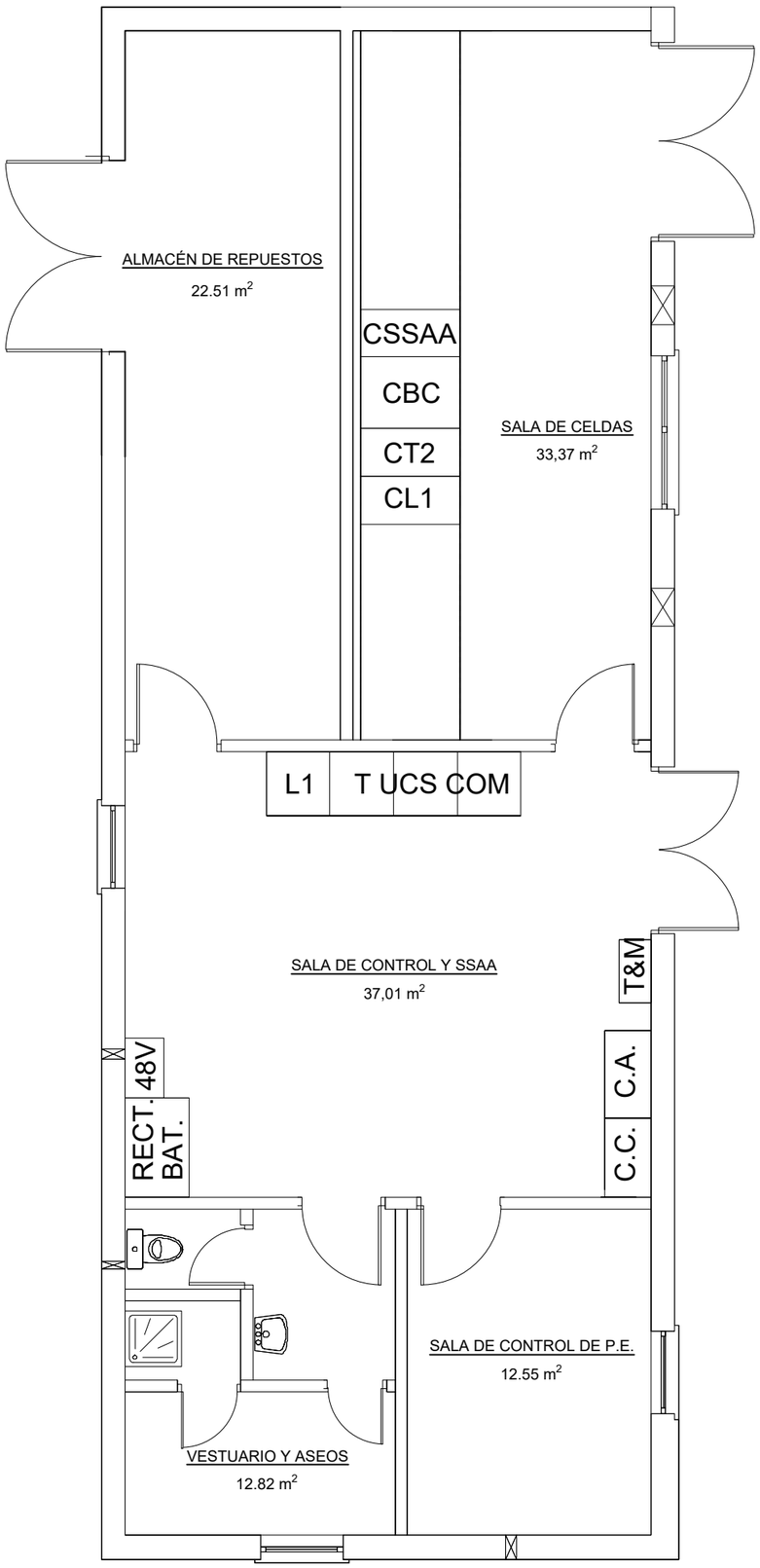
Dibujado	05/2022	SPG	P-11 HOJA 3 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	SECCIÓN SET			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



Dibujado	05/2022	SPG	P-11 HOJA 4 DE 4	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	ESQUEMA UNIFILAR SET			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

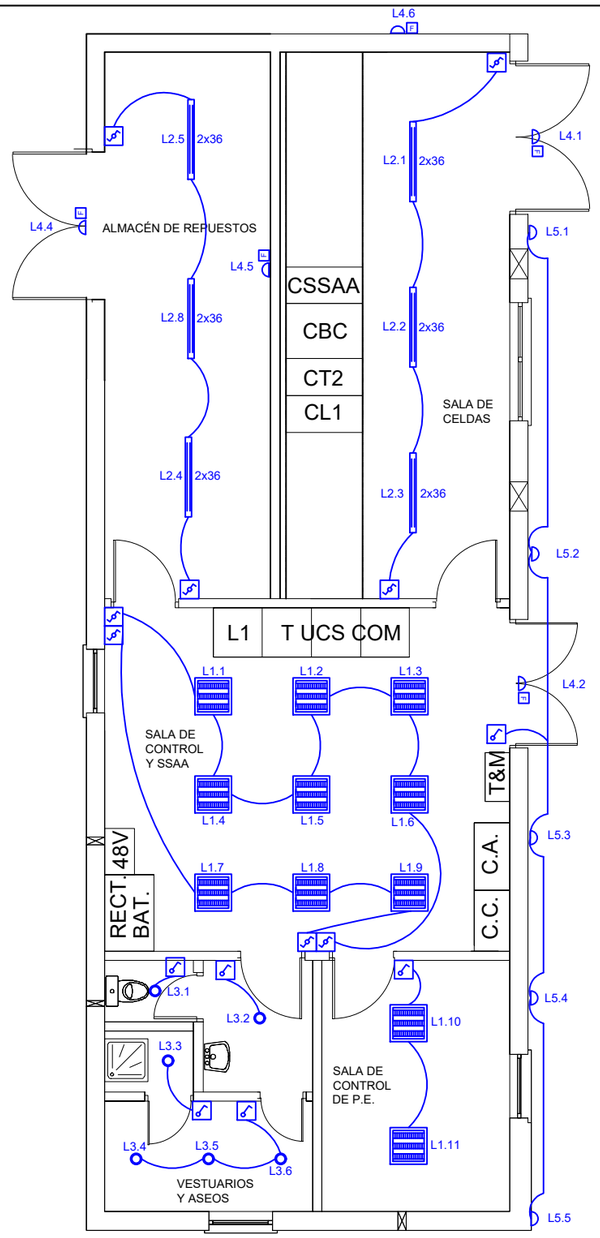
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12915820-
A87/B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

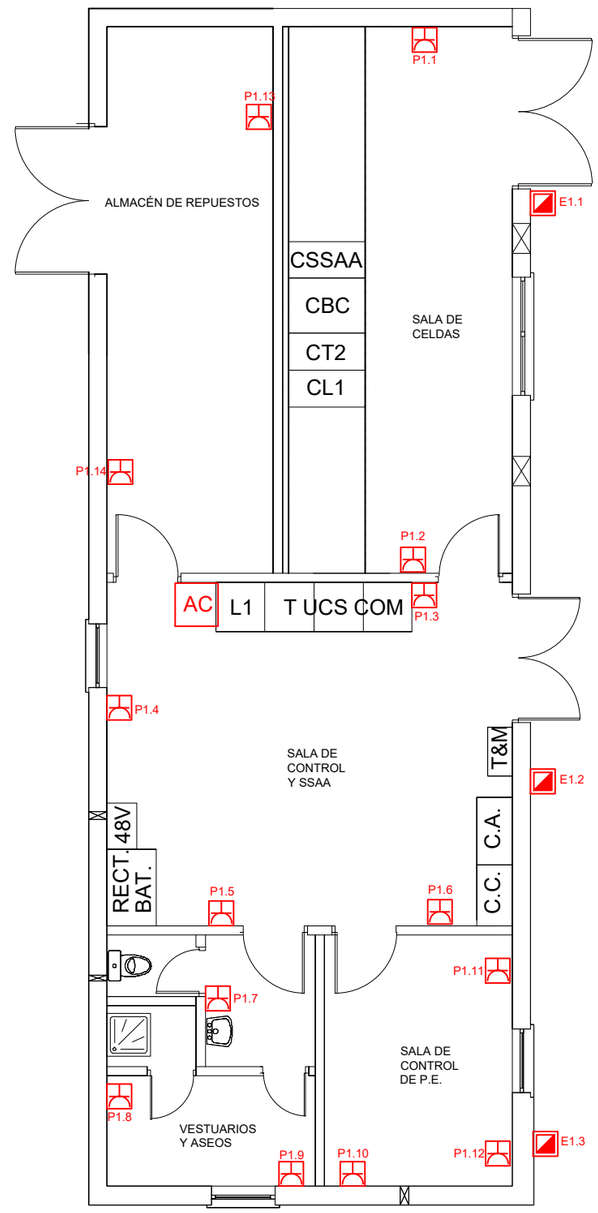


CUADRO DE SUPERFICIES	ESTANCIA	SUPERFICIE ÚTIL (m2)	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m2)
	Sala de control y SSAA	37,01	
	Vestuario y aseos	12,82	
	Sala de control de P.E.	12,55	
	Sala de celdas	33,37	
	Almacén de repuestos	22,51	
	TOTAL	**118,26**	**137,95**

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Dibujado	05/2022	SPG	P-11	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 5 DE 7	
ID.s.Normas				
Escala: 1/75	PLANTA SSAA			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA
				Nº Colegiado: 26.543 COGITIM



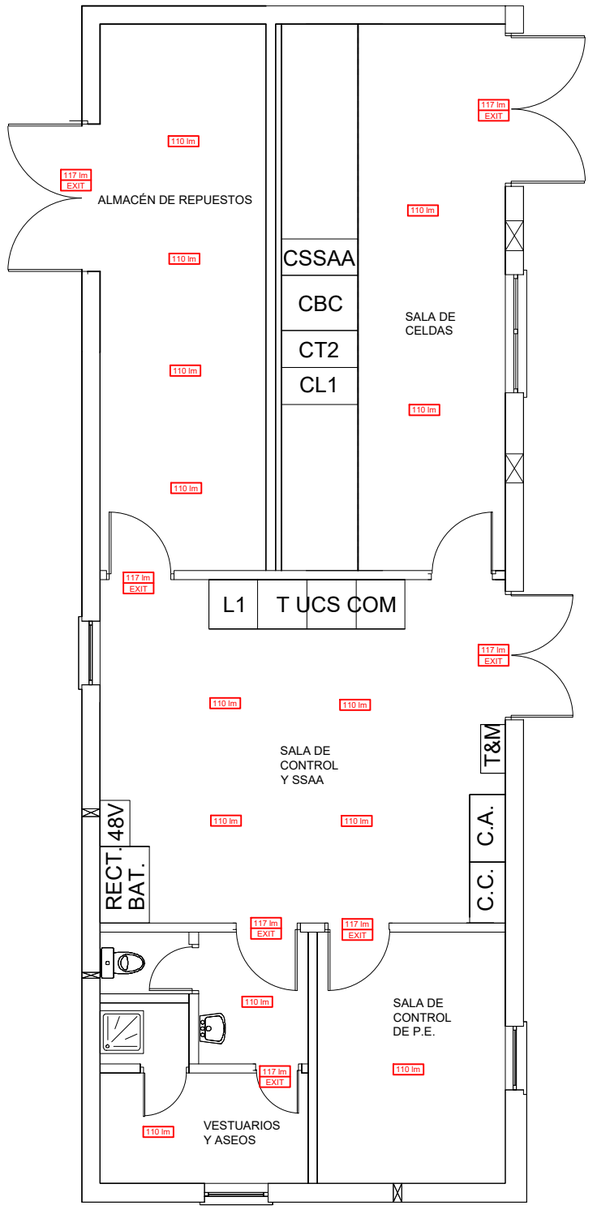


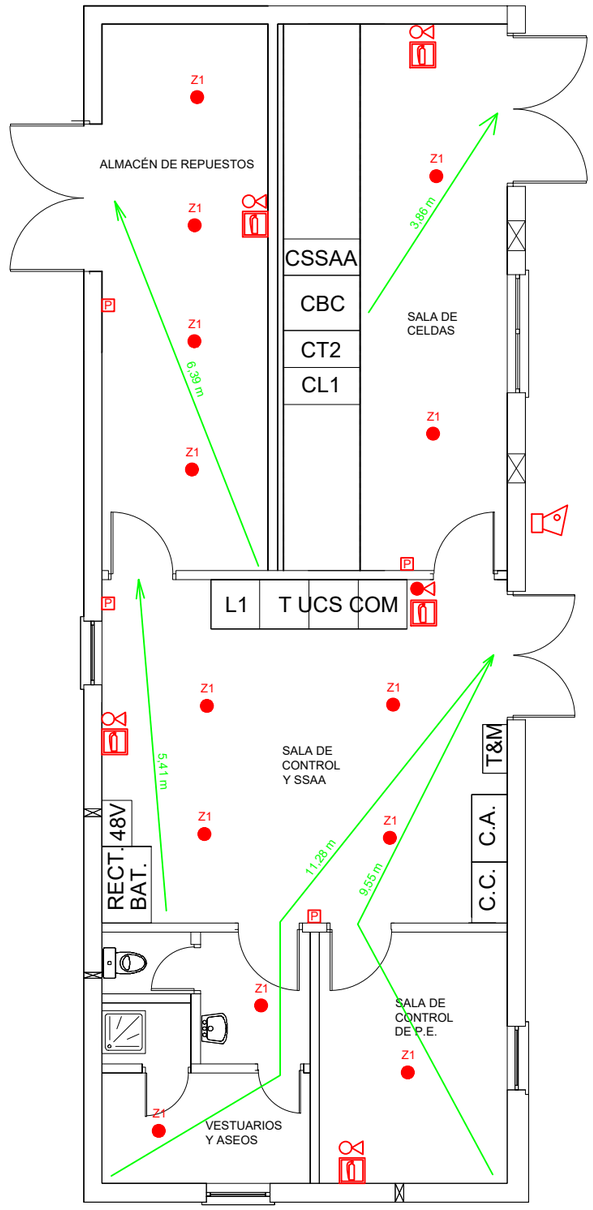
LEYENDA		
SÍMBOLO	UDS	ELEMENTO
	11	LUMINARIA EMPOTRADA FI 3x14W
	6	LUMINARIA HERMÉTICA (TECHO). FI 2x36W
	6	LUMINARIA EMPOTRADA FI 1x26W
	5	LUMINARIA OBLICUA IMPERMEABLE FI 1x150W
F	5	LUMINARIA OBLICUA IMPERMEABLE FI 1x150 ENCENDIDO AUTOMÁTICO
	9	INTERRUPTOR SIMPLE 10A
	6	INTERRUPTOR CONMUTADOR 10A

LEYENDA		
SÍMBOLO	UDS	ELEMENTO
AC	1	CUADRO GENERAL DE SERVICIOS AUXILIARES AC
	14	ENCHUFE BIPOLAR
	3	ENCHUFE EXTERIOR IMPERMEABLE

Dibujado	05/2022	SPG	P-04	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 6 DE 7	
ID.s.Normas				
Escala: 1/100	INSTALACIÓN ELÉCTRICA SSAA		Firma:	
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL		SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM	

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543





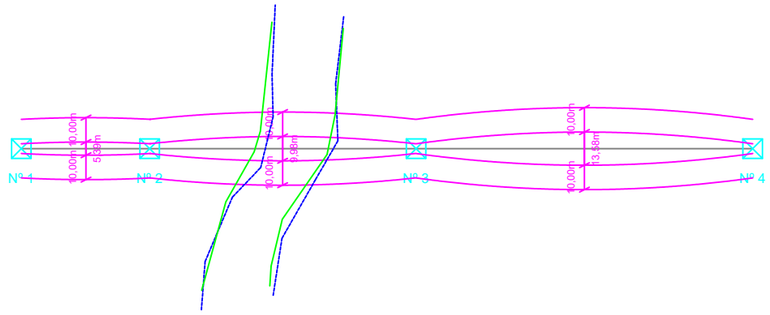
LEYENDA		
SÍMBOLO	UDS	ELEMENTO
110 lm	13	LUMINARIA EMERGENCIA 110 lm (TECHO) Fl 1x8W
117 lm EXIT	12	LUMINARIA EMERGENCIA 117 lm (PARED) Fl 1x8W CON SEÑAL DE SALIDA

LEYENDA		
SÍMBOLO	UDS	ELEMENTO
	4	EXTINTOR DE POLVO ABC 6 kg
	1	EXTINTOR DE CO2 5 kg
	13	DETECTOR DE FUEGO
P	4	PULSADOR
	1	SIRENA (ACÚSTICA Y VISUAL)
	5	SEÑAL DE EXTINTOR

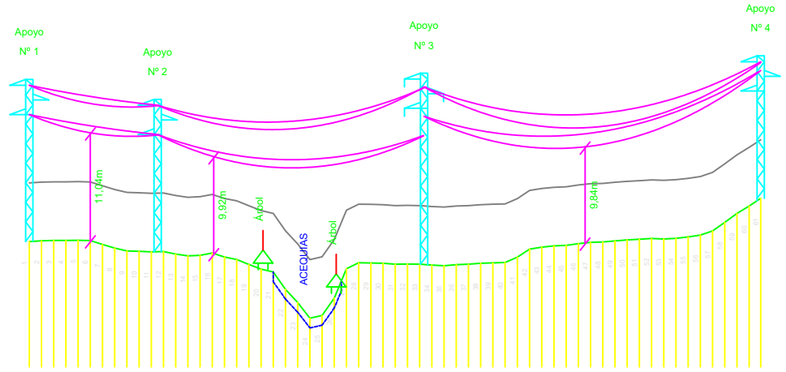
Dibujado	05/2022	SPG	P-11 HOJA 7 DE 7	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/100	ALUMBRADO DE EMERGENCIA, PCI Y EVACUACIÓN SSAA			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Planta



Perfil



Plano de Comparación 1068,77 m

Datos topográf.	Estaciones y punto kilométrico		0,0	52,6	109,2	138,0	138,0
	Distancias	Parciales	0,0	52,6	161,8	299,7	299,7
		Al origen	1081,6	1080,6	1079,3	1086,0	1086,0
	Cotas del terreno						
	Num. y longitud de las parcelas						
Apoyos	Número		Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	
	Ángulo		--	--	--	--	
	Tipo		MU.9000-S.15.21-15	MA.1500-S.15.20-14	MA.1500-S.15.20-18	MU.9000-S.15.21-13	
	Función		P.Línea	Ali-Amarre	Ali-Suspensión	F.Línea	
	Montaje		Tresbolillo	Tresbolillo	Tresbolillo	Tresbolillo	
	Separación de fases		3,00	3,00	3,00	3,00	
	Tipo armado		MU.9000-S.15.21-	MA.1500-S.15.20-	MA.1500-S.15.20-	MU.9000-S.15.21-	
	Altura útil cruceta inferior		13,00 m	12,00 m	16,00 m	11,00 m	
	Tipo de cadena-elementos		Amarre	Amarre	Suspensión	Amarre	
Cimen-tación	Lado		1,96 m	1,64 m	1,78 m	1,86 m	
	Profundidad		2,91 m	1,84 m	1,92 m	2,84 m	
	Excavación		11,16 m3	4,95 m3	6,08 m3	9,83 m3	
	Hormigonado		11,93 m3	5,49 m3	6,72 m3	10,52 m3	
Vanos	Número		Nº 1	Nº 2	Nº 3		
	Longitud		52,59 m	109,18 m	137,96 m		
	Desnivel		-2,58 m	2,37 m	1,87 m		
Vano regul.	Número		Nº 1	Nº 2			
	Cons. de catenaria y longitud		K=397 a 0°C+H - 53 m	K=443 a 0°C+H - 126 m			
	Apoyo inicial y final		Nº 1 - Nº 2	Nº 2 - Nº 4			

LA-56 Zona C		
Tabla tendido fase Tramo 1-2		
T°(°C)	T(daN)	f(m)
-5°C	257	0,25
0°C	224	0,29
5°C	195	0,33
10°C	169	0,39
15°C	147	0,44
20°C	129	0,50
25°C	115	0,57
30°C	104	0,63
35°C	95	0,69
40°C	87	0,74
45°C	81	0,80
50°C	76	0,85

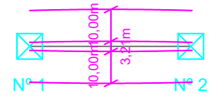
LA-56 Zona C		
Tabla tendido fase Tramo 2-3		
T°(°C)	T(daN)	f(m)
-5°C	102	2,70
0°C	100	2,76
5°C	98	2,81
10°C	96	2,86
15°C	94	2,92
20°C	93	2,97
25°C	91	3,02
30°C	90	3,07
35°C	88	3,12
40°C	87	3,17
45°C	86	3,22
50°C	84	3,26

LA-56 Zona C		
Tabla tendido fase Tramo 3-4		
T°(°C)	T(daN)	f(m)
-5°C	102	4,33
0°C	100	4,42
5°C	98	4,51
10°C	96	4,59
15°C	94	4,68
20°C	93	4,76
25°C	91	4,84
30°C	90	4,92
35°C	88	5,00
40°C	87	5,08
45°C	86	5,16
50°C	84	5,24

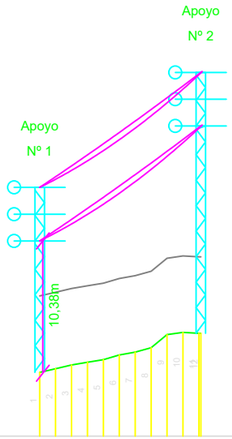
Dibujado	05/2022	SPG	P-12 HOJA 1 DE 2	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LÍNEA TRAMO AÉREO			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento PV12905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

Planta



Perfil



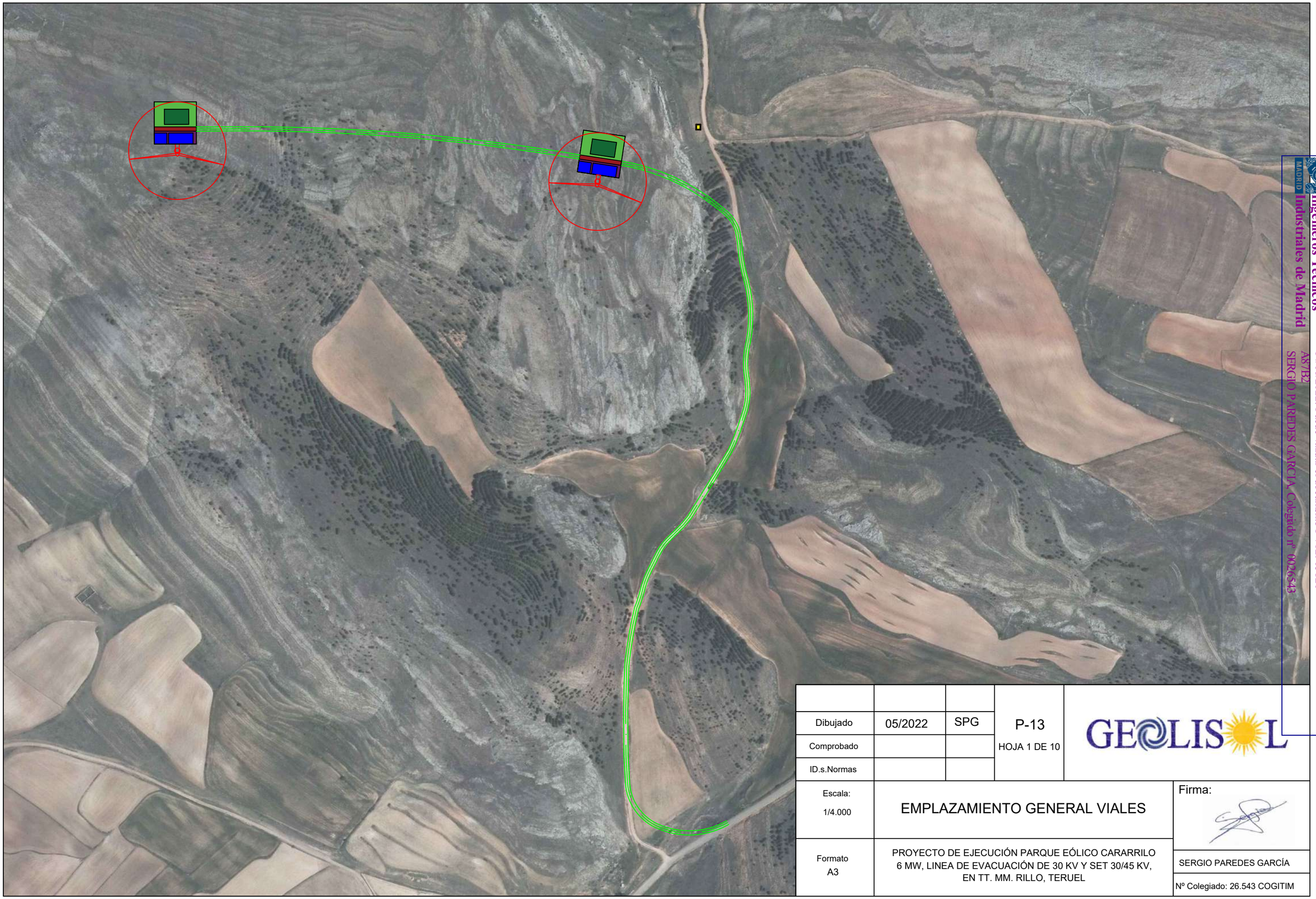
Plano de Comparación 1023,05 m

Datos topográf.	Estaciones y punto kilométrico			
	Distancias	Parciales	0,0	50,6	50,6
		Al origen	0,0	50,6	50,6
	Cotas del terreno		1028,0	1031,1	1031,1
	Num. y longitud de las parcelas				
Apoyos	Número		Nº 1	Nº 2	
	Ángulo		--	--	
	Tipo		C-13000-18	C-13000-24	
	Función		P.Línea	F.Línea	
	Montaje		D.C. bande.	D.C. bande.	
	Separación de fases		2,10	2,10	
	Tipo armado		DC-21-	DC-21-	
	Altura útil cruceta inferior		10,31 m	16,27 m	
	Tipo de cadena-elementos		Amarre	Amarre	
Cimen-tación	Lado		2,01 m	2,53 m	
	Profundidad		2,79 m	2,83 m	
	Excavación		11,27 m3	18,11 m3	
	Hormigonado		12,08 m3	19,39 m3	
Vanos	Número		Nº 1		
	Longitud		50,60 m		
	Desnivel		8,63 m		
Vano regul.	Número		Nº 1		
	Cons. de catenaria y longitud		K=466 a 50°C - 51 m		
	Apoyo inicial y final		Nº 1 - Nº 2		

LA-180 Zona C		
Tabla tendido fase Tramo 1-2		
T°(°C)	T(daN)	f(m)
-5°C	1073	0,20
0°C	958	0,23
5°C	849	0,26
10°C	747	0,29
15°C	654	0,33
20°C	573	0,38
25°C	504	0,43
30°C	447	0,49
35°C	401	0,54
40°C	364	0,60
45°C	334	0,65
50°C	308	0,71

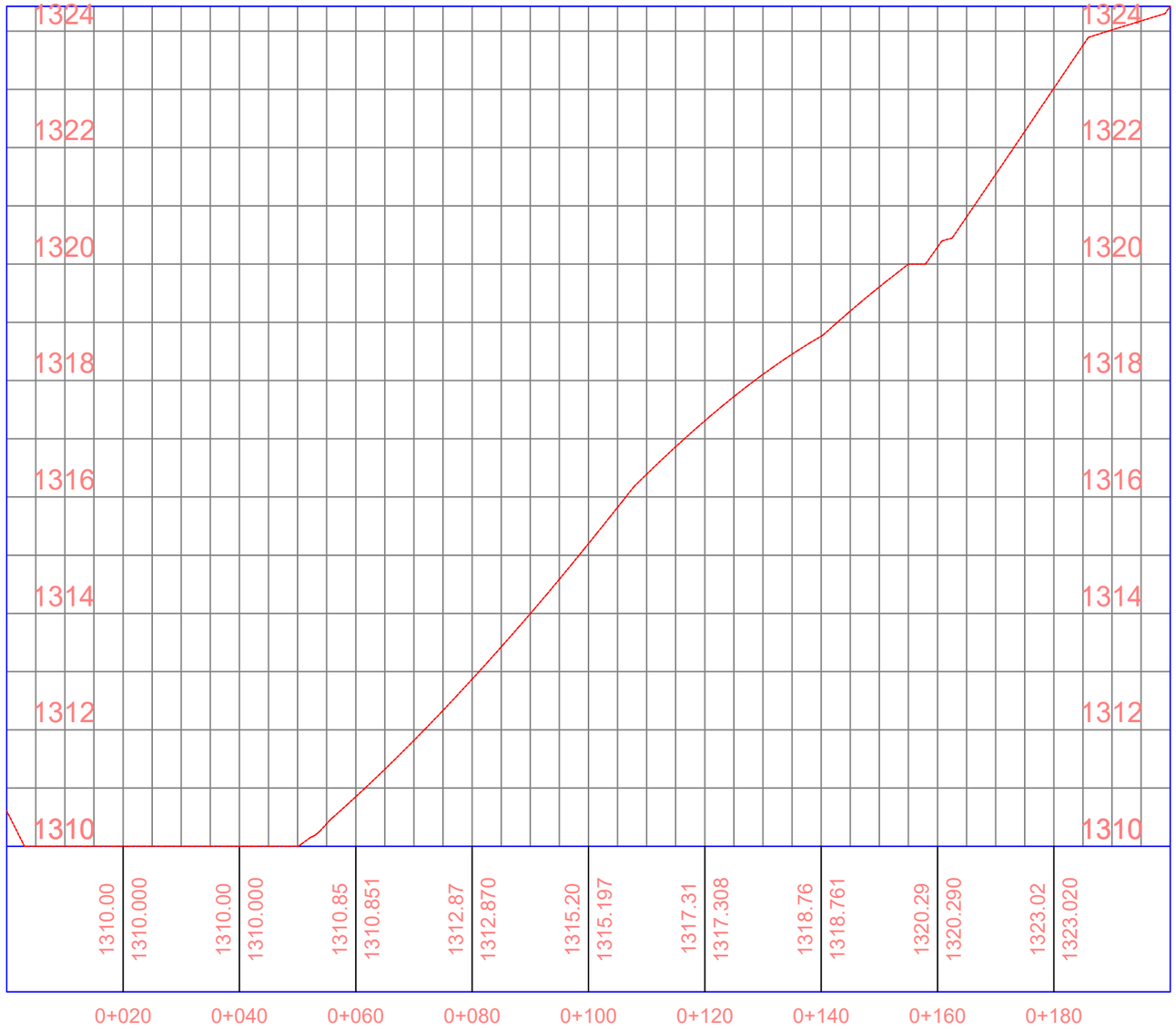
Dibujado	05/2022	SPG	P-12 HOJA 2 DE 2	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL VANO FLAJO			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

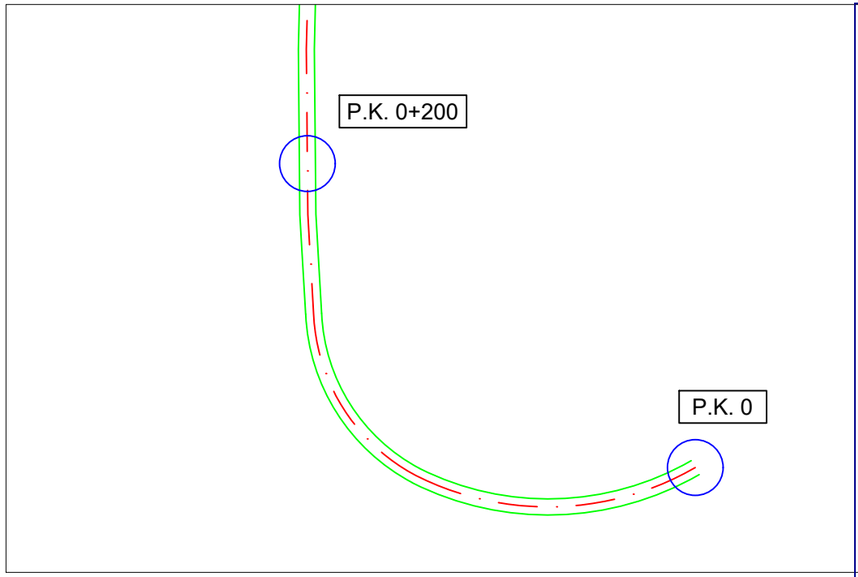
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento PV12905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 1 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/4.000	EMPLAZAMIENTO GENERAL VIALES			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

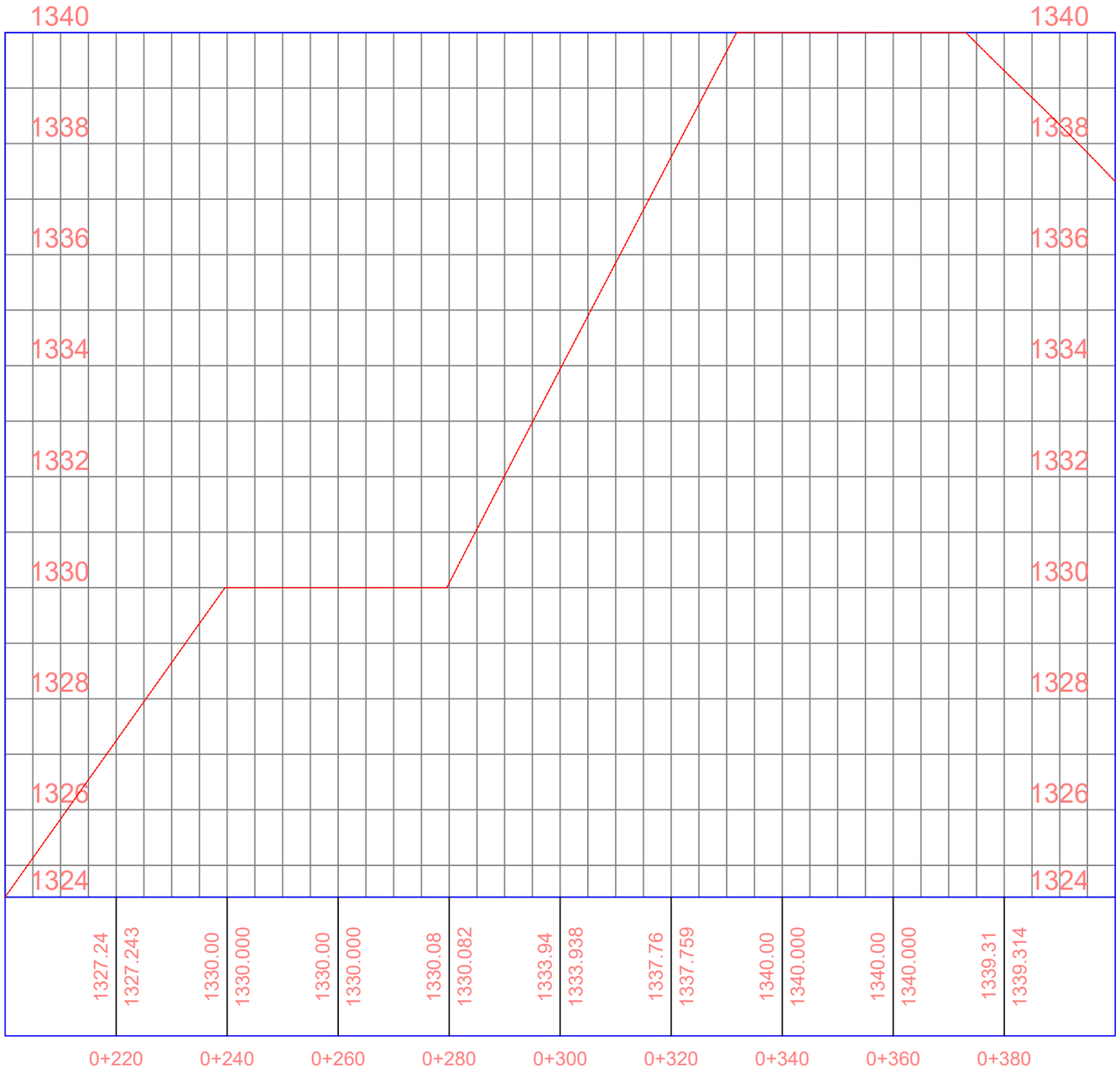


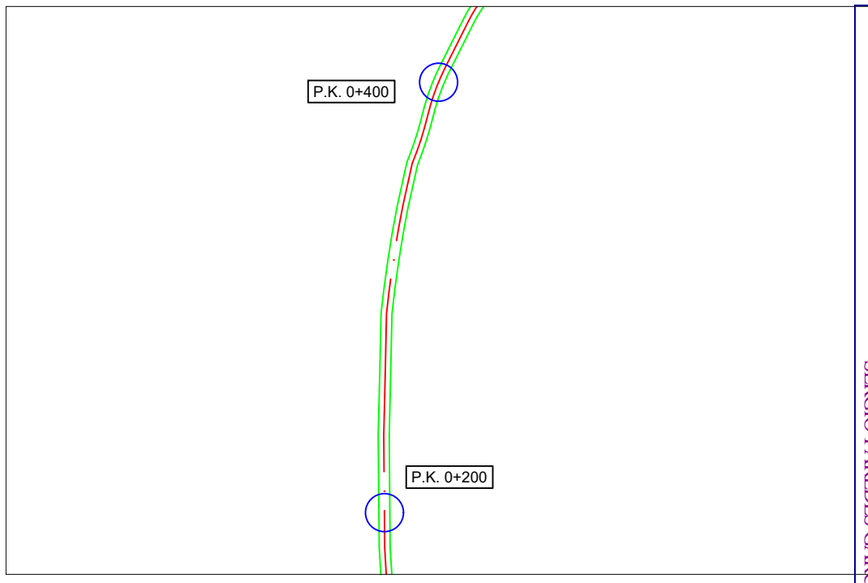


P.K.	Coordenadas	
	X	Y
0	670975.48	4512401.76
0+200	670854.59	4512496.49

Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 2 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 1 P.K. 0 - P.K. 0+200			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2915820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

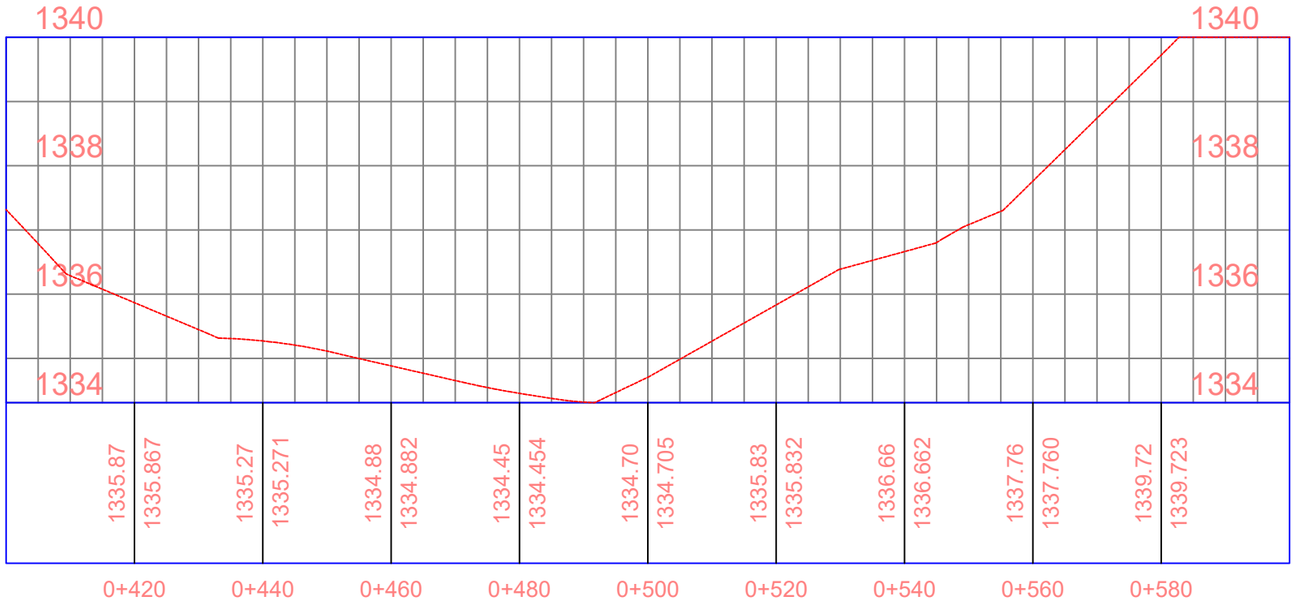


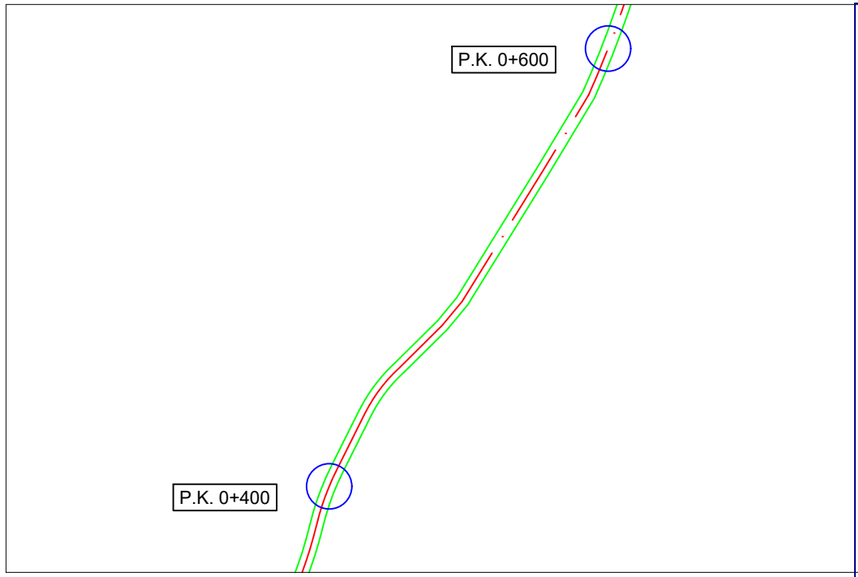


P.K.	Coordenadas	
	X	Y
0+200	670854.59	4512496.49
0+400	670879.34	4512693.48

Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 3 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 2 P.K. 0+200 - P.K. 0+400			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

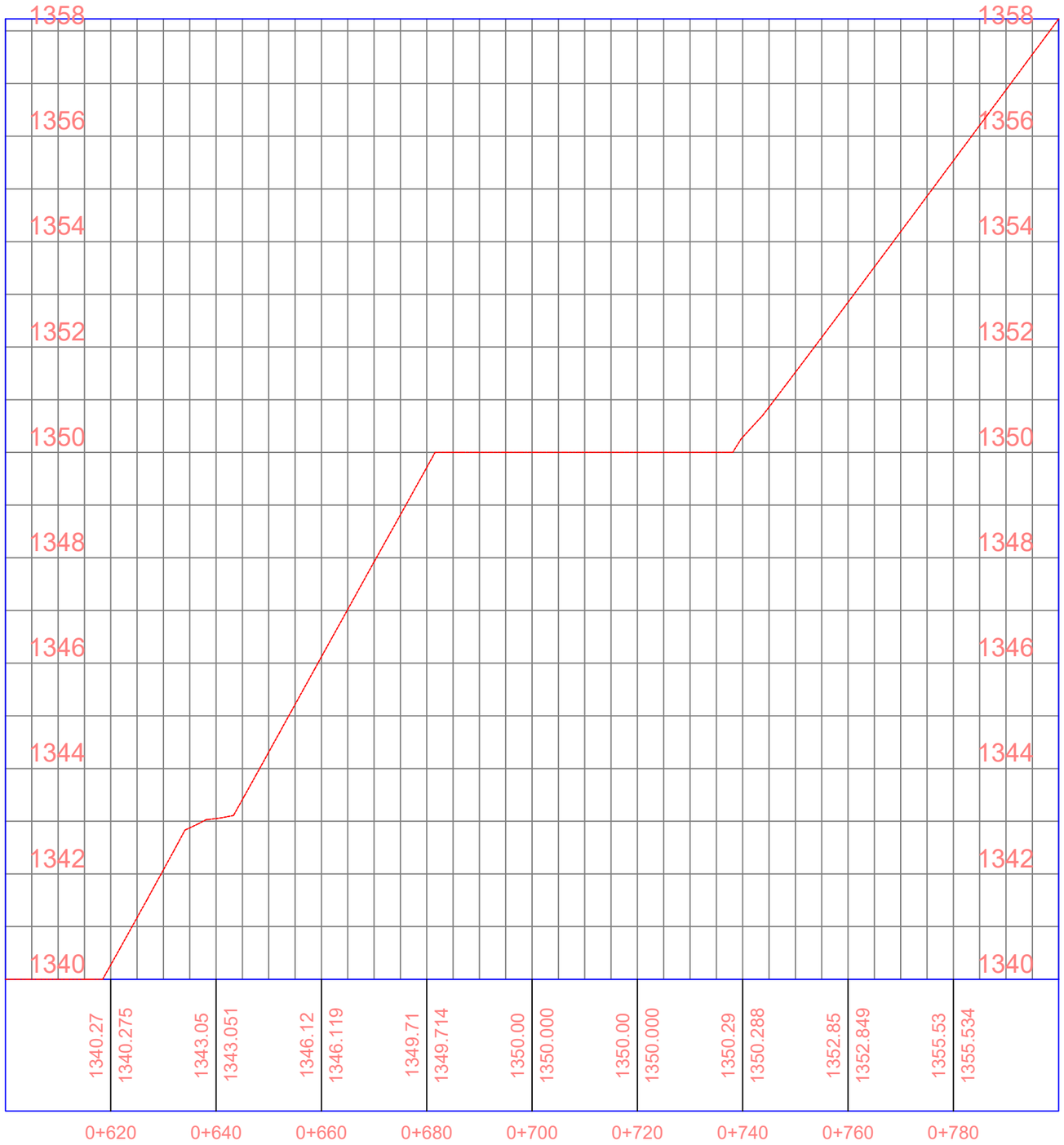


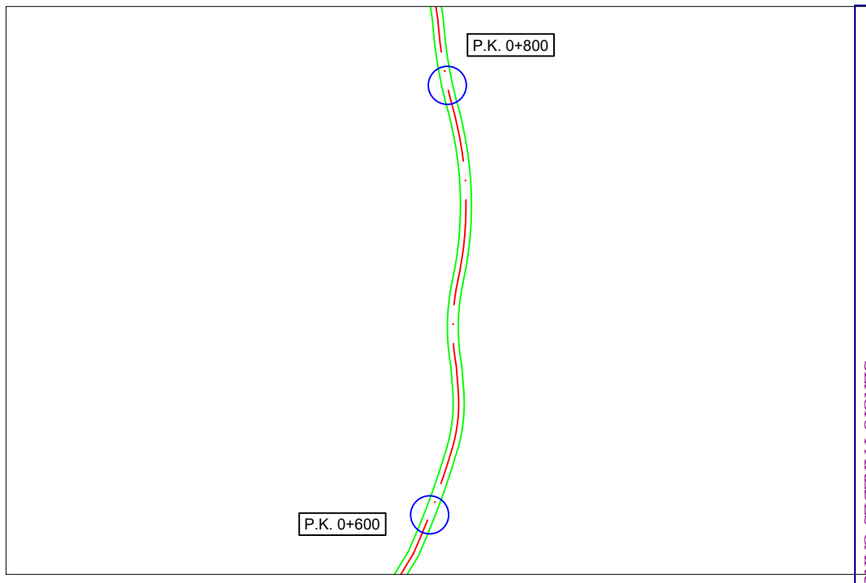


P.K.	Coordenadas	
	X	Y
0+400	670879.34	4512693.48
0+600	670986.09	4512861.03

Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 4 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 3 P.K. 0+400 - P.K. 0+600			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

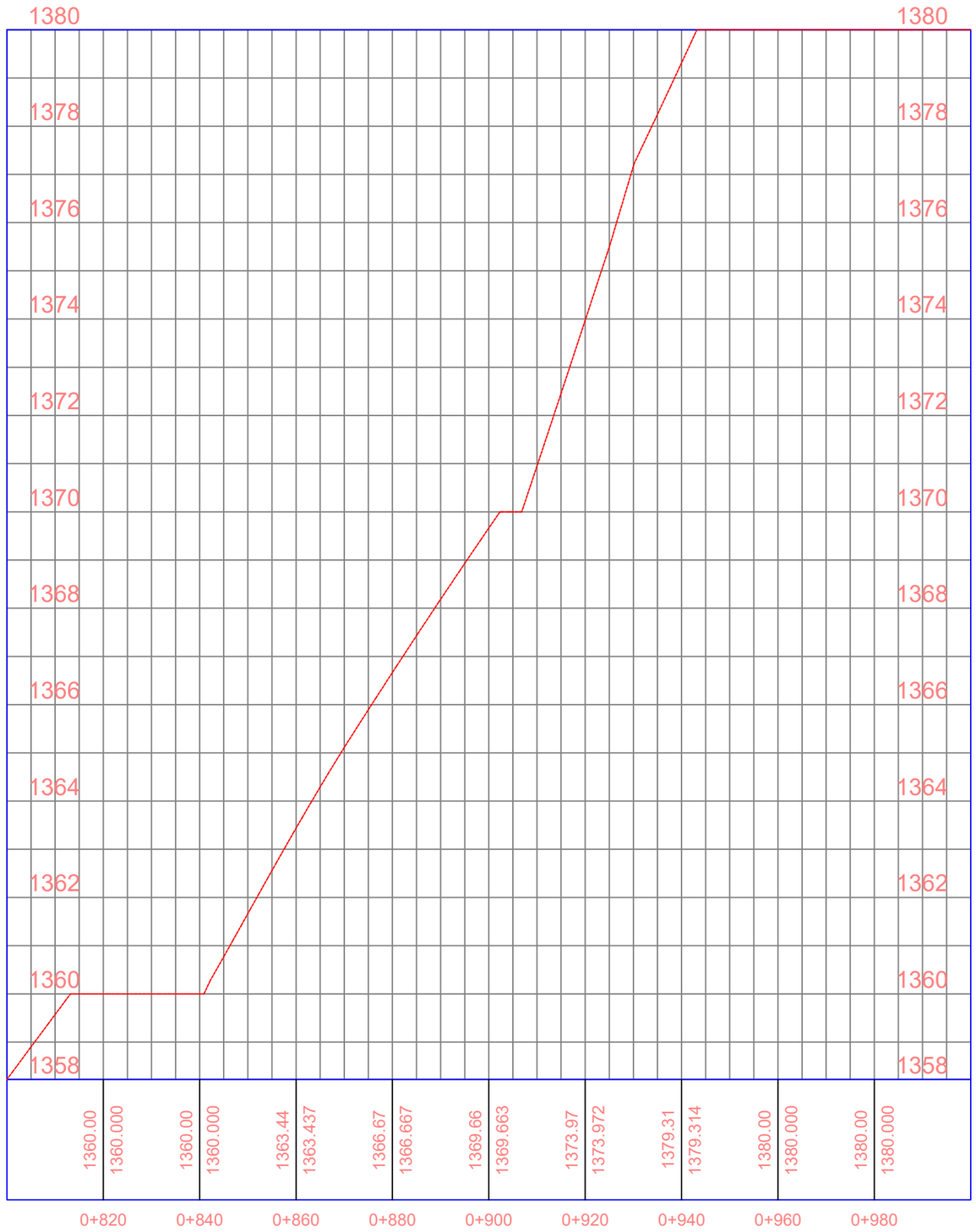


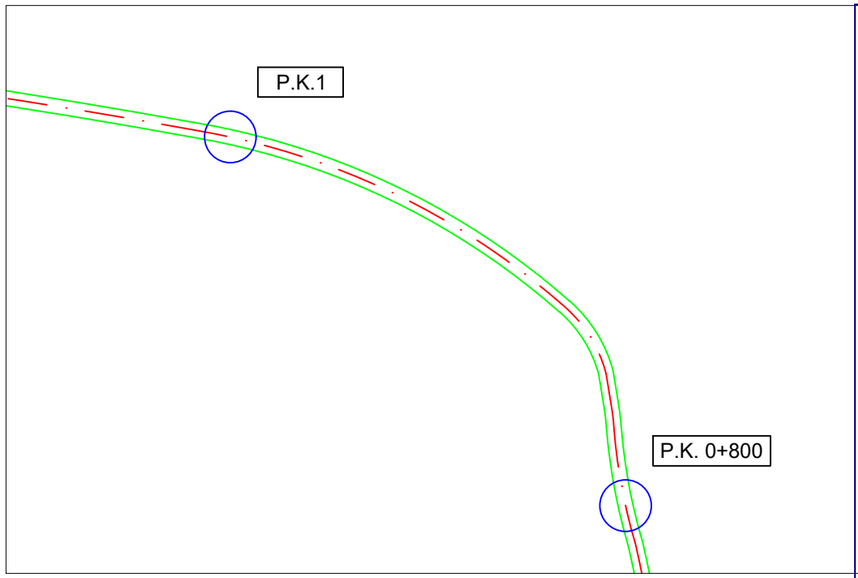


P.K.	Coordenadas	
	X	Y
0+600	670986.09	4512861.03
0+800	670994.16	4513057.57

Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 5 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 4 P.K. 0+600 - P.K. 0+800			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2915820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

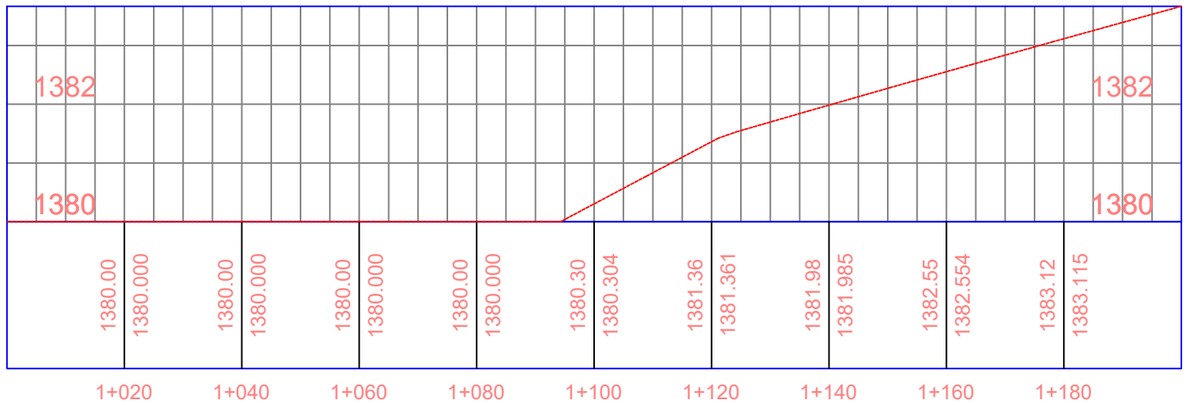


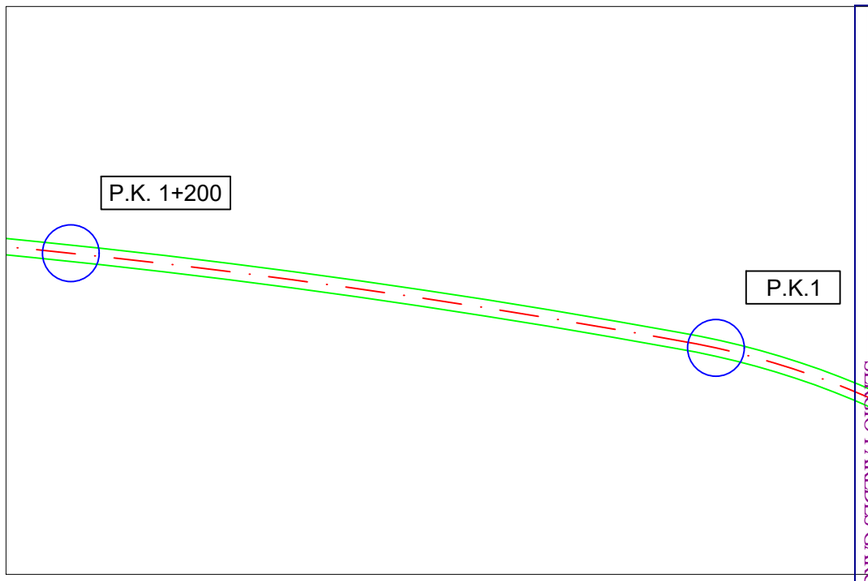


P.K.	Coordenadas	
	X	Y
0+800	670994.16	4513057.57
1	670860.73	4513182.00

Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 6 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 5 P.K. 0+800 - P.K. 1			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12915820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

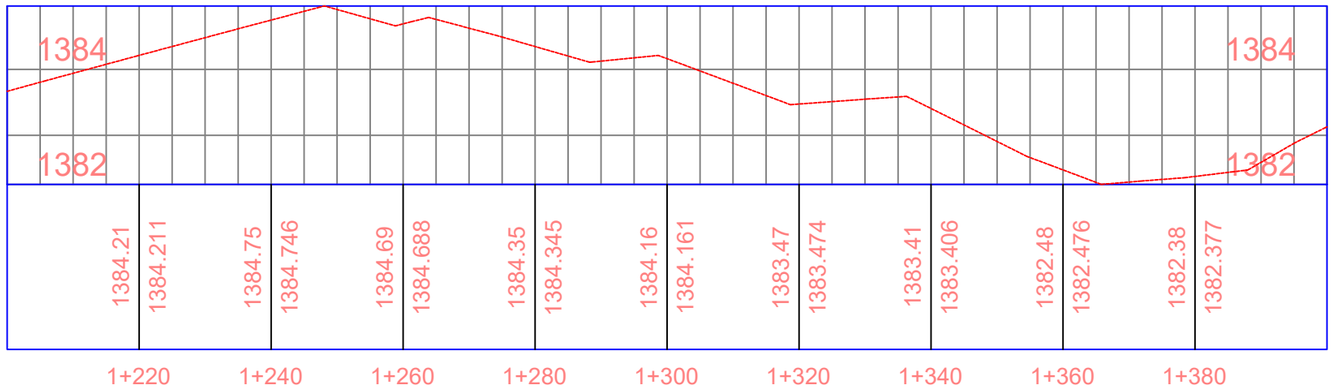


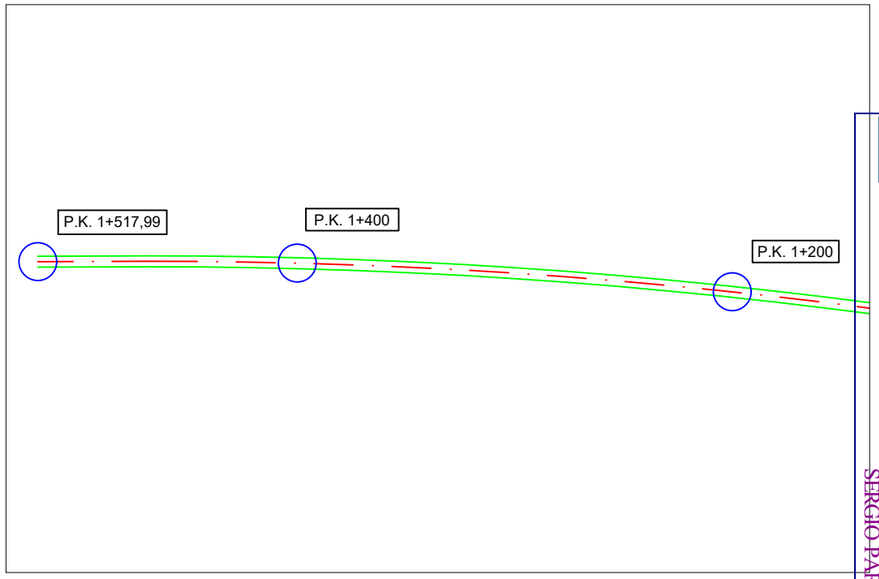


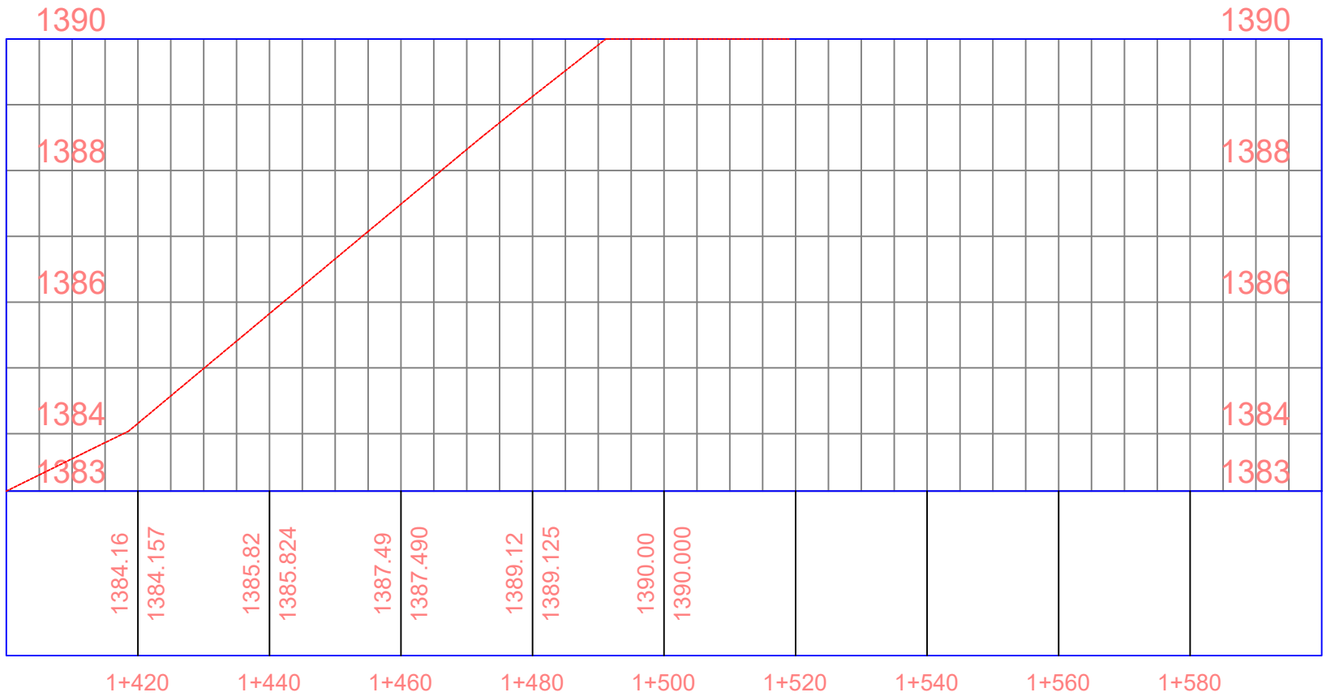
P.K.	Coordenadas	
	X	Y
1	670860.73	4513182.00
1+200	670662.90	4513211.02

Dibujado	05/2022	SPG	P-13	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 7 DE 10	
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 6 P.K. 1 - P.K. 1+200			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/07/2022. Puede validar el documento en
VISADO







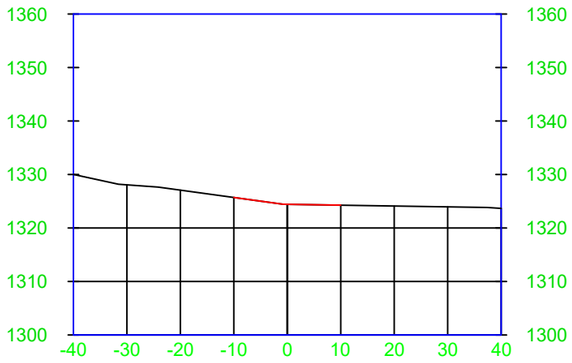
P.K.	Coordenadas	
	X	Y
1+200	670662.90	4513211.02
1+400	670463.40	4513224.30

P.K.	Coordenadas	
	X	Y
1+400	670463.40	4513224.30
1+517,99	670344.41	4513224.86

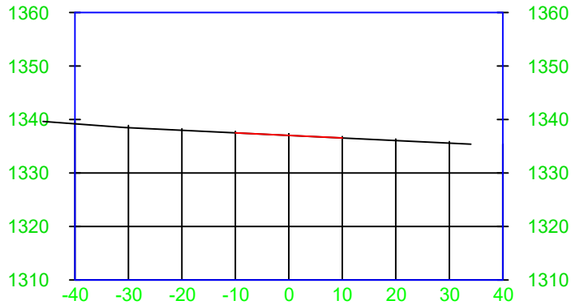
Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 8 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN TRAMO 7 Y 8 P.K. 1+200 - P.K. 1+517,99			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV1290SX20-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

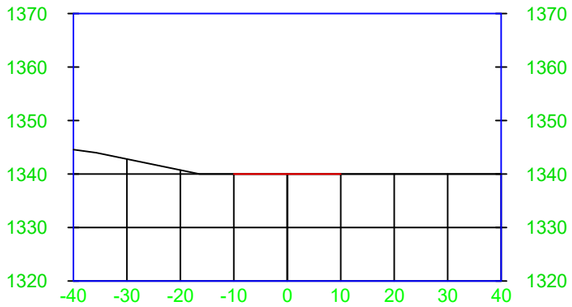
0+200.01



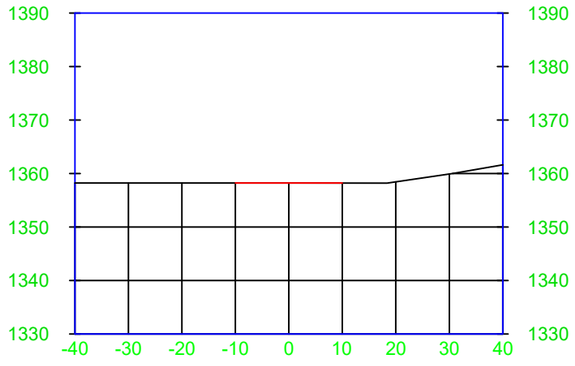
0+400.00

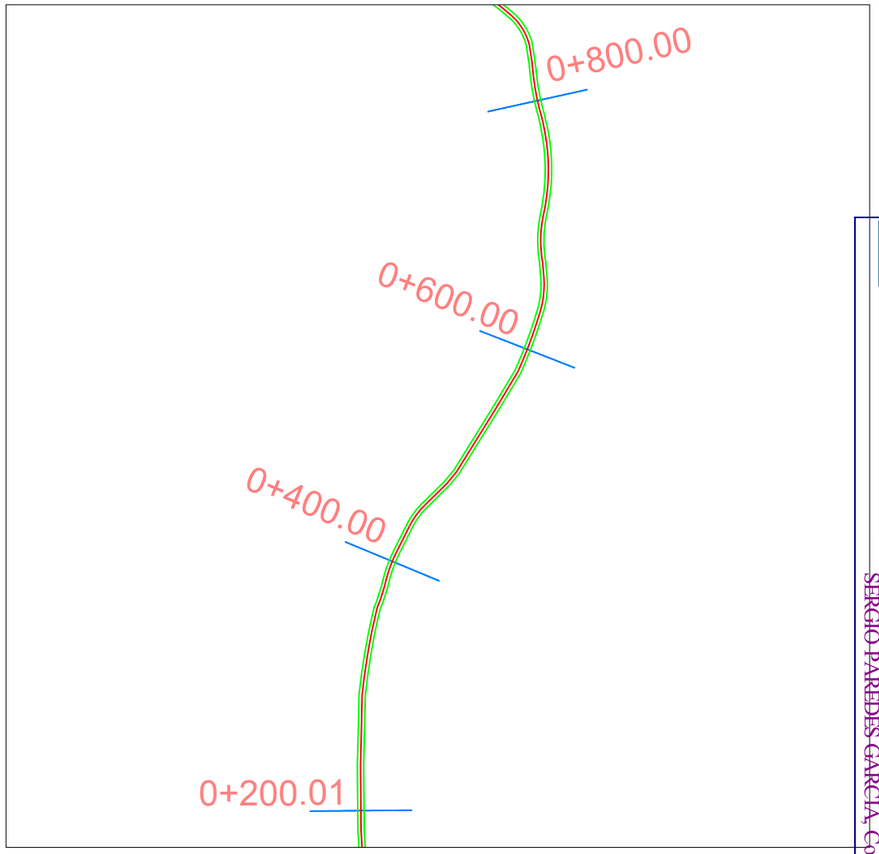


0+600.00



0+800.00



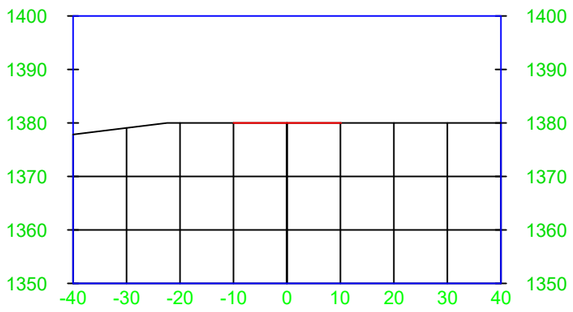


P.K.	Coordenadas	
	X	Y
0+200	670854.59	4512496.49
0+400	670879.34	4512693.48
0+600	670986.09	4512861.03
0+800	670994.16	4513057.57

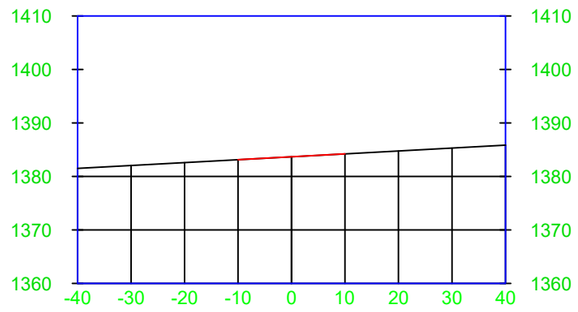
Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 9 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL TRANSVERSAL EN PUNTOS CLAVE DEL VIAL DE ACCESO			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

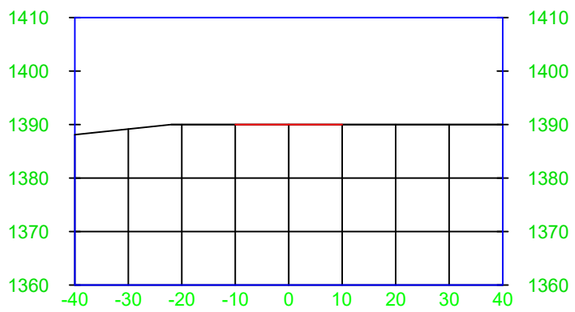
1+000.00

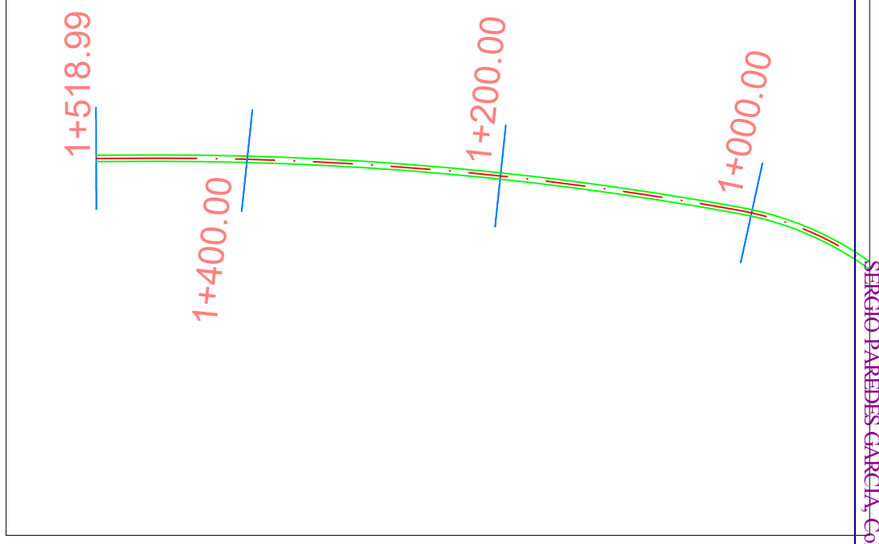


1+200.00



1+518.99





P.K.	Coordenadas	
	X	Y
1	670860.73	4513182.00
1+200	670662.90	4513211.02
1+400	670463.40	4513224.30
1+517,99	670344.41	4513224.86

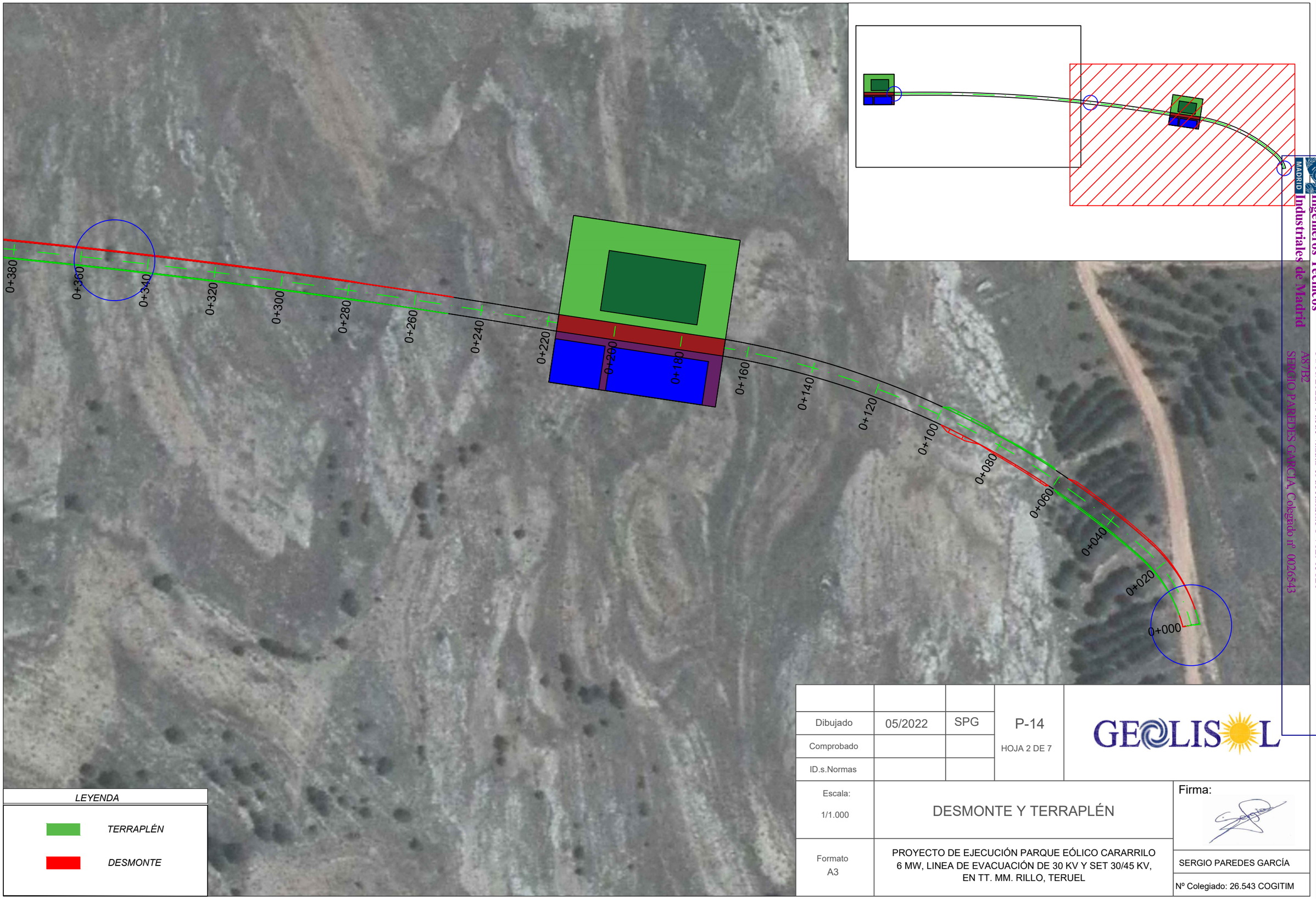
Dibujado	05/2022	SPG	P-13 HOJA 10 DE 10	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	PERFIL TRANSVERSAL EN PUNTOS CLAVE DEL VIAL DE ACCESO			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FV12905820-
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



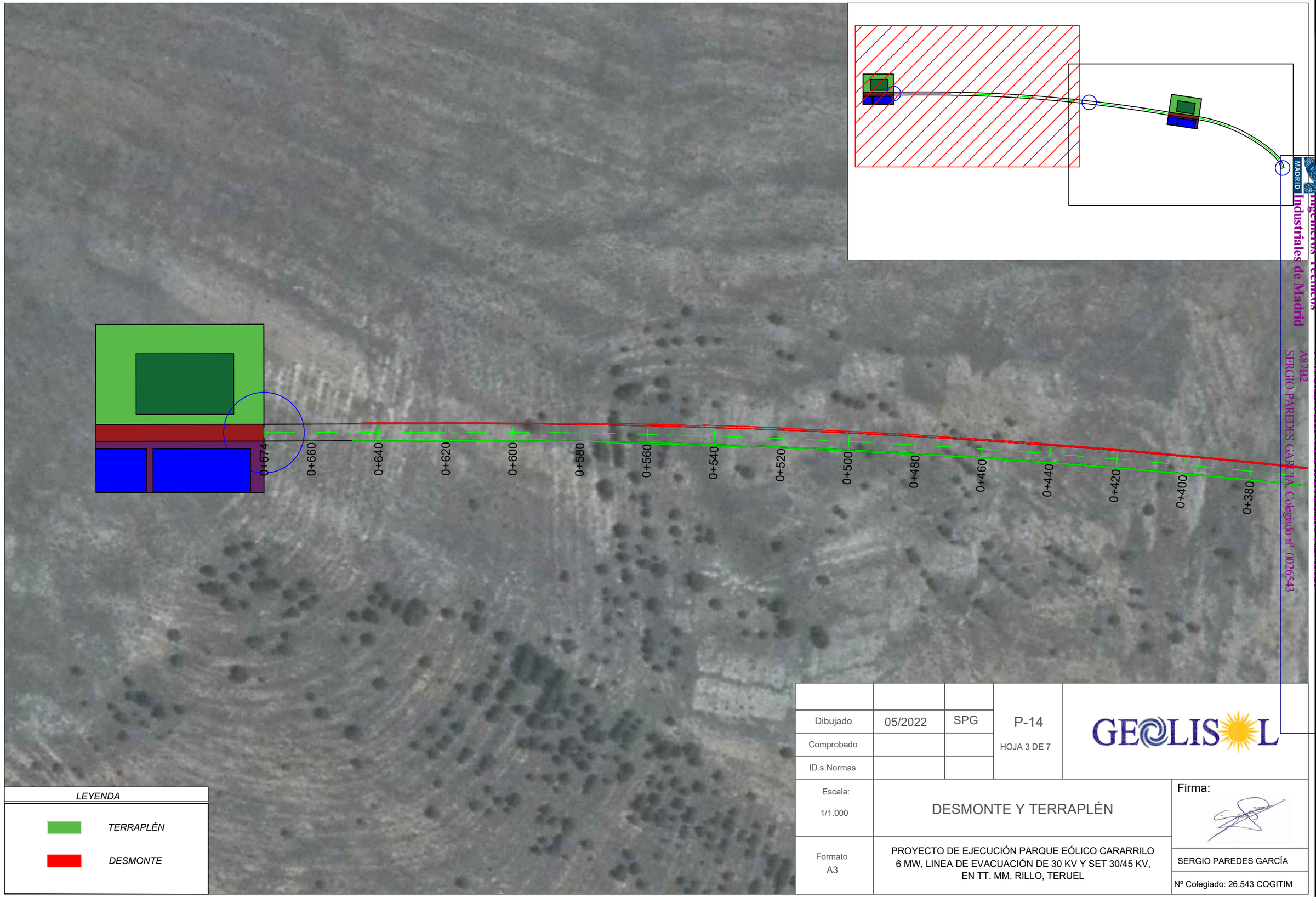
Dibujado	05/2022	SPG	P-14 HOJA 1 DE 7	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/2.000	EMPLAZAMIENTO GENERAL DEL VIAL			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2915820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO



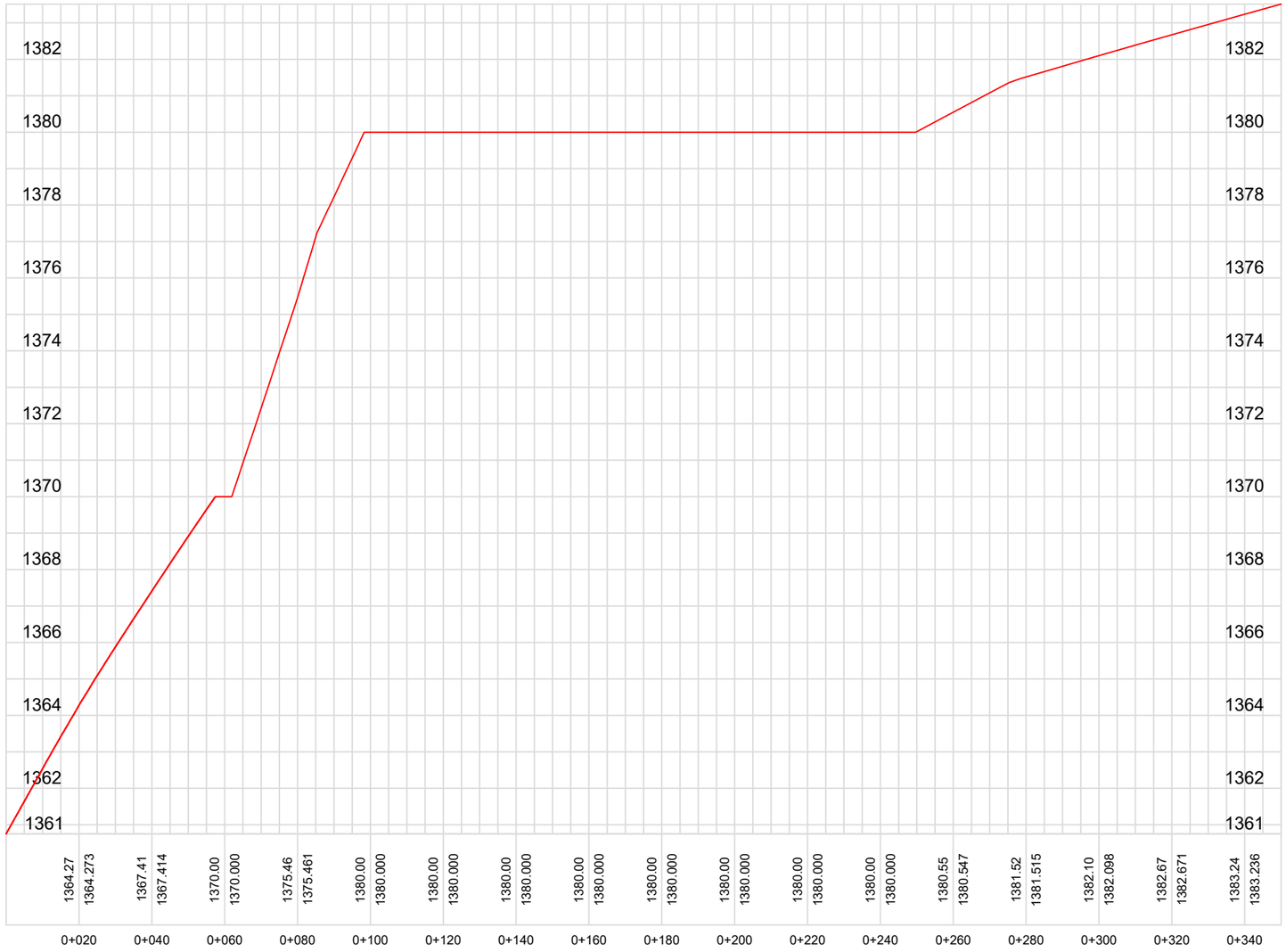
Dibujado	05/2022	SPG	P-14	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 2 DE 7	
ID.s.Normas				
Escala: 1/1.000	DESMONTE Y TERRAPLÉN			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA
				Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

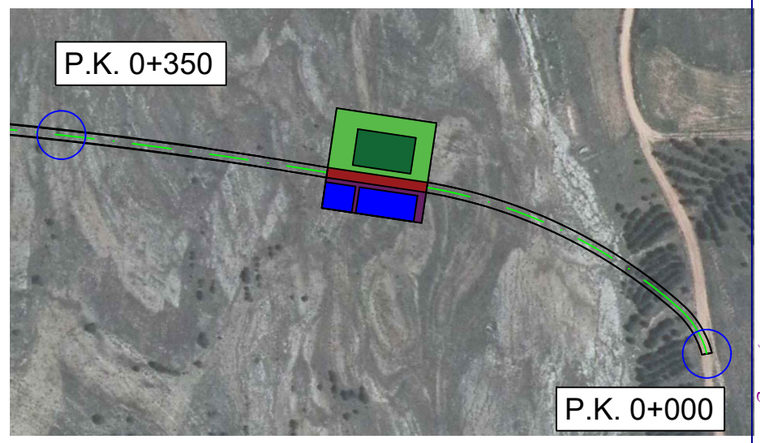
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVT2915820
A87B2
SERGIO PAREDES GARCÍA, Colegiado nº 0026543
VISADO



Dibujado	05/2022	SPG	P-14 HOJA 3 DE 7	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: 1/1.000	DESMONTE Y TERRAPLÉN			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
MADRID
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento en el siguiente
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

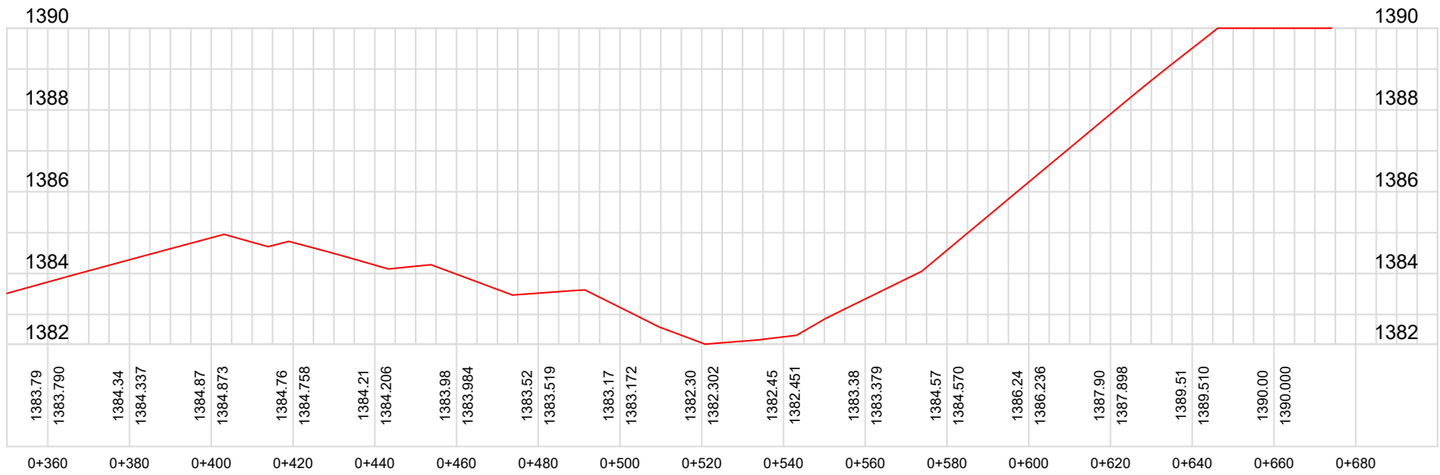


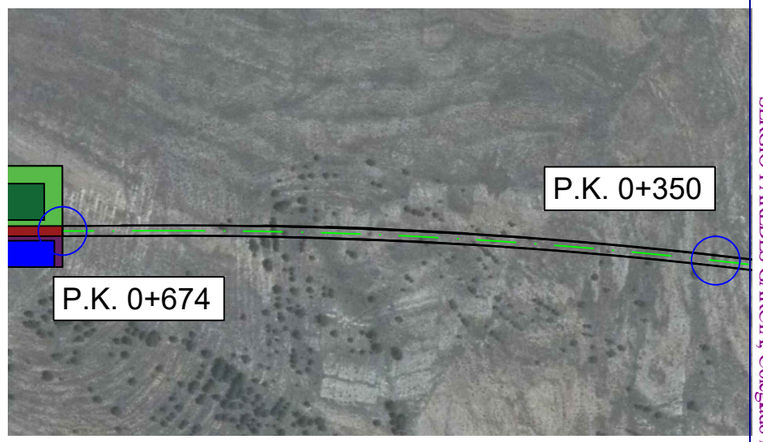


P.K.	COORDENADAS	
	X	Y
0	670987,64	4513101,96
0+350	670667,93	4513210,23

Dibujado	05/2022	SPG	P-14	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 4 DE 7	
ID.s.Normas				
Escala: 1/1.000	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN P.K. 0+000 - P.K. 0+350			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA
				Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FVI2905820-
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543



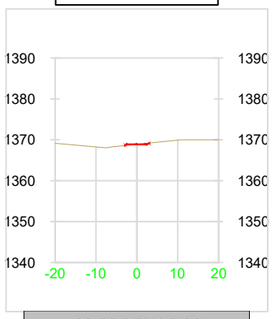


P.K.	COORDENADAS	
	X	Y
0+350	670667,93	4513210,23
0+674	670344,42	4513224,87

Dibujado	05/2022	SPG	P-14	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 5 DE 7	
ID.s.Normas				
Escala: 1/1.000	PERFIL LONGITUDINAL DE ELEVACIÓN P.K. 0+350 - P.K. 0+674			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA
				Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

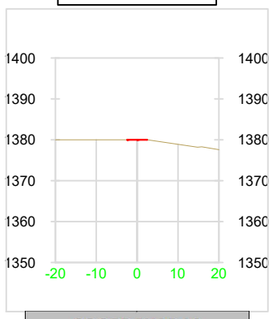
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2905820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

0+050.00



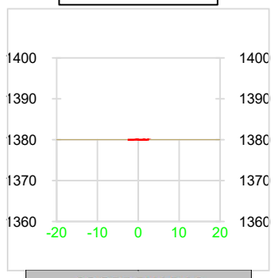
COORDENADAS	
X	Y
670955,84	4513139,05

0+100.00



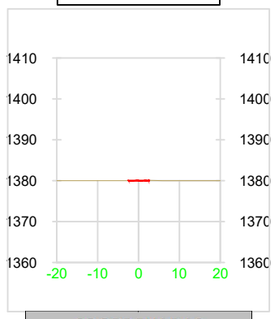
COORDENADAS	
X	Y
670912,85	4513164,44

0+150.00



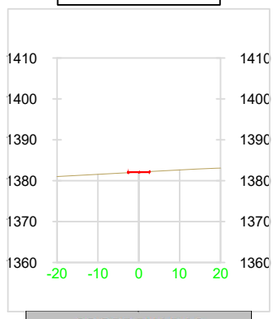
COORDENADAS	
X	Y
670865,72	4513180,86

0+250.00



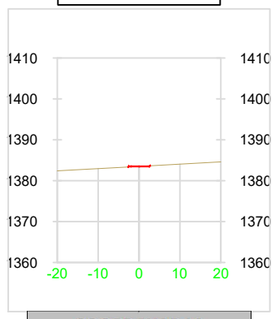
COORDENADAS	
X	Y
670767,04	4513196,96

0+300.00



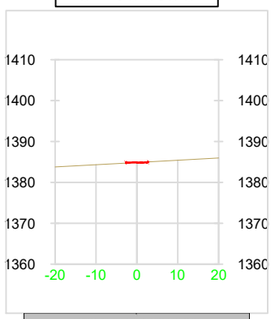
COORDENADAS	
X	Y
670717,56	4513204,12

0+350.00



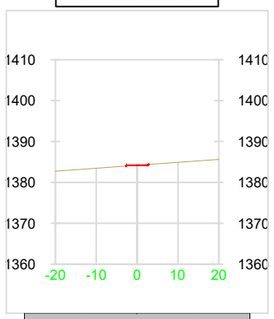
COORDENADAS	
X	Y
670667,93	4513210,23

0+400.00



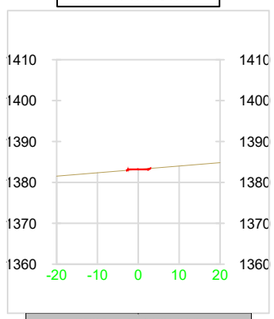
COORDENADAS	
X	Y
670618,19	4513215,30

0+450.00



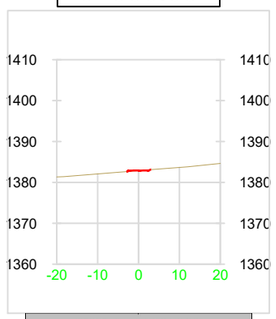
COORDENADAS	
X	Y
670568,35	4513219,31

0+500.00



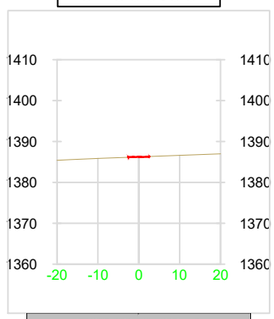
COORDENADAS	
X	Y
670518,44	4513222,27

0+550.00



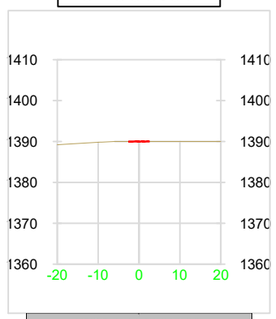
COORDENADAS	
X	Y
670469,48	4513224,17

0+600.00

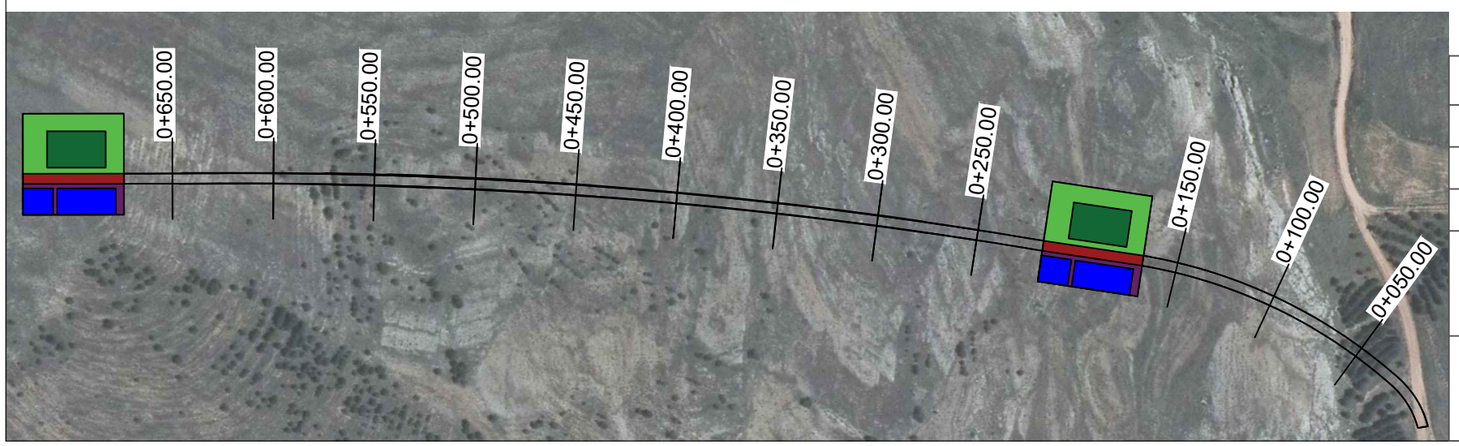


COORDENADAS	
X	Y
670418,49	4513225,02

0+650.00



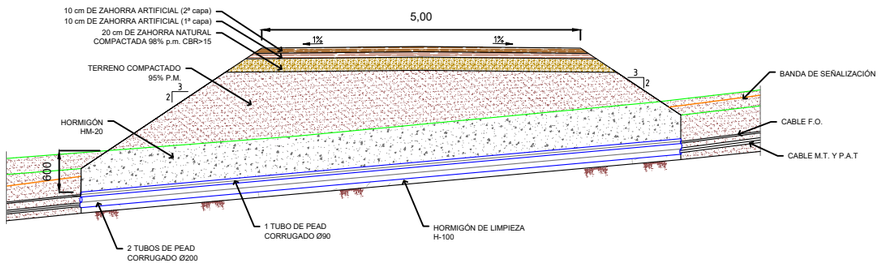
COORDENADAS	
X	Y
670368,49	4513224,96



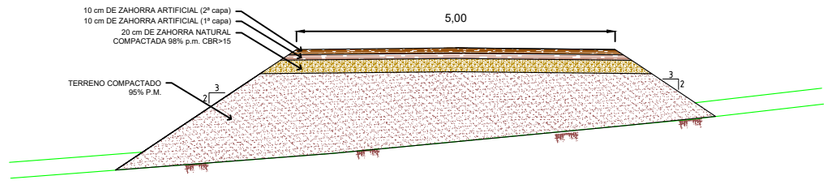
Dibujado	05/2022	SPG	P-14	GEOLISOL
Comprobado			HOJA 6 DE 7	
ID.s.Normas				
Escala: 1/1.500	PERFILES TRANSVERSALES			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA
				Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento EVI2905820
VISADO
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

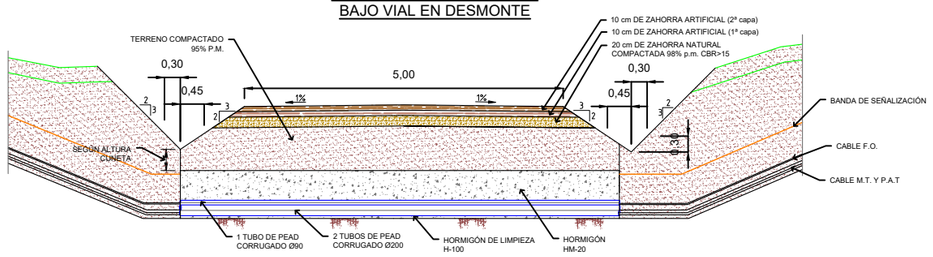
SECCIÓN TIPO PASO ZANJA BAJO VIAL EN TERRAPLÉN



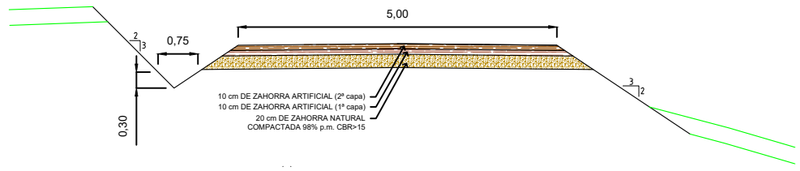
SECCIÓN TIPO VIAL EN TRERRAPLÉN



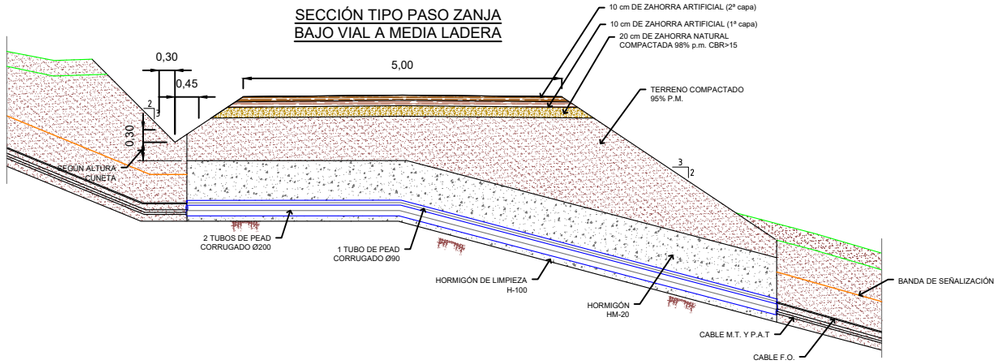
SECCIÓN TIPO PASO ZANJA BAJO VIAL EN DESMONTE



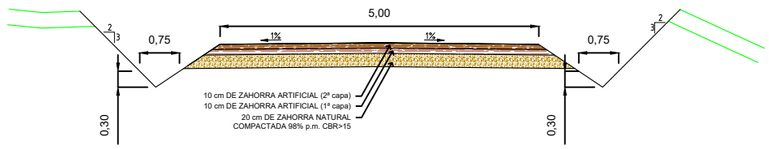
SECCIÓN TIPO VIALES A MEDIA LADERA



SECCIÓN TIPO PASO ZANJA BAJO VIAL A MEDIA LADERA

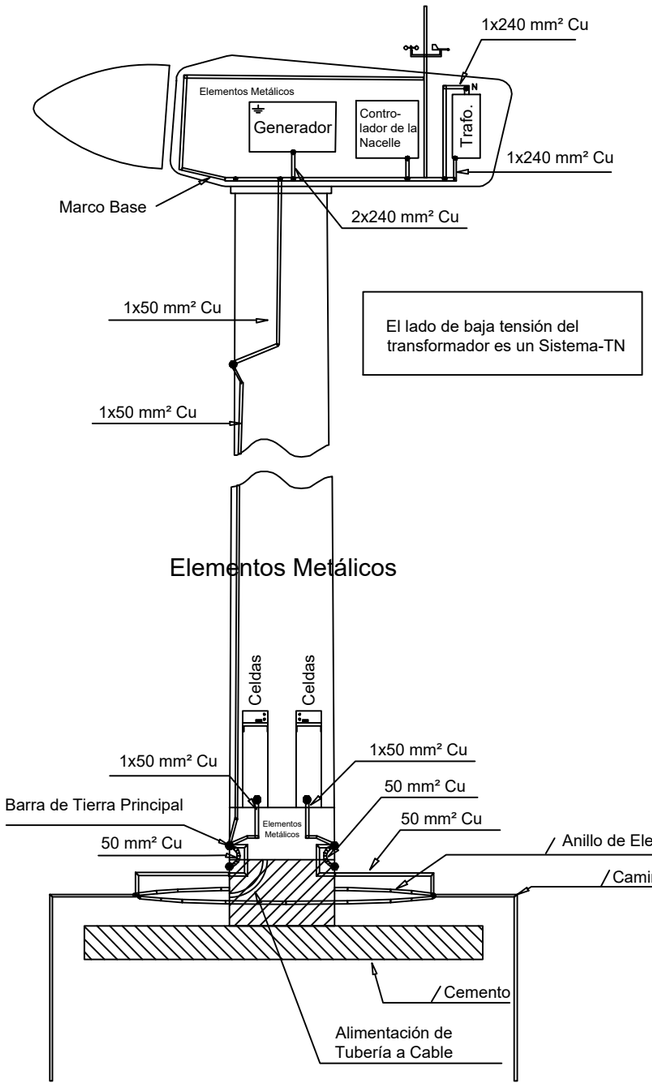


SECCIÓN TIPO VIALES EN DESMONTE



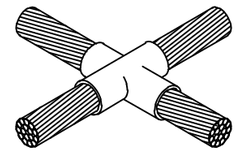
			P-14 HOJA 7 DE 7	GEOLISOL
Dibujado	05/2022	SPG		
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	SECCIONES VIALES			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento en: www.coitim.es
A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO

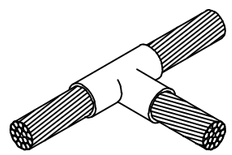


El lado de baja tensión del transformador es un Sistema-TN

UNIONES DE 3 O 4 CABLES Cu
POR SOLDADURA
ALUMINOTÉRMICA /CADWELL)

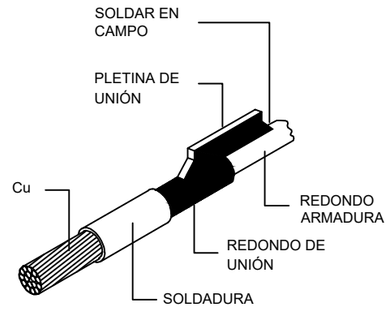


SOLDADURA EN CRUZ

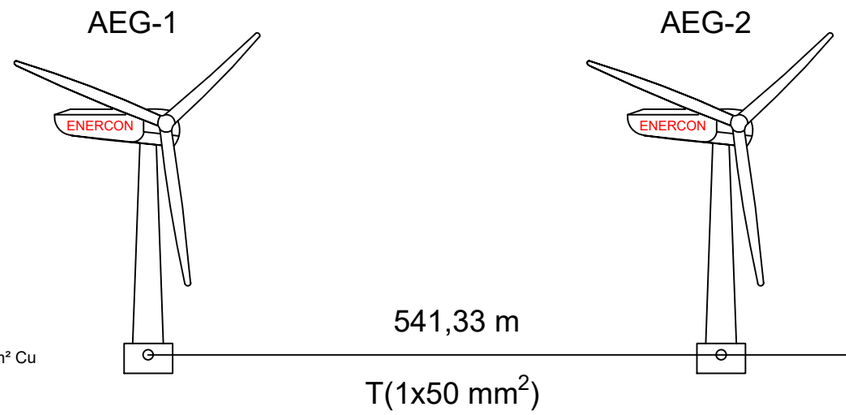


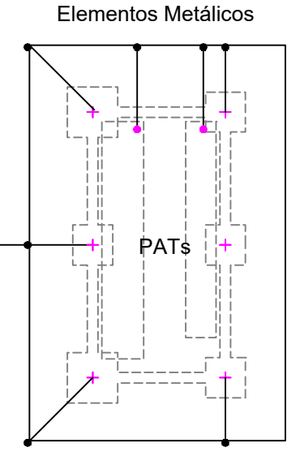
SOLDADURA EN T

UNIÓN DE CABLE Cu CON ARMADURA
ZAPATA, POR SOLDADURA CON
MATERIAL DE APORTACIÓN



PIEZAS SOMBREADAS, REALIZADAS EN
TALLER (PARA ADPATAR LOS POSIBLES
Ø DISTINTOS DE LA ARMADURA CON EL
Cu





LEYENDA

- Cable de cobre desnudo de 50 mm², profundidad > 0,60 m
- Picas de acero cobreada de 6m- 14mm Ø
- Soldadura aluminotérmica

Dibujado	05/2022	SPG	P-15 HOJA 1 DE 1	GEOLISOL
Comprobado				
ID.s.Normas				
Escala: S/E	RED DE TIERRAS			Firma:
Formato A3	PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO CARARRILO 6 MW, LINEA DE EVACUACIÓN DE 30 KV Y SET 30/45 KV, EN TT. MM. RILLO, TERUEL			SERGIO PAREDES GARCÍA Nº Colegiado: 26.543 COGITIM

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid
Documento registrado con el número: 2206400/01 el día 14/06/2022. Puede validar el documento FXT2915820-A87B2
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543
VISADO