

# PROYECTO DE EJECUCIÓN PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO 4 MW



**LOCALIZACIÓN:** T.M. CAMARILLAS (TERUEL)  
**PETICIONARIO:** ADMINISTRACIÓN DE PROMOTORES ELECTRICOS, S.L  
**CIF:** B-88631346  
**Calle Espoz y Mina, Nº2, 3 Planta, 28012 Madrid**  
 Sergio Paredes García,  
 Nº de colegiado 26.543 por el COGITIM



**HISTORIAL DE REVISIONES**

| Fecha        | Versión | Cambios                   |
|--------------|---------|---------------------------|
| JULIO 2021   | 1       | Versión original          |
| OCTUBRE 2023 | 2       | Proyecto un aerogenerador |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

## ÍNDICE GENERAL

- CAPITULO 0. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO**
- CAPITULO 1. MEMORIA**
- CAPITULO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
- CAPITULO 3. ANEXOS**
- CAPITULO 4. PLANIMETRÍA**
- CAPITULO 5. PLIEGO DE CONDICIONES**
- CAPITULO 6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**
- CAPITULO 7. BALIZAMIENTO**
- CAPITULO 8. ESTUDIO DE VIENTO**
- CAPÍTULO 9. ESTUDIO VIABILIDAD ECONÓMICA**
- CAPITULO 10. FICHAS TÉCNICAS**

|   |   |               |
|---|---|---------------|
| <br><b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|---|---|---------------|

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO 0. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO .....      | 9  |
| CAPÍTULO 1. MEMORIA .....                                   | 11 |
| 1. OBJETO.....  | 12 |
| 1.1. Adecuación al Planeamiento Territorial existente ..... | 12 |
| 2. ANTECEDENTES .....                                       | 13 |
| 3. TITULAR.....   | 14 |
| 4. NORMATIVA.....   | 15 |
| 5. SITUACIÓN .....  | 17 |
| 5.1. Criterios de elección de emplazamiento .....           | 18 |
| 5.2. Descripción de poligonal .....                         | 18 |
| 5.3. Acceso al parque eólico .....                          | 19 |
| 6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....                   | 20 |
| 6.1. Aerogeneradores .....                                  | 20 |
| 6.2. Relación de organismos afectados .....                 | 23 |
| 7. OBRA CIVIL PARQUE EÓLICO.....                            | 24 |
| 7.1. Condicionantes generales.....                          | 24 |
| 7.2. Caminos.....   | 24 |
| 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 evacuación de Media Tensión.....                 | 38 |
| 9. SISTEMA DE EVACUACIÓN .....                              | 39 |
| 9.1. Descripción general .....                              | 39 |
| 9.2. Emplazamiento .....                                    | 39 |
| 9.3. Afecciones organismos .....                            | 39 |



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543

**VISADO**

|  |   |    |
|--|---|----|
| 10.  | LÍNEA SUBTERRÁNEA 30 KV .....                                     | 40 |
| 10.1.  | Disposición física de la línea subterránea .....                  | 40 |
| 10.2.  | Esquema de conexión.....  | 41 |
| 10.3.  | Descripción de los materiales .....                               | 42 |
| 10.4.  | Puesta a tierra.....  | 47 |
| 10.5.  | Canalizaciones.....   | 47 |
| 10.6.  | Canalización bajo carretera.....                                  | 47 |
| 10.7.  | Perforaciones subterráneas .....                                  | 48 |
| 11.  | CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO (UE) 2016/631.....                    | 50 |
| 12.  | CRONOGRAMA .....  | 53 |
| CAPÍTULO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....                    |   | 55 |
| 1.   | RESUMEN PRESUPUESTO .....   | 56 |
| CAPÍTULO 3. ANEXOS .....                                     |   | 57 |
| ANEXO I RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS (RBDA) ..... |   | 58 |
| ANEXO II CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....                        |   | 61 |
| 1.   | CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARQUE EÓLICO .....                           | 62 |
| 1.1.   | Cálculos de conductores (aislados B.T. y M.T) .....               | 62 |
| 1.2.   | Sección de conductores.....                                       | 62 |
| 1.3.   | Cálculos de aislamiento .....                                     | 64 |
| 1.4.   | Cálculos justificativos del sistema de puesta a tierra.....       | 65 |
| 2.   | CÁLCULOS LÍNEA SUBTERRÁNEA.....                                   | 66 |
| 2.1.   | Características eléctricas del conductor .....                    | 66 |
| 2.2.   | Intensidades máximas admisibles.....                              | 67 |
| 2.3.   | Intensidad de cortocircuito máxima admisible.....                 | 70 |
| 2.4.   | Intensidad de cortocircuito máxima admisible en el conductor..... | 71 |
| 2.5.   | Intensidades circulantes por la línea.....                        | 72 |
| 1.1.   | Potencia a transportar.....                                       | 72 |
| 1.2.   | Caídas de tensión.....  | 73 |
| 1.3.   | Pérdidas de potencia.....   | 74 |
| 2.   | CÁLCULO PROTECCIONES CELDAS MT.....                               | 75 |
| 3.   | CÁLCULO DE RED DE TIERRAS.....                                    | 77 |
| 3.1.   | Cálculos preliminares.....  | 77 |



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**VISADO**

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 3.2. | Cálculos de tensiones de paso y contacto en el C.T. – Aerogenerador                             | 79  |
| 4.   | CALCULO DE CORTOCIRCUITO .....  | 83  |
| 4.1. | Datos de partida.....   | 83  |
| 4.2. | Esquema de disposición .....  | 84  |
| 4.3. | Fórmulas a aplicar.....   | 84  |
| 4.4. | Cálculo de cortocircuito en celdas y cable M.T. aerogenerador.....                              | 84  |
| 4.5. | Cálculo de intensidades de cortocircuito en el Punto A .....                                    | 86  |
| 4.6. | Cálculo de intensidades de cortocircuito en el Punto B .....                                    | 86  |
| 4.7. | Conclusiones .....  | 86  |
|      | ANEXO III ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO SEGÚN ITC RAT-15 ..... | 87  |
| 1.   | ANTECEDENTES .....  | 88  |
| 1.1. | PROMOTOR.....   | 88  |
| 2.   | OBJETO.....   | 88  |
| 3.   | ESTUDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO EN LAS PROXIMIDADES DE LAS INSTALACIONES .....                      | 89  |
| 3.1. | OBJETO.....   | 89  |
| 3.2. | CRITERIOS DE CÁLCULO .....  | 89  |
| 3.3. | APLICACIÓN A LAS INSTALACIONES PROYECTADAS .....  | 90  |
| 3.4. | CONCLUSIONES .....  | 92  |
|      | ANEXO IV MEDIDAS ANTI INCENDIOS .....   | 93  |
| 1.   | ANTECEDENTES .....  | 94  |
| 2.   | OBJETO.....   | 94  |
| 3.   | MEDIDAS PREVENTIVAS.....  | 94  |
| 4.   | MEDIDAS PARA DISMINUIR EL RIESGO DE INCENDIO .....  | 95  |
| 4.1. | Fase de Ejecución y Desmantelamiento .....  | 95  |
| 4.2. | Fase de Explotación.....  | 96  |
| 5.   | CONCLUSIONES .....  | 97  |
|      | CAPÍTULO 4. PLANIMETRÍA .....   | 98  |
|      | CAPÍTULO 5. PLIEGO DE CONDICIONES .....   | 99  |
|      | CAPÍTULO 6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....  | 100 |
|      | CAPÍTULO 7. BALIZAMIENTO .....  | 101 |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

CAPÍTULO 8. ESTUDIOS DE VIENTO ..... 102  
CAPÍTULO 9. ESTUDIO DE VIABILIDAD ..... 103  
CAPÍTULO 10. FICHAS TÉCNICAS ..... 104



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**ÍNDICE DE TABLAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Características básicas .....                            | 10 |
| Tabla 2 Poligonal.....   | 19 |
| Tabla 3 Coordenadas aerogeneradores .....                        | 20 |
| Tabla 4 Características aerogenerador.....                       | 21 |
| Tabla 5 Relación de organismos afectados .....                   | 23 |
| Tabla 6 Resumen obra civil parque eólico.....                    | 32 |
| Tabla 7 Características Transformador BT/MT.....                 | 35 |
| 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 RBDA .....  | 60 |



**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1 Situación ..... 17

  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

# CAPÍTULO 0. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO

  
**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| NOMBRE DEL PROYECTO   | <b>Parque eólico “Virgen del Campo”</b>      |
| DATOS PROMOTOR        | ADMINISTRACIÓN DE PROMOTORES ELÉCTRICOS S.L. |
| CIF                   | B-88631346                                   |
| DOMICILIO             | MADRID                                       |
| POTENCIA INSTALADA    | 4 MW   |
| UBICACIÓN             | Camarillas/Teruel/Aragón                     |
| Nº DE AEROGENERADORES | 1  |
| TURBINA EÓLICA        | E-138 EP3 E2                                 |
| POTENCIA NOMINAL      | 4.000 kW                                     |
| DIAMETRO DE ROTOR     | 138,25 m                                     |
| AREA DE BARRIDO       | 15.011 m <sup>2</sup>                        |
| ALTURA DE TORRE       | 111 m  |

Tabla 1 Características básicas



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
**SERGIO PAREDES GARCIA**, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

  
**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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 “Virgen del Campo” de 4 MW. Debido a la naturaleza de la instalación y tras el acuerdo con el promotor de los parques eólicos “San Antón” y “Virgen de Fátima” se describirá la evacuación desde el parque eólico objeto de estudio hasta el centro de seccionamiento “San Antón”. Aquí se coleccionará la energía producida junto con los otros dos parques eólicos mencionados para después evacuar hasta una subestación reductora previa a la Subestación Aliaga propiedad de Endesa. Además, con estos proyectos se compartirá gran parte del vial de acceso.

Respecto a dichos parques eólicos, debido a su cercanía, se compartirá parte de la obra civil y accesos a los emplazamientos y estructura del sistema de evacuación de los mismos.

Esto conlleva la reducción de costes para las instalaciones. Dichos costes están acordados en un convenio firmado por las sociedades propietarias donde se han pactado las condiciones pertinentes.

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

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). En este caso, la salida de la línea del centro de transformación se conectará con el centro de seccionamiento San Antón.

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.

### 1.1. Adecuación al Planeamiento Territorial existente

Para la implantación del parque eólico “Virgen del Campo” y la línea de evacuación al punto de conexión proporcionado por Endesa en la SET Aliaga 20 kV en el término municipal de Aliaga 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.

  
**Madrid**  
**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 2. ANTECEDENTES

Que la mercantil ADMINISTRACIÓN DE PROMOTORES ELÉCTRICOS, S.L. tiene entre sus actividades la promoción, construcción, y explotación del futuro Parque Eólico “Virgen del Campo” de 4 MW de potencia, situado en el término municipal de Camarillas (Teruel).

Que, a fecha de 16 de septiembre de 2020, Endesa concede punto de conexión en su SET ALIAGA 20 kV.

Que, a fecha 7 de abril de 2021 se concede, por parte de Red Eléctrica, la aceptabilidad desde la perspectiva de la operación del sistema por afección a la red de transporte en la subestación Aliaga 20 kV para el acceso a la red de distribución de generación renovable.

Que, a fecha de 5 de octubre de 2021, se admitió a trámite la solicitud de la autorización administrativa previa y de construcción del presente proyecto por parte de la Dirección General de Minas y Energía del Gobierno de Aragón, con referencias:

- EXP: IP-PC-0097/2021
- Ref. DGEM: PE0157/2021

Que, a fecha 25 de enero de 2023, se realizaron cambios en la implantación del parque eólico Virgen del Campo debido a los condicionantes impuestos por el departamento de Cultura.

Que, tras la tramitación pertinente con los diferentes organismos, nos vemos en la necesidad de reducir el parque a un único aerogenerador para la tramitación con del parque eólico.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 3. TITULAR

La entidad promotora de la actuación es la siguiente:

- ADMINISTRACION DE PROMOTORES ELECTRICOS S.L. CIF: B-88631346

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



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

#### 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).



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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).
- 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 de 1988, 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 DECRETETO-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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 5. SITUACIÓN

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

El proyecto se encuentra dentro del citado municipio en las coordenadas:

Latitud: 40.616451º

Longitud: - 0.73314º

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



Ilustración 1 Situación

Camarillas es una localidad y un municipio español de la provincia de Teruel, en Aragón. Está situado en el sur oeste de la provincia.

Su término municipal tiene una extensión de 50,55 km<sup>2</sup> que abarcan un territorio en el que se localizan tanto flora silvestre como terrenos destinados al cultivo. Su población alcanza los 86 habitantes, según datos del censo del INE de 2018.

El proyecto está situado en el sureste del centro de la provincia, a unos 1,7 km al sureste del centro del pueblo de Camarillas.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 5.1. Criterios de elección de emplazamiento

El emplazamiento del Parque Eólico Virgen del Campo parece constituir una excelente localización para la explotación comercial de la energía eólica.

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         |            |
|---------|-----------|------------|
| 1       | 690678.28 | 4499277.53 |
| 2       | 691000.92 | 4499216.54 |
| 3       | 690871.21 | 4498906.81 |
| 4       | 690842.69 | 4498810.60 |
| 5       | 690894.48 | 4498756.43 |
| 6       | 690990.48 | 4498776.57 |
| 7       | 691722.48 | 4498767.98 |
| 8       | 691831.48 | 4498733.04 |
| 9       | 691909.66 | 4498580.81 |
| 10      | 691882.43 | 4498447.06 |
| 11      | 692432.67 | 4497581.02 |
| 12      | 692578.90 | 4497625.42 |
| 13      | 692477.14 | 4498206.53 |
| 14      | 691962.78 | 4499034.71 |
| 15      | 692714.31 | 4498892.64 |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|           |           |            |
|-----------|-----------|------------|
|           |           |            |
| <b>16</b> | 692849.97 | 4497789.32 |
| <b>17</b> | 692829.75 | 4497453.33 |
| <b>18</b> | 693041.80 | 4497278.51 |
| <b>19</b> | 693123.46 | 4496699.60 |
| <b>20</b> | 692743.56 | 4496755.17 |
| <b>21</b> | 691759.63 | 4495503.75 |
| <b>22</b> | 691752.76 | 4496484.40 |
| <b>23</b> | 689872.00 | 4496815.00 |
| <b>24</b> | 690427.00 | 4497819.00 |
| <b>25</b> | 690415.00 | 4497870.00 |

Tabla 2 Poligonal

### 5.3. Acceso al parque eólico

El acceso al parque eólico se realizará a través de la carretera A-228 entre el PK. 64 y PK.65. Partiendo de los caminos de acceso, se prolongarán para acceder hasta la ubicación de los aerogeneradores a través de la A-2403.

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: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El Parque Eólico estará constituido por 1 aerogenerador, de potencia 4.000 kW con una altura de torre de 111 m.

El modelo de aerogenerador seleccionado es el fabricado por la empresa ENERCON modelo E-138 EP3 E2, con un rotor de 138,25m y un área de barrido 15.011 m<sup>2</sup>.

El parque eólico objeto de este proyecto compartirá parte de las infraestructuras de evacuación y del camino de acceso con otras instalaciones próximas al parque eólico denominadas “San Antón”, “Virgen de los Dolores” y “Virgen de Fátima”.

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 la subestación.

Por ser la altura máxima del buje de 111 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 1 aerogenerador, cuya ubicación ha sido elegida según los vientos predominantes en la zona y la posterior evacuación de la energía generada por el mismo.

### 6.1. Aerogeneradores

El Parque Eólico estará constituido por 1 aerogenerador del modelo SG-170 de ENERCON, en su modo de operación de 4.000 kW con una altura de torre de 111 m y diámetro de rotor de 138,25 m. La potencia total del parque queda limitada a 4 MW.

#### 6.1.1. Coordenadas de los Aerogeneradores

El aerogenerador propuesto se ubica en el Término Municipal de Camarillas, 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 |
| <b>AEG-1</b>       | 691755.62 | 4498651.73 | 1.402      | 44055A50705327 | Camarillas        |

Tabla 3 Coordenadas aerogeneradores



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

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-138 EP3 E2 de ENERCON o similar.

Este aerogenerador de tres palas orientado a barlovento con diámetro de rotor de 138,25 m, 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 111 m de altura.

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

| Modelo                | ENERCON E-138 EP3 E2  |
|-----------------------|-----------------------|
| Potencia              | 4.0 MW                |
| Diámetro de rotor     | 138,25 m              |
| Altura de buje        | 111 m                 |
| Número de palas       | 3                     |
| Área de barrido       | 15.011 m <sup>2</sup> |
| Paso                  | Variable              |
| Tensión               | 30/0,69 kV            |
| Frecuencia de red     | 50-60 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



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

línea u otro fallo. 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.

El generador se refrigera por aire

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: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EP0  
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       | X                            | Y |
|---------------|----------------------------|----------------|------------------------------|---|
| <b>Camino</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50809005 | Paralelismo camino de acceso |   |
| <b>Camino</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50509001 | Paralelismo camino de acceso |   |
| <b>Camino</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50509000 | Paralelismo camino de acceso |   |
| <b>Camino</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50609004 | Paralelismo camino de acceso |   |
| <b>Camino</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50709001 | Paralelismo camino de acceso |   |

Tabla 5 Relación de organismos afectados



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 7. OBRA CIVIL PARQUE EÓLICO

### 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: 5,5 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 A-2403 por camino existente (Acceso)
- 1 vial de acceso al aerogenerador.

Para el diseño de los viales, se ha implantado una traza de 5,5 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.

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, el 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 sobre anchos 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 condiciones 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.

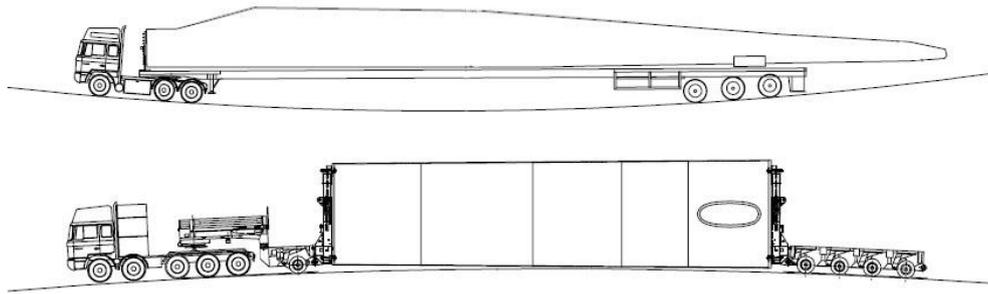
La longitud de la curva vertical, pero, viene restringida por las dimensiones máximas de los elementos que componen los aerogeneradores, por lo tanto, la restricción viene dada por la distancia entre la carga y el firme del camino. Es por eso que se necesitan unos enlaces verticales entre cambios de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



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**



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 2,75 m, no se contemplan la utilización de arcenes.

Debido a la naturaleza del terreno en el proyecto objeto de estudio no será necesario realizar desmontes ni terraplenes, por lo tanto, se describen a continuación como serían las acciones a realizar en caso de ser necesario en el momento de la obra.

##### **Desmante:**

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 "rippers" o martillos hidráulicos y en casos muy particulares explosivos.

##### **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.

##### **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.



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 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.

### Volumen total de movimiento de tierras de los caminos

- Para la ejecución de los viales de acceso al parque, desde el vial de entronque con la A-2403 por camino existente (Acceso) hasta el acceso a los aerogeneradores, se prevé los siguientes volúmenes de movimiento de tierras:
- Volumen de desmonte: **11.458,26 m<sup>3</sup>**
- Volumen de terraplén: **4.947,3 m<sup>3</sup>**
- Volumen neto: **6.510,96 m<sup>3</sup> (en desmonte)**

Para realizar los cálculos del volumen de los movimientos de tierra, se ha partido de la capa de las Curvas de Nivel del archivo de la Base Topográfica Nacional (BTN), obtenido del Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. Y se han calculado utilizando el software Civil 3D, de Autodesk. Se ha intentado en la mayor medida posible compensar el volumen de tierras de desmonte y de terraplén, para así sacarles el máximo partido.

Debido a que estos movimientos de tierra han sido calculados utilizando una base cartográfica básica, como se ha mencionado anteriormente, y por tanto, no está actualizada con los últimos datos de la zona en el estado actual, estos cálculos no serán definitivos, a espera del estudio topográfico exhaustivo que tendrá lugar cuando se vaya a ejecutar la construcción del parque eólico.

### 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.



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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 transmitidas por las ruedas para que no rebase la capacidad portante o de carga de la explanación la cual tendrá como mínimo 2.000 kg/m<sup>2</sup>.

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%).

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 = 2,75mts.

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:



Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- Desmante, 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.

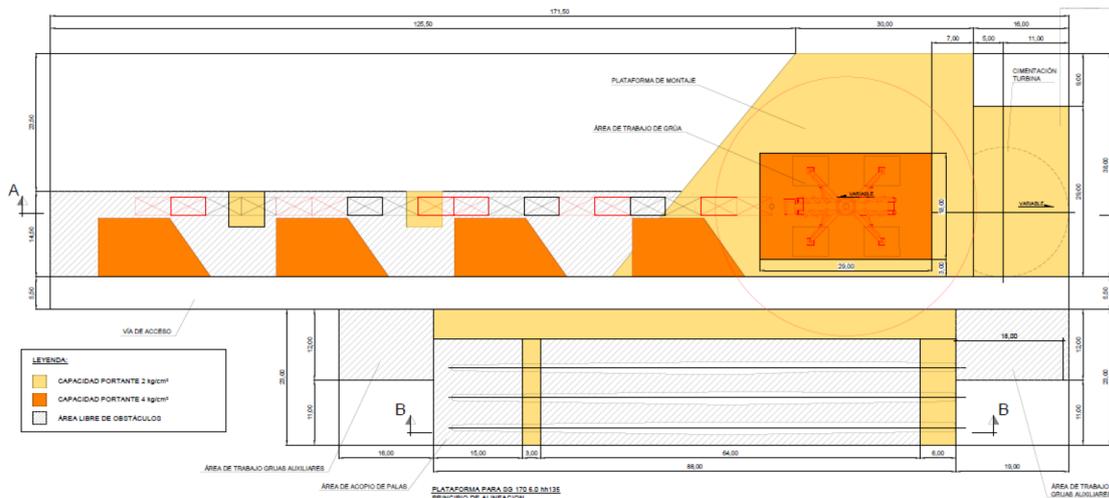
En general los caminos se adaptan a los criterios establecidos por el fabricante del aerogenerador ENERCON.

### 7.3. Plataformas.

Para el diseño de las plataformas se utilizará los criterios establecidos por el fabricante del aerogenerador ENERCON.

Junto a cada torre se proyecta la construcción de una plataforma horizontal de trabajo para el montaje de los aerogeneradores. En dicha plataforma se situarán las grúas que elevarán la estructura y los equipos de los aerogeneradores, áreas para el acopio de los componentes, así como para el montaje de los elementos de las grúas.

La plataforma de montaje de los aerogeneradores contará con una superficie “tipo” de 7.049 m<sup>2</sup>, según se muestra en la siguiente figura. Para ver las medidas con más detalle de dichas plataformas, visualizar el plano correspondiente de plataformas.



En el interior, un rectángulo de 29 m x 18 m será la zona de apoyo de la grúa principal y deberá garantizar que soporta una presión de 400 kN/m<sup>2</sup>. El resto de la plataforma no necesitará ser pavimentada, siendo suficiente una extensión y compactación de las tierras con taludes cuya estabilidad garantice el soporte de una grúa cuya presión de superficie del apoyo es de 200 kN/m<sup>2</sup>.

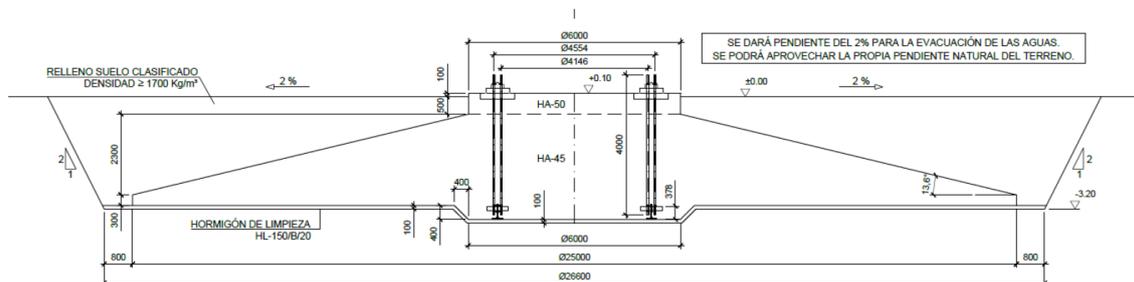
Se proyecta construir con materiales seleccionados de la excavación y deberá compactarse adecuadamente para asegurar la capacidad portante necesaria para la estabilidad de las grúas.

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

#### 7.4. Cimentaciones.

Se proyectan una cimentación (para la posición VD1) de hormigón armado, dimensionadas para resistir los esfuerzos de vuelco y deslizamiento que producen las fuerzas actuantes sobre las torres.

Resulta condicionante la acción de vuelco lo que implica que se proyecten muy esbeltas, de grandes dimensiones en planta y canto reducido. Sobre las cimentaciones se disponen unos pedestales que embeben el tramo de cimentación de la torre a los que se atornilla la base de las torres. Las cimentaciones se proyectan de hormigón HA-45 para la losa y HA-50 para el fuste o pedestal.



Los materiales necesarios para cada cimentación son:

- Hormigón losa HA-45: 646,91 m<sup>3</sup>.
- Hormigón pedestal HA-50: 16,96 m<sup>3</sup>.
- Total Hormigón: 663,87 m<sup>3</sup>.
- Ratio acero (aproximado): 132,5 kg/m<sup>3</sup>.
- Acero B-500-S (aproximado): 88.000 kg.

La superficie de la cimentación no ocupada por área de plataforma será recuperada ambientalmente, mediante el extendido de tierra vegetal y revegetación al final de la fase de construcción.

#### 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 servirá para la evacuación de la energía generada por el parque eólico y el cable de tierra de acompañamiento.

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 bajo tubo de PE-AD de 160 mm y posterior hormigonado.

Los conductores se alojarán en zanjas de 1 m de profundidad mínima y una anchura mínima de 0,90 m para permitir las operaciones de apertura y tendido. Esto se hará de este modo ya que se compartirá con la línea de evacuación del parque eólico San Antón.

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 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 realizarán 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 <sup>2</sup> ) |
|--|----------------|------|------------------------------|
| <b>Ocupación aerogenerador (cimentación)</b> |                |      | 490,87                       |
| <b>Ocupación plataformas</b>                 |                |      | 7.049                        |
| <b>Ocupación caminos</b>                     | Existentes     | 77 % | 33.094,6                     |
|  | Nuevos         | 23 % | 9.885,4                      |
|  | Total, caminos |      | 42.980,85                    |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|                          |                |      |                     |
|--------------------------|----------------|------|---------------------|
| <b>Ocupación Total</b>   |                |      | 56.454,85           |
|                          |                |      | <b>Longitud (m)</b> |
| <b>Longitud caminos</b>  | Existentes     | 77 % | 3.918,74            |
|                          | Nuevos         | 23 % | 1.124,11            |
|                          | Total, caminos |      | 5.042,85            |
| <b>Longitud Zanja MT</b> |                |      | 2.756               |

Tabla 6 Resumen obra civil parque eólico

### 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
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 0,69/1 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. Asimismo, las derivaciones a elementos concretos se podrán realizar bajo tubo protector IP-7.

#### 8.1.1. Instalación Principal

El principal equipo existente es la turbina. Es una máquina de paso variable, con una potencia de 4.000 kW de salida.

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 evacuar la energía generada por el aerogenerador es necesario elevar la tensión en el transporte para sufrir las menores pérdidas posibles tanto en cuanto a caída de tensión como pérdida de potencia, para ello, se eleva la tensión a la que evacuar la potencia generada por los aerogeneradores a 30kV, en aras de conseguir las menores pérdidas posibles, así como disminuir la cuantía económica de la inversión de la instalación eléctrica.

El circuito diseñado para este parque es el siguiente:

- Circuito nº1: Aerogeneradores AEG-01 a Centro de Seccionamiento “San Antón”

Este circuito 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.

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 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 95mm<sup>2</sup>, 120mm<sup>2</sup>, 150mm<sup>2</sup>, 180mm<sup>2</sup>, 240mm<sup>2</sup>, 300mm<sup>2</sup>, 400mm<sup>2</sup>, 500mm<sup>2</sup>, 630mm<sup>2</sup> y 800mm<sup>2</sup>, de modo que se mantengan los criterios de caídas de tensión y pérdidas de potencia. Ningún circuito contará con una pérdida de potencia superior al 1,6%. 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 autoextinguibles:

| Servicio              | Interior                    |
|-----------------------|-----------------------------|
| Tipo de transformador | Trifásico, seco encapsulado |
| Relación              | 0,690/30 ± 7,5 % kV         |
| Conexión              | Triangulo-estrella          |
| Potencia nominal      | 4.000 kVA (ONAN)            |
| Frecuencia            | 50 Hz                       |
| Grupo de conexión     | Dyn 11                      |
| Nivel de aislamiento  |                             |
| Frecuencia industrial | 70 kV                       |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Impulso tipo rayo                  | 170 kV |
| <b>Intensidad de cortocircuito</b> |        |
| Nominal de corta duración (1s)     | 36 kV  |
| Nominal de valor de cresta (1s)    | 55 kA  |

Tabla 7 Características Transformador BT/MT

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 mm<sup>2</sup> 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, 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.

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.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- Características generales

Las características asignadas a esta Celda modular son las siguientes:

| 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)  | 25 kA                              |
| Nominal valor de cresta      | 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 semiconductor 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 |
|--|---------------|
| <b>(2) Tipo 0L + 1P (1 protección y 1 remonte)</b> | <b>1</b>      |

Tabla 9 Resumen celdas de protección de los aerogeneradores



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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:

- 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:

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

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

La puesta a tierra del aerogenerador estará formada por un anillo de 5m de diámetro de cable de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup> 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 mm<sup>2</sup> 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.

**Madrid**  
**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 8.3. Línea evacuación de Media Tensión

La línea de media tensión comenzará en la línea de salida de la celda del aerogenerador del Parque Eólico para evacuar la energía hasta el centro de seccionamiento “San Antón”. En este trazado, la zanja donde se situará la línea de evacuación discurrirá desde la cimentación hasta el propio centro de seccionamiento San Antón.

Esta red contará con un cable RH5Z1 18/30 KV 1x(3x95 mm<sup>2</sup>) AL con aislamiento XLPE 18/30 kV.

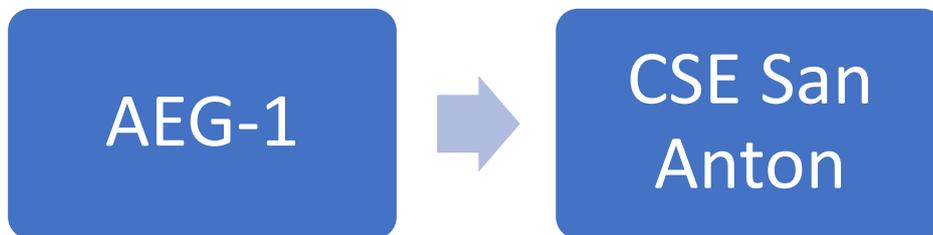
El cable mencionado discurrirá a lo largo de una zanja subterránea directamente enterrada. Esta zanja contará con una profundidad mínima de 0,8 metros y un ancho de 0,6 metros. A partir de que la zanja sea compartida con la línea que proviene de los parques eólicos mencionados tendrá un ancho mínimo de 0,9 m.

En el capítulo de planimetría quedarán reflejadas las generalidades de la evacuación para una mejor comprensión de esta.

#### 8.3.1. Zanja de media tensión

##### 8.3.1.1. Esquema de conexión del parque eólico

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 (km) | Nº Cables | Tipo Cables | Sección Cables | Al 95 mm <sup>2</sup> | Al 150 mm <sup>2</sup> |
|-------------------------------|---------------|-----------|-------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| <b>AEG_01 – CSE San Anton</b> | 2,768         | 1         | AL          | 95             | 2,768                 |                        |

Tabla 10 Red MT parque eólico

Como se ha mencionado al principio del documento, el trato de la evacuación desde el centro de seccionamiento San Antón hasta la subestación reductora se realiza de forma meramente informativa, siendo esta desarrollada a parte con un expediente y una documentación independiente.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 9. SISTEMA DE EVACUACIÓN

### 9.1. Descripción general

La instalación de evacuación de energía eléctrica desde el Parque Eólico “Virgen del Campo” consta de una línea de evacuación formada por un único tramo subterráneo y tiene una longitud de 2.768 m.

|              | TIPO        | LONGITUD (m) | CONFIGURACIÓN                          |
|--------------|-------------|--------------|--|
| <b>TOTAL</b> | Subterráneo | 2.768        | RH5Z1 18/30KV 1x(3x95mm <sup>2</sup> ) |

Tabla 11 Resumen características básicas línea de evacuación

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.

### 9.2. Emplazamiento

El trazado de la línea de alta tensión proyectada transcurre por el término municipal de Camarillas, ubicado en la provincia de Teruel

| PROVINCIA     | TERMINO MUNICIPAL | CONFIGURACIÓN | LONGITUD (m) |
|---------------|-------------------|---------------|--------------|
| <b>TERUEL</b> | CAMARILLAS        | SUBTERRÁNEA   | 2.768 m      |

### 9.3. Afecciones organismos

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

| NOMBRE        | ORGANISMO                  | REF. CAT       | X           | Y |
|---------------|----------------------------|----------------|-------------|---|
| <b>CAMINO</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50809005 | PARALELISMO |   |
| <b>CAMINO</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50509000 | PARALELISMO |   |
| <b>CAMINO</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50609004 | PARALELISMO |   |
| <b>CAMINO</b> | Ayuntamiento de Camarillas | 44055A50709001 | PARALELISMO |   |

Tabla 12 Organismos afectados en el trazado de la línea subterránea



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 10. LÍNEA SUBTERRÁNEA 30 KV

El tramo subterráneo de la línea de evacuación comienza en el aerogenerador AEG-1 y finaliza en el centro de seccionamiento San Antón. Este tramo tiene por objetivo la minimización del impacto ambiental que ésta produciría en caso de ser aérea.

La línea subterránea de evacuación de 30 kV cuenta con un conductor de sección 95 mm<sup>2</sup>. El conductor empleado será del tipo RH5Z1 de aluminio con aislamiento XLPE y tensión asignada 18/30 kV.

La zanja de distribución por donde circulará dicha línea de evacuación tendrá una profundidad mínima de 1 metros y una anchura de 0,90 metros ya que comparte zanja con la línea de evacuación del Parque Eólico Virgen de los Dolores.

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).

Existirá una canalización subterránea en un cada cruce con los caminos y otra en la carretera.

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.

### 10.1. 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.

**ZANJA TIPO A1**  
CIRCUITO M.T. 1 Y 2

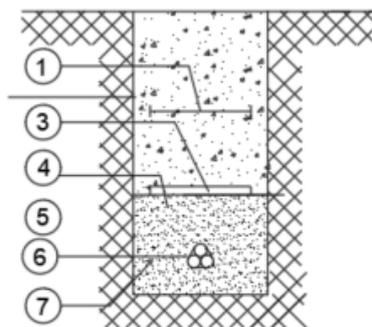


Ilustración 2 Tipo de zanja

- 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 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada 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 esférico, 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 esférico tipo 500-7 según la Norma ISO 1083.

Las arquetas serán del tipo A-2, salvo en el primer tramo que serán 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 cada uno de los cables irá por el interior de los tubos anteriormente descritos, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de hormigón.

La anchura de la zanja será de 0,9 m.

## 10.2. Esquema de conexión

### 10.2.1. 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,



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543  
**VISADO**

formando un circuito cerrado y ligado electro-magnéticamente con el circuito formado por los conductores.

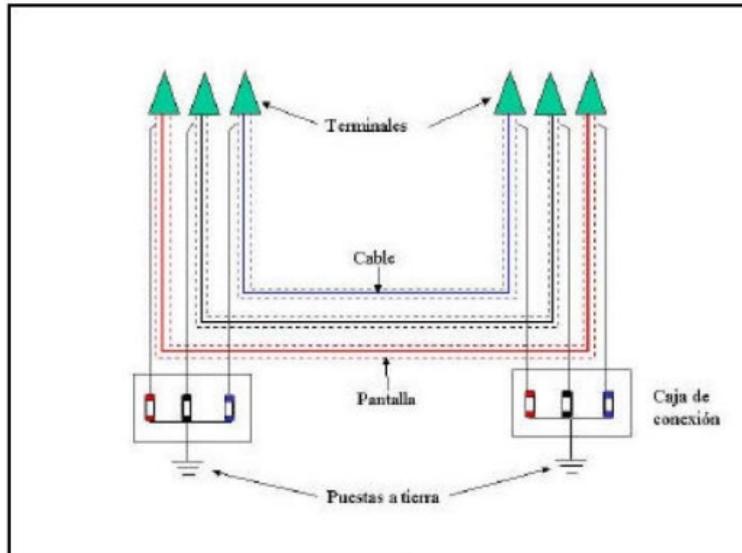


Ilustración 3 Pantallas conectadas rígidamente a tierra

### 10.2.2. 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 mm<sup>2</sup> para circuitos de 18/30 KV.
- Terminales, que serán de exterior termorretráctiles para conexión en el apoyo de paso aéreo-subterráneo.
- Autoválvulas-pararrayos de óxido de zinc.

### 10.3. Descripción de los materiales

#### 10.3.1. 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:

- Conductor: conductor de aluminio clase 2 de 95 mm<sup>2</sup> de sección. El conductor será de sección circular compacta con obturación longitudinal y de acuerdo con una 21022.
- Semiconductor interior: Estará constituida por una capa de mezcla semiconductor 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 RH5Z1, temperatura de servicio 90°C y

temperatura de cortocircuito (duración 5s) de 250 °C.

- 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 metálica: 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.

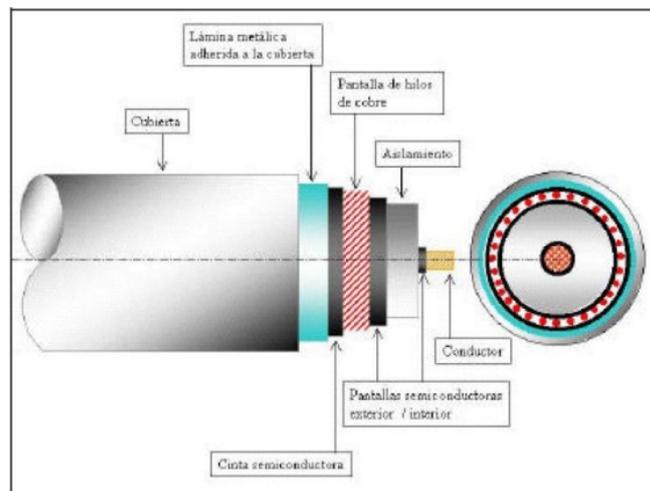


Ilustración 4 Composición conductor

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     |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

|  |     |    |
|--|-----|----|
| Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal              | 90  | °C |
| Temperatura nominal máxima del conductor en condiciones de cortocircuito | 250 | °C |

Tabla 13 Características nominal conductor línea subterránea

Composición.

| CARACTERÍSTICAS          | VALOR       | UNIDAD          |
|--------------------------|-------------|-----------------|
| Sección del conductor    | 95          | mm <sup>2</sup> |
| Material del conductor   | Aluminio    |                 |
| Material del aislamiento | XLPE        |                 |
| Tipo de pantalla         | Hilos CU    |                 |
| Material de la pantalla  | Cobre       |                 |
| Sección pantalla         | 25          | mm <sup>2</sup> |
| Material de cubierta     | Poliolefina |                 |

Tabla 14 Composición conductor línea subterránea

Dimensiones.

| CARACTERÍSTICAS            | VALOR | UNIDAD |
|----------------------------|-------|--------|
| Diámetro sobre aislamiento | 25,7  | mm     |
| Diámetro exterior nominal  | 34,4  | mm     |
| Peso aproximado del cable  | 1.500 | Kg/km  |

Tabla 15 Dimensiones conductor línea subterránea

Características eléctricas del cable.

| CARACTERÍSTICAS                          | VALOR | UNIDAD |
|--|-------|--------|
| Resistencia del conductor en c.c. a 20°C | 0,41  | Ω/km   |
| Reactancia inductiva                     | 0,132 | Ω/km   |
| Intensidad máxima admisible enterrado    | 205   | A      |

Tabla 16 Características eléctricas conductor línea subterránea

**10.3.2. 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.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 10.3.3. 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.

### 10.3.4. 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 semiconductor 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.

### 10.3.5. 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.

**10.3.6. Auto válvulas – Pararrayos**

En el paso 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

| Tensión nominal de la red U <sub>n</sub> , kV | Tensión más elevada de la red U <sub>r</sub> , kV | Categoría de la red | Características mínimas del cable y accesorios       |                     |
|---|---|---------------------|--|---------------------|
|   |   |                     | U <sub>1</sub> /U <sub>2</sub> , U <sub>3</sub> , kV | U <sub>p</sub> , kV |
| 3   | 3,6   | A-B                 | 1,8/3  | 45                  |
|   |   | C                   |  |                     |
| 6   | 7,2   | A-B                 | 3,6/6  | 60                  |
|   |   | C                   |  |                     |
| 10  | 12  | A-B                 | 6/10   | 75                  |
|   |   | C                   |  |                     |
| 15  | 17,5  | A-B                 | 8,7/15   | 95                  |
|   |   | C                   |  |                     |
| 20  | 24  | A-B                 | 12/20  | 125                 |
|   |   | C                   |  |                     |
| 25  | 30  | A-B                 | 15/25  | 145                 |
|   |   | C                   |  |                     |
| 30  | 36  | A-B                 | 18/30  | 170                 |
|   |   | C                   |  |                     |
| 45  | 52  | A-B                 | 26/45  | 250                 |
| 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)                 |

**10.3.7. Tubo de polietileno**

Las características técnicas del tubo de polietileno son:



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**VISADO**

- Tipo de material: PE (Polietileno).
- Tipo de construcción: Doble pared (Interior lisa, exterior corrugado) rígido.
- Diámetro interior: 135 mm mínimo.
- Diámetro exterior: 160 mm.
- Resistencia a la compresión: mayor de 450 N.
- Resistencia al impacto: Tipo N (uso normal).
- Color: Rojo.
- Marcas en el tubo: Indeleble. Indicando nombre o marca del fabricante designación, año de fabricación, lote y Norma UNE EN 50086-2-4.
- Resto de características: Según Norma GE CNL002.

#### 10.4. 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.

#### 10.5. Canalizaciones

Cableado en zanja bajo tubo y posteriormente en bandeja o bajo bridas desde las estaciones de potencia hasta los actuadores situados en los seguidores.

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 o tubos, y posterior compactación del material en la zanja. Los tubos serán sellados con espuma de poliuretano para evitar la entrada de roedores que puedan destruir el aislamiento de los conductores. Dicha espuma se cubrirá con pintura para evitar su deterioro a intemperie.

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.

#### 10.6. 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 del camino. Las arquetas utilizadas para el cruce con camino serán registrables.



Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

#### 10.7. Perforaciones subterráneas

Se utilizará 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.



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

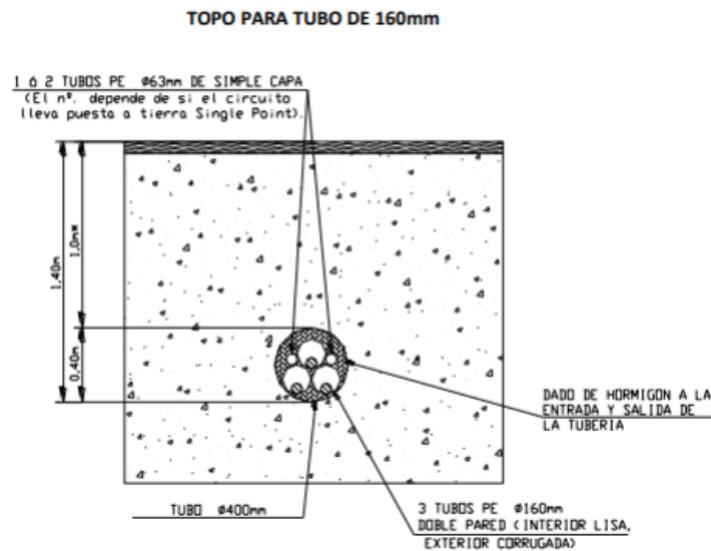


Ilustración 5 Topo

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.

**11. 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.

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 módulo 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: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

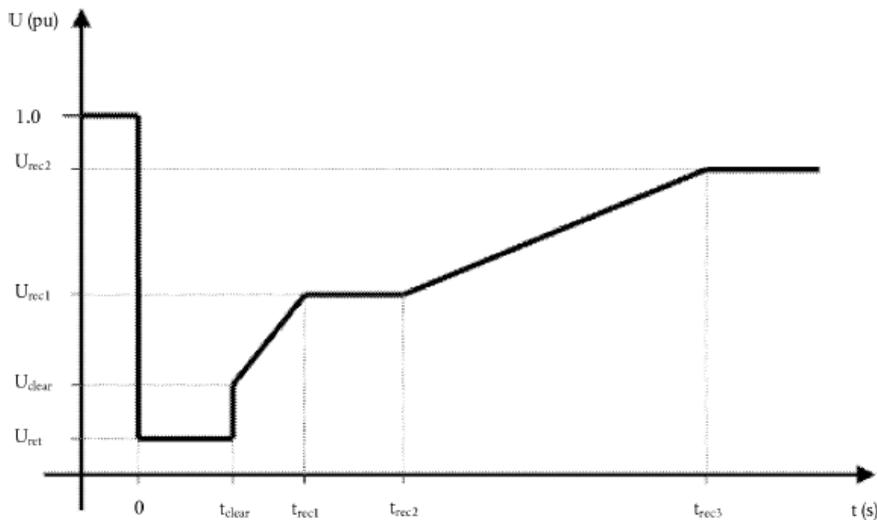
- El módulo de generación de electricidad deberá ser capaz de activar el suministro de reservas de regulación potencia-frecuencia.
- El rango de frecuencias deberá estar entre 50,2 Hz y 50,5 Hz
- El ajuste de estatismo deberá estar entre el 2 y el 12 %
- El parque eólico deberá ser capaz de activar la 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 la conformidad con los requisitos correspondientes.

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.

|   |  |
|---|--|
| <br><b>Madrid</b>          | <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0 | <b>VISADO</b>  |
| SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543   |  |

## 12. CRONOGRAMA

En el presente cronograma se expresa la duración estimada de la construcción del parque eólico. Como la instalación de este no sería completa sin la línea de evacuación hemos considerado oportuno incluir también el tiempo probable de construcción de ésta previo al final de obra completo.

|   |  |
|---|--|
|    | <b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b>  |

| ID | Task | Nombre de tarea                            | Duration | Q-1 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 |
|----|------|--|----------|-----|----|----|----|----|----|
| 1  |      | <b>PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO</b>      | 228 days |     |    |    |    |    |    |
| 2  |      | <b>INSTALACION PARQUE EOLICO</b>           | 208 days |     |    |    |    |    |    |
| 3  |      | <i>EJECUCIÓN VIALES P.E.</i>               | 68 days  |     |    |    |    |    |    |
| 4  |      | Replanteo caminos                          | 8 days   |     |    |    |    |    |    |
| 5  |      | Movimiento de tierras                      | 21 days  |     |    |    |    |    |    |
| 6  |      | Firmes y pavimentos                        | 21 days  |     |    |    |    |    |    |
| 7  |      | Red de agua                                | 12 days  |     |    |    |    |    |    |
| 8  |      | Señalización                               | 6 days   |     |    |    |    |    |    |
| 9  |      | <i>OBRA CIVIL P.E.</i>                     | 92 days  |     |    |    |    |    |    |
| 10 |      | Movimiento de tierras                      | 20 days  |     |    |    |    |    |    |
| 11 |      | Desbroce de caminos, zona plataformas,     | 20 days  |     |    |    |    |    |    |
| 12 |      | Arreglo caminos, zona plataformas, ...     | 20 days  |     |    |    |    |    |    |
| 13 |      | Zahorra artificial                         | 9 days   |     |    |    |    |    |    |
| 14 |      | <i>SUMINISTRO DE VIROLAS</i>               | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 15 |      | Aero 1                                     | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 16 |      | <i>APERTURA DE CIMENTACIONES</i>           | 8 days   |     |    |    |    |    |    |
| 17 |      | Aeros 1                                    | 8 days   |     |    |    |    |    |    |
| 18 |      | <i>FERRALLADO</i>                          | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 19 |      | Aero 1                                     | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 20 |      | <i>HORMIGONADO</i>                         | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 21 |      | Aeros 1                                    | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 22 |      | <i>MONTAJE DE AEROGENERADORES</i>          | 15 days  |     |    |    |    |    |    |
| 23 |      | Acopio equipamiento electromecánico Aero 1 | 8 days   |     |    |    |    |    |    |
| 24 |      | Montaje electromecánico Aero 1             | 7 days   |     |    |    |    |    |    |
| 25 |      | <i>CANALIZACIONES MT 30 kV P.E.</i>        | 33 days  |     |    |    |    |    |    |
| 26 |      | Excavaciones                               | 14 days  |     |    |    |    |    |    |
| 27 |      | Tendido cable                              | 6 days   |     |    |    |    |    |    |
| 28 |      | Relleno zanjas                             | 4 days   |     |    |    |    |    |    |
| 29 |      | Limpieza obra                              | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 30 |      | Pruebas y puesta en tensión                | 4 days   |     |    |    |    |    |    |
| 31 |      | <b>FINAL DE OBRA</b>                       | 20 days  |     |    |    |    |    |    |
| 32 |      | CONTROL DE CALIDAD                         | 10 days  |     |    |    |    |    |    |
| 33 |      | PRUEBAS Y ENSAYOS DE PLANTA                | 5 days   |     |    |    |    |    |    |
| 34 |      | SEGURIDAD Y SALUD                          | 5 days   |     |    |    |    |    |    |

Proyecto: P. E. VIRGEN DE FÁTIMA  
Fecha: Wed 20/12/23

|                      |  |                  |  |                           |  |                 |  |
|----------------------|--|------------------|--|---------------------------|--|-----------------|--|
| Tarea                |  | Tareas externas  |  | Tarea manual              |  | Sólo fin        |  |
| División             |  | Hito externo     |  | Sólo duración             |  | Fecha límite    |  |
| Hito                 |  | Tarea inactiva   |  | Informe de resumen manual |  | Progreso        |  |
| Resumen              |  | Hito inactivo    |  | Resumen manual            |  | Progreso manual |  |
| Resumen del proyecto |  | Resumen inactivo |  | Sólo el comienzo          |  |                 |  |

## CAPÍTULO 2. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

1. RESUMEN PRESUPUESTO

| Parque Eolico Virgen del Campo 4 MW                    |                                       |          |            |              | €              |
|--|---------------------------------------|----------|------------|--------------|----------------|
| 1  | Parque Eólico                         | Unidad   | Mediciones | €            | 2.980.122,80 € |
| 1.1  | <u>Maquinaria y equipos</u>           |          |            |              | 2.592.000,00 € |
| 1.1.1  | Aerogenerador 4 MW                    | Unidades | 1,00       | 2.592.000,00 | 2.592.000,00 € |
| 1.2  | <u>Obra civil</u>                     |          |            |              | 275.142,80     |
| 1.2.1  | Montaje de aerogenerador              | Unidades | 1,00       | 44.500,00    | 44.500,00      |
| 1.2.2  | Plataformas (50mx50m):                | Unidades | 1,00       | 40.000,00    | 40.000,00 €    |
|  | - Desmonte y terraplenado de terrenos |          |            |              |                |
|  | - Uso de zavorras                     |          |            |              |                |
| 1.2.3  | Cimentaciones de Aerogenerador:       | Unidades | 1,00       | 9.000,00     | 9.000,00 €     |
|  | - Diámetros de 22 m                   |          |            |              |                |
| 1.2.4  | Adecuación de viales                  | m2       | 14.326,95  | 4,00         | 57.307,80 €    |
|  | - Desbroce y aplanación               |          |            |              |                |
|  | - Uso de zavorras                     |          |            |              |                |
| 1.2.5  | Zanjas                                | km       | 2,76       | 45.000,00    | 124.335,00 €   |
|  | - Movimiento de Tierra                |          |            |              |                |
|  | - Arquetas registrables               |          |            |              |                |
| 1.3  | <u>Instalación eléctrica</u>          |          |            |              | 112.980,00 €   |
| 1.3.1  | Sistema colector                      | km       | 2,8        | 34.000,00    | 93.840,00 €    |
|  | - Conductor 95 mm2                    |          |            |              |                |
| 1.3.2  | Sistema de comunicación               | km       | 2,8        | 1.500,00     | 4.140,00 €     |
|  | - Fibra óptica                        |          |            |              |                |
| 1.3.3  | Sistema de tierras                    | unidades | 1,00       | 15.000,00    | 15.000,00 €    |
| TOTAL  |                                       |          |            |              | 2.980.122,80   |
| ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD                           |                                       |          |            |              | 21.532 €       |
| TOTAL, MAQUINARIA Y EQUIPOS                            |                                       |          |            |              | 2.592.000,00 € |
| TOTAL, OBRA CIVIL                                      |                                       |          |            |              | 275.142,80 €   |
| TOTAL, INSTALACIÓN ELÉCTRICA                           |                                       |          |            |              | 112.980,00 €   |
| TOTAL, PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL PARQUE EÓLICO |                                       |          |            |              | 2.980.122,80 € |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validarse el documento PY13030215  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026443  
 VISADO

## CAPÍTULO 3. ANEXOS

**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## ANEXO I RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS (RBDA)

  
**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

A continuación, se presenta la relación actualizada de todos los datos de las parcelas afectadas, por un lado, por el parque eólico y, por otro, por su sistema de evacuación.

| RBDA PARQUE EÓLICO y RSMT |           |                   |          |         |                |
|---------------------------|-----------|-------------------|----------|---------|----------------|
| Nº                        | PROVINCIA | TERMINO MUNICIPAL | POLÍGONO | PARCELA | REF. CATASTRAL |
| 1                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 516      | 9003    | 44055A51609003 |
| 2                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 508      | 6       | 44055A50800006 |
| 3                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 508      | 5337    | 44055A50805337 |
| 4                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 508      | 9005    | 44055A50809005 |
| 5                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 9006    | 44055A50809006 |
| 6                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 9003    | 44055A50509003 |
| 7                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 27      | 44055A50500027 |
| 8                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 5196    | 44055A50505196 |
| 9                         | TERUEL    | CAMARILLAS        | 508      | 5195    | 44055A50805195 |
| 10                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 30      | 44055A50500030 |
| 11                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 20029   | 44055A50520029 |
| 12                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 10029   | 44055A50510029 |
| 13                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 9001    | 44055A50509001 |
| 14                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 5275    | 44055A50505275 |
| 15                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 9001    | 44055A50509001 |
| 16                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 30      | 44055A50500030 |
| 17                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 20029   | 44055A50520029 |
| 18                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 5270    | 44055A50505270 |
| 19                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 5274    | 44055A50505274 |
| 20                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 31      | 44055A50500031 |
| 21                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 5275    | 44055A50505275 |
| 22                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 35      | 44055A50500035 |
| 23                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 505      | 9002    | 44055A50509002 |
| 24                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 9       | 44055A50600009 |
| 25                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 9001    | 44055A50609001 |
| 26                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 14      | 44055A50600014 |
| 27                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 5035    | 44055A50605035 |
| 28                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 5311    | 44055A50605311 |
| 29                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 9003    | 44055A50609003 |
| 30                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 5330    | 44055A50605330 |
| 31                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 9004    | 44055A50609004 |
| 32                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 9005    | 44055A50609005 |
| 33                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 506      | 5307    | 44055A50605307 |
| 34                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 507      | 5332    | 44055A50705332 |
| 35                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 507      | 1       | 44055A50700001 |
| 36                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 507      | 9001    | 44055A50709001 |
| 37                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 507      | 5328    | 44055A50705328 |
| 38                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 507      | 5325    | 44055A50705325 |
| 39                        | TERUEL    | CAMARILLAS        | 507      | 9003    | 44055A50709003 |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|    |        |            |     |      |                |
|----|--------|------------|-----|------|----------------|
| 40 | TERUEL | CAMARILLAS | 507 | 5329 | 44055A50705329 |
| 41 | TERUEL | CAMARILLAS | 507 | 5332 | 44055A50705330 |
| 42 | TERUEL | CAMARILLAS | 507 | 6    | 44055A50700006 |
| 43 | TERUEL | CAMARILLAS | 507 | 5327 | 44055A50705327 |

Tabla 17 RBDA



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## ANEXO II CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARQUE EÓLICO

El aerogenerador del Parque Eólico cuenta con 1 circuito subterráneo de media tensión que servirá como evacuación. Esta red subterránea será en régimen permanente, con corriente alterna trifásica, a 50 Hz de frecuencia y a la tensión nominal de 30 kV.

### 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:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

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) |
|---------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|
| 4.000         | 690            | 30              | 3.523            | 81,3             |

Intensidad del aerogenerador (MT 30 kV):

### 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 (RI<sup>2</sup>):
  - En línea de M.T., interconexión Generador – “trafo” <1%.
  - En líneas 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 las características necesarias para cumplir con el reglamento.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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 (S) 18/30 KV de 95 mm<sup>2</sup> 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 para el cable RH5Z1 (S) 18/30 KV de sección 95 mm<sup>2</sup> en Al enterrado y a 40°C según ITC LAT 06 Tabla 13:

$$I_{max} = 205 A$$

Por otro lado, los factores de corrección considerados son:

$$F_{Temperatura} = 0,96$$

$$F_{Resistividad} = 1$$

$$F_{Profundidad} = 1$$

Resultando en una intensidad máxima admisible para el conductor RH5Z1 (S) 18/30 kV de 95 mm<sup>2</sup> es:

$$I_{admisible} = 196,8 A$$

Muy superior a los 81,3 A, calculados, que corresponden a 4.000 kW para una tensión de 30.000 V.

1.2.3.2. Caída de tensión

La caída de tensión se calculará según la fórmula:

$$u\% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100}{U \cdot 1000}$$

Puesto que las distancias son mínimas se obtendrá una caída de tensión prácticamente despreciable.

1.2.3.3. Pérdidas por efecto Joule.

Las perdidas por el efecto Joule se calculan a través de la siguiente formula:

$$P = R * I^2 * t$$

Donde:

P = Perdidas de potencia por efecto Joule

I = Intensidad que circula por el cable

t = Tiempo



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
**A9EFO**  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**  
**VISADO**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

### 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:  $U = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17,34 \text{ kV}$

La red según CEI (publicación 183) es de 1ª categoría, porque la duración de un defecto entre fase-tierra, 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:

$$U_0/U = 18/30 \text{ KV}$$

#### 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:

- 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)

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 Media (30KV) y Baja Tensión (690V), 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 50mm<sup>2</sup> 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.

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:

- 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.

**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 2. CÁLCULOS LÍNEA SUBTERRÁNEA

Se indican los cálculos de la 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  $\theta$  de funcionamiento de la línea. El incremento de resistencia en función de la temperatura viene determinado por la expresión:

$$R = R_{90^{\circ}C} * (1 + \alpha * (\theta - 20^{\circ}C))$$

Siendo:

$\alpha = 0,00403$  para el aluminio.

$\theta$  = Temperatura máxima del conductor, se adopta el valor correspondiente a  $90^{\circ} C$ .

Para los conductores normalizados en el presente proyecto las resistencias serán:

| Sección                | Resistencia a $90^{\circ}C$<br>( $\Omega/Km$ ) |
|------------------------|--|
| Al 95 mm <sup>2</sup>  | 0,41   |
| Al 150 mm <sup>2</sup> | 0,264  |
| Al 240 mm <sup>2</sup> | 0,16   |
| Al 400 mm <sup>2</sup> | 0,0997   |
| Al 630 mm <sup>2</sup> | 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 $20^{\circ}C$<br>( $\Omega/Km$ ) <sup>2</sup> |
|-----------------------|--|
| Al 95 mm <sup>2</sup> | 0,132  |



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

|                        |       |
|------------------------|-------|
| Al 150 mm <sup>2</sup> | 0,123 |
| Al 240 mm <sup>2</sup> | 0,117 |
| Al 400 mm <sup>2</sup> | 0,106 |
| Al 630 mm <sup>2</sup> | 0,092 |

## 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 $\theta_{cc}$ | Cortocircuito $\theta_{cc}$ (t $\leq$ 5s) |
|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| Polietileno reticulado XLPE | 90 °C                             | 250°C                                     |

### 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:

Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con XLPE (Voltalene) sin armadura.

| Sección nominal mm <sup>2</sup> | Tensión nominal                            |     |     |     |     |     |
|---------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                 | (Temperatura máxima en el conductor 90 °C) |     |     |     |     |     |
|                                 | 1,8/3 kV a 18/30 kV                        |     |     |     |     |     |
|                                 | (1)  | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| <b>Conductores de Cu</b>        |  |     |     |     |     |     |
| 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 | -   | -   |
| <b>Conductores de Al</b>        |  |     |     |     |     |     |
| 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 25°C y resistividad del terreno de 1 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(3x95mm<sup>2</sup>) k Al**

Según la tabla anterior, un conductor de aluminio de 95 mm<sup>2</sup> directamente enterrado de sección le corresponde una intensidad máxima admisible  $I_{máxadm} = 205$  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.

Temperatura del terreno (Fct)

Para una Temperatura de servicio Permanente de 90° y una temperatura del terreno de 30° el factor de corrección referente a la temperatura del terreno 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 $\theta_s$ | Temperatura del terreno, $\theta_v$ , 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 (Fct)

Se aplicarán los coeficientes de la tabla 08 ITC-LAT 06.



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

| Tipo de instalación                    | Sección del conductor mm <sup>2</sup> | 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 Teruel, es de 1,5 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**.

Corrección por distancias entre ternos o cables tripolares (Fdis)

Se aplicarán los coeficientes de la tabla 10 ITC-LAT 6.

| Tipo de instalación            | Separación de los ternos | Factor de corrección         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                |                          | 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 discurre la terna del Parque Eólico Virgen del Campo junto con la línea de evacuación del Parque Eólico Virgen de los Dolores el factor de corrección es de **0,86**.

Profundidades de instalación (Fcp)

Se aplicarán los coeficientes de la tabla 11 ITC-LAT 6.

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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 mm <sup>2</sup>         | >185 mm <sup>2</sup> | ≤185 mm <sup>2</sup>        | >185 mm <sup>2</sup> |
| 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:

**I<sub>adm</sub>** = 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,

**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:

$$I_{máxadm} = 205 * 0,96 * 1,00 * 0,86 * 1,00 = 169,25 A$$

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 17.3.3 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. Con carácter general, se fija el valor de la intensidad asignada de corta duración (1 s) en 16 kA para la red de Media Tensión.

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:


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

$$I_{cc3} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Dónde:

I<sub>cc3</sub> = Intensidad de cortocircuito trifásica, en kA.

S<sub>cc</sub> = Potencia de cortocircuito de la red, en MVA.

U = Tensión de línea, en kV,

#### 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 °C, la temperatura final deberá ser inferior a 250 °C, 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.
- I<sub>AD</sub>: es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática.
- ε: es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes. 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<sub>AD</sub> 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/mm<sup>2</sup>.

o Para el cobre se utilizará un valor de 226 As-1/2/mm<sup>2</sup>.

- 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.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

-  $\theta_f$ : es la temperatura final (°C). En el conductor se utilizarán 250 °C y en la pantalla se utilizarán 210°C.

-  $\theta_i$ : es la temperatura inicial (°C). En el conductor se utilizarán 90 °C y en la pantalla se utilizarán 80°C.

-  $\beta$ : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a °C (K);

o Para el aluminio se utilizará un valor de 228 °C (K).

o Para el cobre se utilizará un valor de 234,5 °C (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 mm<sup>2</sup> Al RH5Z1 18/30 kV, la pantalla metálica tendrá una sección de 25 mm<sup>2</sup> y está compuesta por hilos de cobre.

**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 el parque eólico, siendo la siguiente:

$$I_{máxcabecera} = \frac{4 * 10^6}{\sqrt{3} * 30 * 10^3 * 0,96} = 81,03 A$$

Siendo:

$I_{máxcabecera}$  = Intensidad máxima dada en cabecera de subestación, en A.



**1.1. Potencia a transportar.**

En el presente proyecto la potencia máxima a transportar será la potencia generada por el parque eólico denominado “Virgen del Campo” que será de 4 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 $\phi$ | $P_{adm}$ (MW) | $P_{tot}$ real (MW) | Condición |
|--------------|--------------|------------|----------------|---------------------|-----------|
|--------------|--------------|------------|----------------|---------------------|-----------|


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

|    |     |      |      |  |   |        |
|----|-----|------|------|--|---|--------|
| 30 | 205 | 0,95 | 8,35 |  | 4 | CUMPLE |
|----|-----|------|------|--|---|--------|

### 1.2. 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 90°C, 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

| Sección                | Reactancia a 90°C<br>(Ω/Km) <sup>2</sup> | Imax (enterrado) |
|------------------------|--|------------------|
| Al 95 mm <sup>2</sup>  | 0,132                                    | 205              |
| Al 150 mm <sup>2</sup> | 0,123                                    | 260              |
| Al 240 mm <sup>2</sup> | 0,117                                    | 345              |
| Al 400 mm <sup>2</sup> | 0,106                                    | 445              |
| Al 630 mm <sup>2</sup> | 0,092                                    | 575              |

Considerando un factor de potencia de 0,95 obtenemos una caída de tensión:

$$\Delta U = 167,33 V$$

Donde la caída de tensión porcentual es de:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U (V)}{U(V)} = \frac{167,33 V}{30.000 V} * 100 = 0,56 \%$$

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.



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

### 1.3. 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:

$\Delta P$  = Pérdida de potencia, en W,

L = Longitud de la línea, en km,

R90 = Resistencia del conductor a 90°C, incluido el efecto piel y el efecto proximidad, en  $\Omega/\text{km}$ ,

I = Intensidad de la línea, en A.

Sustituyendo valores tenemos, para nuestro tramo:

$$\Delta P = 15,24 \text{ kW}$$



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 2. 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 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

$$P_{AEG} = 4.000 \text{ kW}$$

$$U_N = 30 \text{ kV}$$

$$\cos \varphi = 0,95$$

$$I_N = \frac{P_{AEG}}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos \varphi}$$

$$I_N = \frac{4000}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 0,95} = 81,03 \text{ A}$$

De esta forma, dado que la intensidad nominal generada por el aerogenerador es de 81,03 A y la intensidad máxima admisible del conductor es de 169,25 A, la intensidad nominal de los fusibles normalizados a instalar será de 100 A.

$$I_{NFUSE} = 100 \text{ A}$$

De igual forma, esta intensidad nominal de fusible será menor a 1,45 veces la intensidad máxima admisible del cable.

$$I_{NFUSE} < 1,45 \cdot I_{maxadm}$$

### 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:

$$U_{NFUSE} = 30 \text{ kV}$$

### 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.

$$I_{CCB} = 3,6431 \text{ kA}$$

$$I_{ChB} = 5,1622 \text{ kA}$$



De esta forma, para garantizar un poder de corte suficiente, se establece un fusible con poder de corte de valor:

$$I_{PC_{FUSE}} = 16 \text{ kA}$$

|   |  |
|---|--|
|                            | <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0 | <b>VISADO</b>  |
| SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543   |  |

### 3. CÁLCULO DE RED DE TIERRAS

Se proyecta un electrodo único para el conjunto de instalaciones eléctricas del Parque Eólico Virgen del Campo a través de estimaciones, las cuales tendrá que ser confirmadas por mediciones en fase de ejecución de las obras. 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 mm<sup>2</sup> 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 de la subestación. 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.

#### 3.1. Cálculos preliminares

##### Datos de partida

- Resistividad del terreno (estimada):  $\rho = 1.500 \Omega m$

##### 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, a una profundidad de 0,8 m, que es un caso más desfavorable que la situación real.

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>Electrodo seleccionado</b>                   | <b>60-60/6/86</b> |
| <b>Parámetros característicos del electrodo</b> |                   |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

|                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| De la resistencia         | $k_r \leq 0,043 \Omega/\Omega m$   |
| 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:

$$R_A = k_r \cdot \rho \rightarrow R_A = 0,043 \cdot 1500 = 64,4 \Omega$$

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  $\Omega$ . 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  $\Omega$ .

La puesta a tierra del aerogenerador del parque eólico “Virgen del Campo” resulta:

$$R_{TA} = \frac{R_A}{2} \rightarrow R_{TA} = \frac{64,4}{2} = 32,2 \Omega$$

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:

$\rho$  = Resistividad estimada del terreno = 1.500  $\Omega m$

$L_C$  = Longitud del conductor

La longitud total de conductor enterrado en la construcción del nuevo parque eólico es de 2.200 m. Sin embargo, los extremos de este conductor, tanto en el enlace con cada aerogenerador, como con la subestación, no se deben considerar por estar afectados por la resistencia mutua, por lo tanto, descontaremos 100 m en torno a cada aerogenerador, resultando una longitud de 2.000 m para el cálculo de la resistencia del cable de enlace:

$$R_{CON} = \frac{2 \cdot 1500}{2000} = 1,5 \Omega$$

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:

$$R_{TMN} = \frac{1}{\frac{1}{R_{TA}} + \frac{1}{R_{CON}}}$$



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

$$R_{T_{MN}} = 1,4332 \Omega < 2 \Omega$$

### 3.2. Cálculos de tensiones de paso y contacto en el C.T. – Aerogenerador

#### 3.2.1. 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:

- 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 ( $\rho = 1500 \Omega m$ ).

- Resistencia de puesta a tierra: Será la resistencia total del sistema único de tierras calculado:  $R_T = 1,4332 \Omega$
- Intensidad de defecto: Estará limitada a 500 A.
- Tensión de defecto:

$$V'_d = R_t \cdot I'_d \rightarrow V'_d = 716,6 V$$

- Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = k_p \cdot \rho \cdot I'_d \rightarrow V'_p = 4500 V$$

- Tensión de paso en el acceso al aerogenerador:

$$V'_{p(acc)} = V'_c = k_c \cdot \rho \cdot I'_d \rightarrow V'_{p(acc)} = 10500 V$$

#### 3.2.2. 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  $3.000 \Omega m$ .

La resistividad superficial equivalente  $\rho_{sup}$  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:

$\rho$  = resistividad del terreno en Ohmios·metro

$\rho_s$  = resistividad de la capa superficial en Ohmios·metro

$h_s$  = espesor de la capa superficial en m (0,1)

Sustituyendo valores, obtenemos:

$$\rho_{sup} = \left( 1 - 0,106 \cdot \left( \frac{1 - \frac{1500}{3000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106} \right) \right) \cdot 300 = 2.480,39 \Omega m$$

### 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)

$\rho_s$  = resistividad superficial del terreno

$R_{a1}$  = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000  $\Omega$ )

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)                 | 612 V               |
| Exterior (sin grava)                 | 455 V               |



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

### TENSIONES DE PASO

- Tensión de paso en el exterior del C.T.

$$\text{Valor calculado: } V_p' = 4.500 \text{ V}$$

$$\text{Valor admisible: } V_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000}\right) = 14.980 \text{ V}$$

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)

$\rho_s$  = resistividad del terreno

$R_{a1}$  = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000  $\Omega$ )

Por tanto:

$$V_p' < V_p \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Tensión de paso en el acceso al C.T.

$$\text{Valor calculado: } V_{p(acc)}' = 10.500 \text{ V}$$

$$\text{Valor admisible: } V_{p(acc)} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_t}{1000}\right) = 19.795 \text{ V}$$

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)

$\rho$  = resistividad del terreno

$\rho_t$  = resistividad superficial del terreno

$R_{a1}$  = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000  $\Omega$ )

Por tanto:

$$V_p' < V_p \rightarrow \text{CUMPLE}$$

### TENSIÓN DE DEFECTO EN EL C.T.

$$\text{Valor calculado: } V_d = 716,6 \text{ V}$$

$$\text{Valor admisible: } V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

$$V_d < V_p \rightarrow \text{CUMPLE}$$

#### 3.2.3. Comprobación del conductor

Basándonos en esto se tiene:

MADRID

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

$$A = I \cdot \sqrt{\frac{T_c \cdot a_r \cdot \rho_r \cdot 10.000}{T_{CAP} \cdot L_n \cdot \frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}}} \rightarrow A = 3,23 \text{ mm}^2$$

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 °C (0,00397 °C<sup>-1</sup>)

$k_0 = 1/a_0$  (con  $a_0$  = Coeficiente térmico de resistividad a 0°C) (234 °C)

$T_{CAP}$  = Factor de capacidad térmica (3,42  $\frac{J}{\text{cm}^3 \text{ °C}}$ )

$T_m$  = Temperatura máxima (según recomendación IEEE) (200 °C)

$T_a$  = Temperatura ambiente (35 °C)

Obtenemos que la sección de conductor que necesitamos instalar en la red de tierras debe de ser igual o superior a 3,23 mm<sup>2</sup>.

Para el cable de cobre desnudo que conformará la red de tierras profunda, adoptaremos la sección de 50 mm<sup>2</sup>.

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  $\leq 160 \text{ A/mm}^2$ .
- La sección adoptada, 50 mm<sup>2</sup>, se corresponde con la sección mínima indicada en el apartado 3.4 de la ITC-RAT 13



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

#### 4. CALCULO DE CORTOCIRCUITO

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.

##### 4.1. Datos de partida

Se presentan en este apartado los datos característicos de cada uno de los tramos del Parque Eólico Virgen de Fátima 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 “Aliaga”:

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| Potencia nominal           | $S_N = 16 \text{ MVA}$ |
| Relación de transformación | 132/20 kV              |
| Tensión de cortocircuito   | $U_{CC} = 6\%$         |

- LSMT 30 kV CSE “San Anton” – SET “Aliaga” (Objeto de otro proyecto)
- Línea colectora 95 mm<sup>2</sup> Al - CSE:
  - Resistencia: 0,41 Ω/Km x 2,768 km = 1,135 Ω
  - Reactancia: 0,132 Ω/Km x 2,768 km = 0,365 Ω
- Línea de interconexión Transformador 0,69/30 kV – Celdas MT: Despreciable
- Transformador para aerogenerador E-138 EP3 E2 4 MW

|                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Potencia nominal (con limitación) | $S_N = 4 \text{ MVA}$ |
| Relación de transformación        | 30/0,69 kV            |
| Tensión de cortocircuito          | $U_{CC} = 6\%$        |

##### ▪ SISTEMA B.T. 0,69 kV

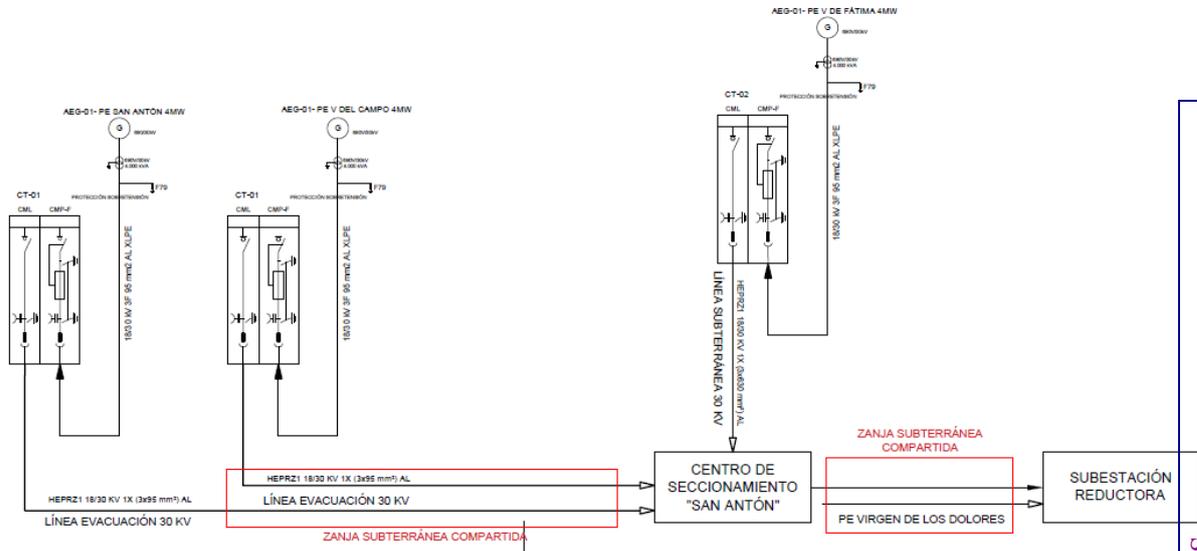
- Línea de conexión Transformador – Generador: Despreciable
- Generador E-138 EP3 E2 4 MW:

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Potencia nominal (con limitación)                | $S_N = 4 \text{ MVA}$   |
| 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: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

#### 4.2. Esquema de disposición



#### 4.3. Fórmulas a aplicar

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito simétrica inicial  $I''_{CC}$  se aplica la siguiente fórmula:

$$I''_{CC} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2}} \quad [A]$$

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:  $K = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3R/X}$

#### 4.4. 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. En este caso solo será objeto del presente proyecto la intensidad de cortocircuito a ambos lados del transformador del aerogenerador.

- Generador  $P = 4.000 \text{ kW}$

$$X'_t = 0,08 \Omega \text{ (0,69 kV) (valor estimado)}$$

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

- Transformador aerogenerador 30/0,69 kV.  $S_N = 4 \text{ MVA}$ ,  $U_{CC} = 6 \%$ ,  $R/X = 1/6$

$$Z_{CCT}^{MT} = \frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{6}{100} \cdot \frac{30^2}{4} = 13,5 \Omega \text{ (lado de 30 kV)}$$

$$Z_{CCT}^{MT} = \frac{U_{CC}}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{6}{100} \cdot \frac{0,69^2}{4} = 0,0071 \Omega \text{ (lado de 0,69 kV)}$$

$$R_{CCT}^{BT} = 0,00117 \Omega$$

$$X_{CCT}^{BT} = 0,00702 \Omega$$

$$R_{CCT}^{MT} = 2,22 \Omega$$

$$X_{CCT}^{MT} = 13,316 \Omega$$

- Conjunto generador y transformador 0,69/30 kV

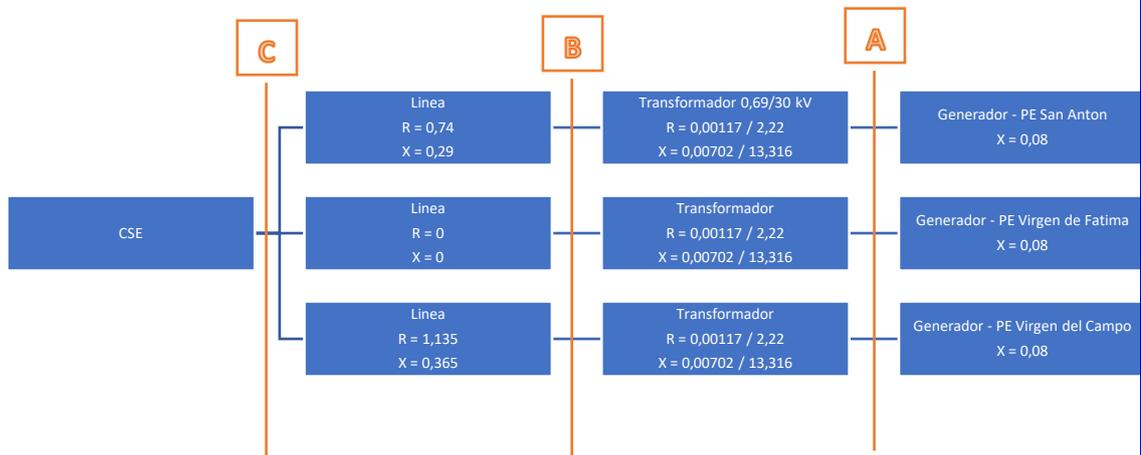
$$R_{CCT}^{BT} = 0 + 0,00117 = 0,00117 \Omega$$

$$X_{CCT}^{BT} = 0,08 + 0,00702 = 0,08702 \Omega$$

$$R_{CCT}^{MT} = 2,22 \Omega$$

$$X_{CCT}^{MT} = 13,316 \Omega$$

A modo de resumen, resulta el siguiente esquema:



Resultando los siguientes valores de impedancias en los puntos de estudio A y B:

- Punto A:

$$R_{AA}^{0,690kV} = 0,00117 \Omega$$

$$X_{AA}^{0,690kV} = 0,08702 \Omega$$

- Punto B:

$$R_{BB}^{33kV} = 2,2 \Omega$$

$$X_{BB}^{33kV} = 13,316 \Omega$$

#### 4.5. Cálculo de intensidades de cortocircuito en el Punto A

En primer lugar, es necesario calcular la impedancia equivalente en dicho punto:

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} \rightarrow Z_{CC} = 0,087 \Omega$$

Una vez obtenidos todos los datos, resulta la siguiente intensidad de cortocircuito:

$$I''_{CCA} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} \rightarrow I''_{CCA} = 5,0368 \text{ kA}$$

$$I''_{chA} = (1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3R}{X}}) \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{CCA} \rightarrow I''_{chA} = 11,5 \text{ kA}$$

#### 4.6. Cálculo de intensidades de cortocircuito en el Punto B

En primer lugar, es necesario calcular la impedancia equivalente en dicho punto:

$$Z_{CC} = \sqrt{R_{CC}^2 + X_{CC}^2} \rightarrow Z_{CC} = 13,496 \Omega$$

Una vez obtenidos todos los datos, resulta la siguiente intensidad de cortocircuito:

$$I''_{CCB} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cct}} \rightarrow I''_{CCB} = 1,411 \text{ kA}$$

$$I''_{chB} = \left(1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3R}{X}}\right) \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{CCB} \rightarrow I''_{chB} = 3,3221 \text{ kA}$$

#### 4.7. 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, el los valores son los siguientes:

| Punto | $I_{CC}$ (kA) | $I_{ch}$ (kA) |
|-------|---------------|---------------|
| A     | 5,0368        | 11,5          |
| B     | 1,411         | 3,221         |



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

**ANEXO III ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN  
PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO SEGÚN ITC  
RAT-15**

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 1. ANTECEDENTES

Que la mercantil “ADMINISTRACIÓN DE PROMOTORES ELÉCTRICOS, S.L.”. tiene entre sus actividades la promoción del Parque Eólico “Virgen del Campo”, de 4 MW de potencia, sito en el término municipal de Camarillas (Teruel).

Que, para la evacuación de la energía procedente de dicho parque eólico es necesaria la ejecución de una zanja subterránea que estará compartida por el parque eólico “Virgen del Campo” con los parques eólicos “Virgen de Fátima”, “Virgen de los Dolores” y “San Antón”.

### 1.1. PROMOTOR

- Peticionario: Administración de Promotores Eléctricos, S.L.
- CIF: B-88631346
- Domicilio: Calle Espoz y Mina, nº2, 3º, 28012
- Localidad: Madrid

## 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 VIRGEN DEL CAMPO 4MW*” a fin de servir de base técnica para la ejecución de las instalaciones correspondientes.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

3. ESTUDIO DEL CAMPO MAGNÉTICO EN LAS PROXIMIDADES DE LAS INSTALACIONES

3.1. 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.

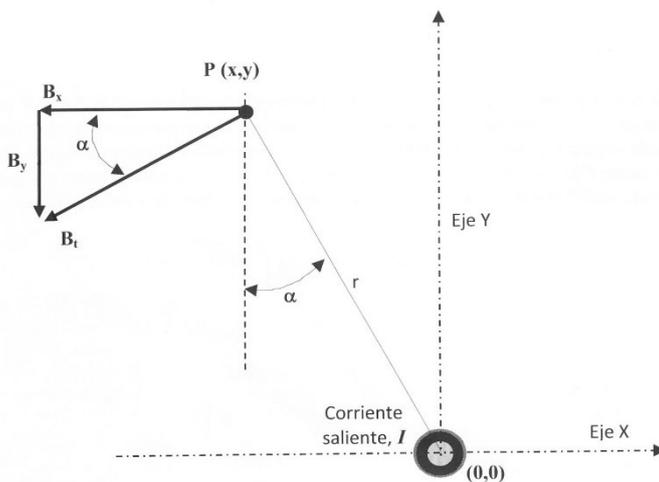
3.2. CRITERIOS DE CÁLCULO

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:

$$B = \mu_0 \cdot H = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \text{ (T)}$$

El campo magnético se suele expresar en µT.




**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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 su coordenada el orden de fases y el punto donde se produce el campo magnético de acuerdo con las siguientes expresiones que son la aplicación de la Ley de Biot-Savart indicada anteriormente:

### 3.3. 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) |
| Línea 30 kV                          | 4              | 81,03          |
| Embarrado 30 kV                      | 4              | 81,03          |

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 en la subestación de conexión a red.

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.

#### 3.3.1. Campo Magnético creado por la línea de 30 kV

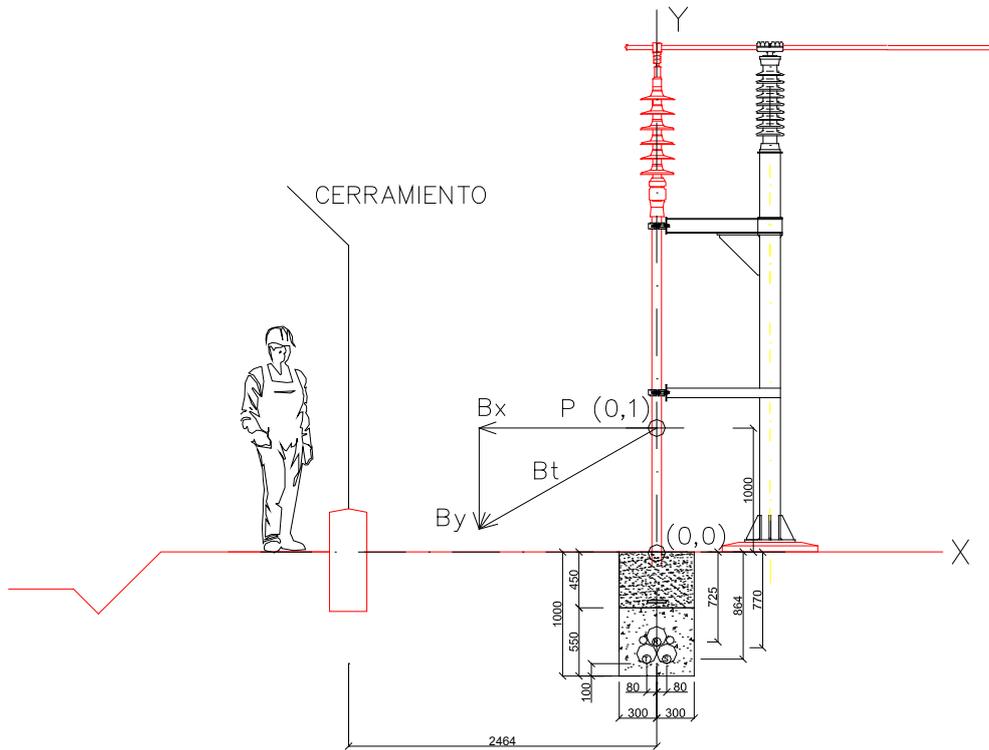
En la Fig.2 se indica la configuración de la línea de 30 kV (conductores en tresbolillo) y su separación al cerramiento:



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

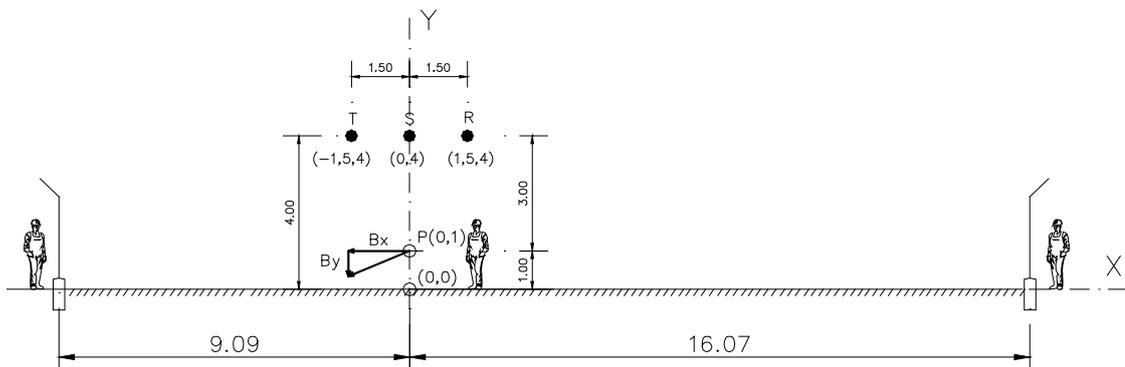


En base a las coordenadas de los puntos de medida y de los conductores de la línea los valores del campo magnético obtenido, aplicando las expresiones definidas en los “criterios de cálculo”, se obtiene los valores siguientes:

El valor máximo del campo magnético se obtiene en la vertical de los cables ( $1,01 \mu T$ ) y el valor en el exterior de la subestación pegado al cerramiento ( $0,20 \mu T$ ).

**3.3.2. 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:


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

El valor máximo del campo magnético se obtiene en la vertical de los embarrados, fase central (0,81  $\mu$ T) y el valor en el exterior de la subestación pegado al cerramiento (0,05  $\mu$ T).

### 3.4. CONCLUSIONES

En base a los resultados del cálculo:

| Resultado de los cálculos en la Subestación |                  |                              |                                    |
|---|------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Centro de seccionamiento                    | de               | $\mu$ T obtenidos en cálculo | $\mu$ T 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA**, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## ANEXO IV MEDIDAS ANTI INCENDIOS

**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 1. ANTECEDENTES

Los incendios forestales han sufrido un importante incremento en los dos últimos decenios, tanto en su número como en la superficie total afectada por los mismos. Este incremento es imputable no sólo a causas meteorológicas, sino también a diversas causas estructurales y coyunturales. Así, un fenómeno que era natural en nuestros ecosistemas, ha derivado en un importante problema ecológico, social y económico por la importancia de las pérdidas que ocasionan, por su grave repercusión en la protección del suelo contra la erosión y, en general, por su impacto negativo sobre el patrimonio natural de la Comunidad Autónoma de Aragón.

## 2. OBJETO

El objeto del presente anejo es describir las medidas que se deberán tener en cuenta para la prevención y extinción de incendios, en las diferentes fases de construcción, explotación y desmantelamiento del Parque Eólico.

## 3. MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación, se describe el periodo y zona de riesgo de incendio a tener en cuenta según la Administración:

- La Administración establece la época de peligro alto de incendios forestales desde el 1 de abril hasta el 15 de octubre.
- El departamento competente en materia de medio ambiente podrá declarar de alto riesgo aquellas zonas que, por sus características, muestren una mayor incidencia y peligro en el inicio y propagación de los incendios o de la importancia de los valores amenazados precisen de medidas especiales de protección.
- Dicha declaración de Alto Riesgo conllevará la aprobación de un plan de defensa que contenga la delimitación de dichas zonas y las medidas a aplicar, así como el restante contenido que prevea la legislación básica estatal, y que se incluirá en el apartado de prevención contra incendios forestales del plan de ordenación de los recursos forestales correspondiente a la comarca donde se ubiquen.

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.

**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.

#### 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.
- 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.



**Madrid**

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
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 en el Parque Eólico.

|   |
|---|
|                            |
| <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b>  |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO |
| SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543   |
| <b>VISADO</b>   |

## CAPÍTULO 4. PLANIMETRÍA



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**



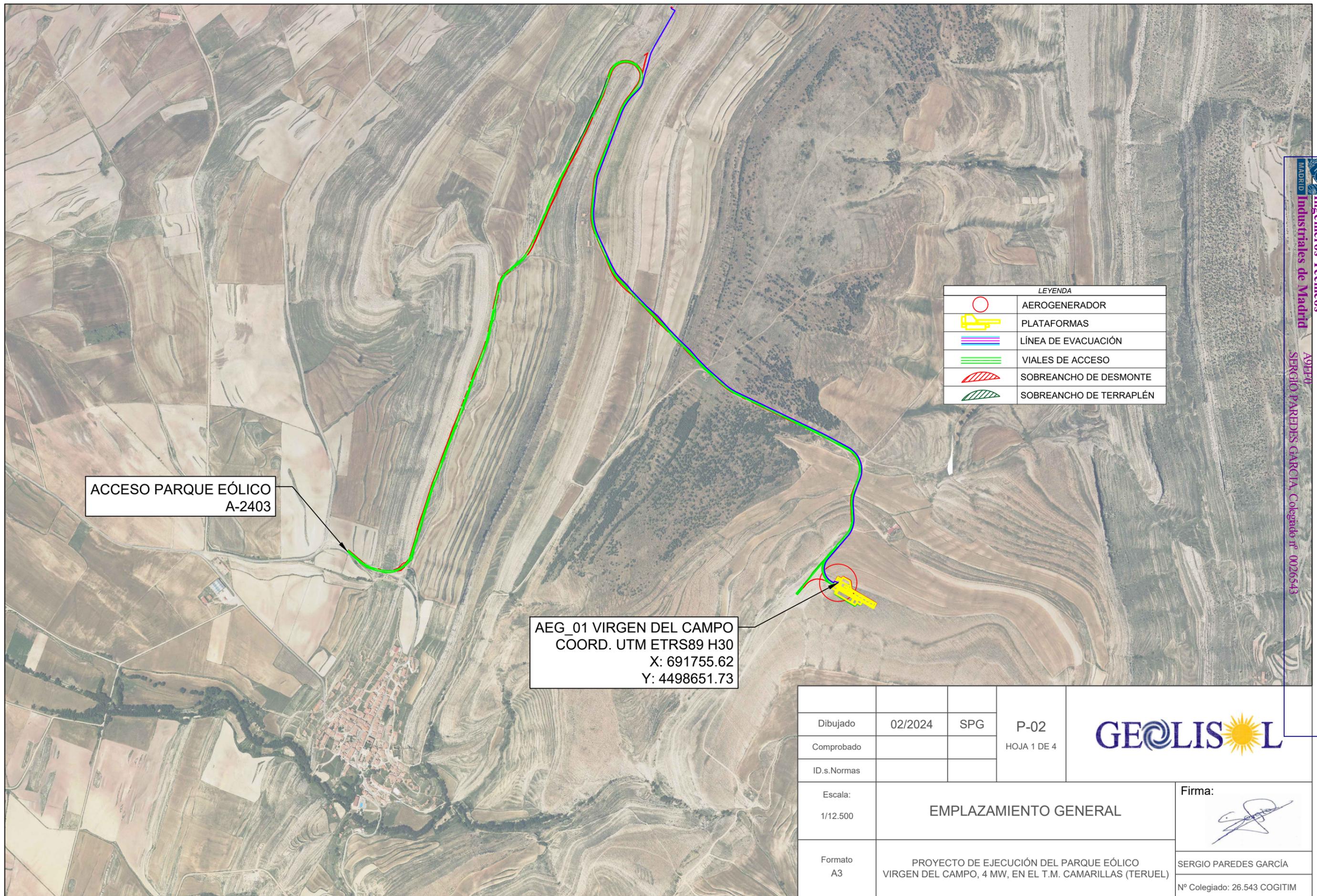
P.E.VIRGEN DEL CAMPO

P.E.VIRGEN DEL CAMPO

|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-01        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 1 DE 1 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | SITUACIÓN GENERAL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Aragón  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 20/11/2024. Puede verse el documento en: https://www.cogitima.es/portal/ver\_documento.php?id\_documento=2300599/01

VISADO



ACCESO PARQUE EÓLICO  
A-2403

AEG\_01 VIRGEN DEL CAMPO  
COORD. UTM ETRS89 H30  
X: 691755.62  
Y: 4498651.73

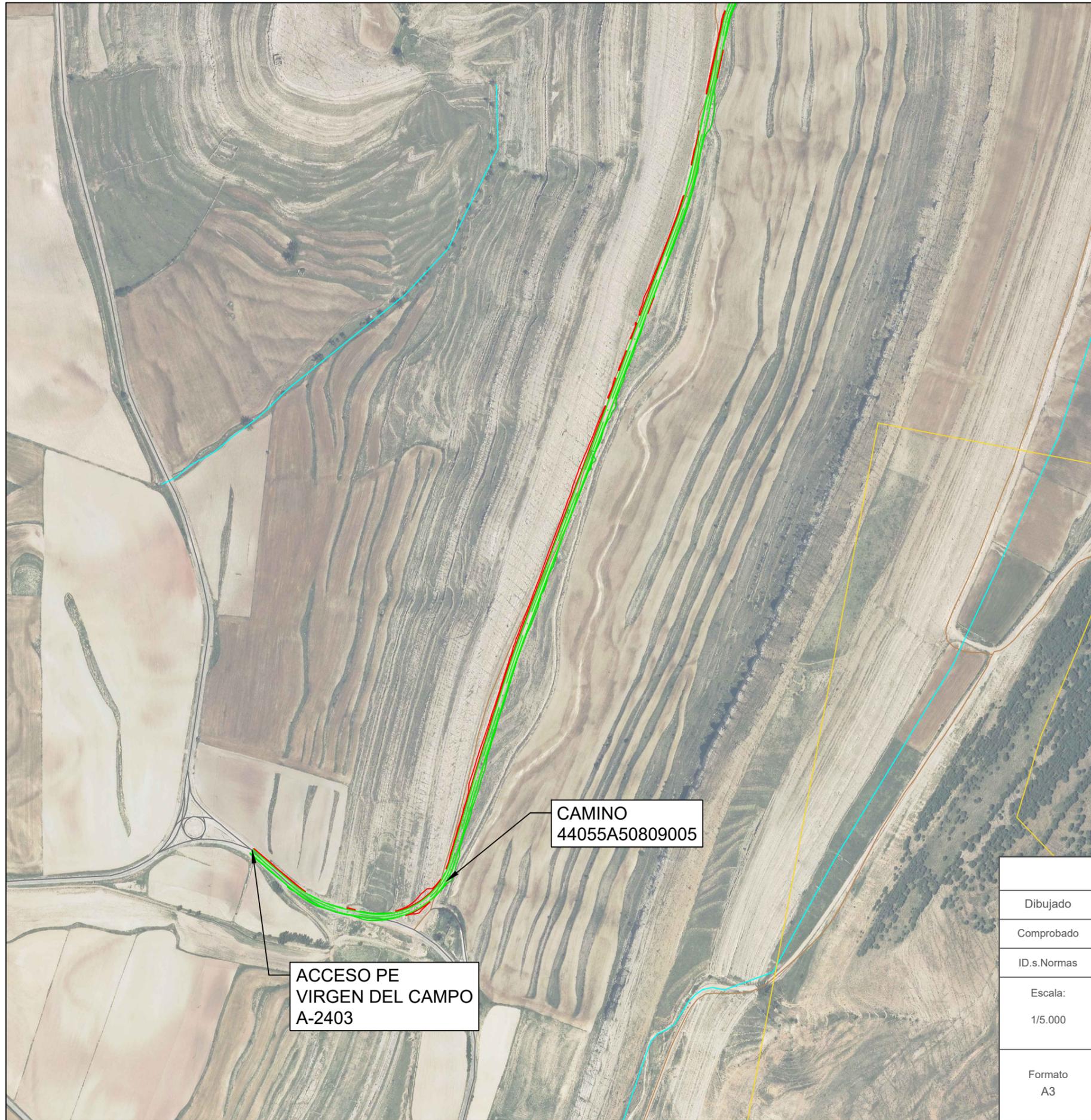
| LEYENDA |                         |
|---------|-------------------------|
|         | AEROGENERADOR           |
|         | PLATAFORMAS             |
|         | LÍNEA DE EVACUACIÓN     |
|         | VIALES DE ACCESO        |
|         | SOBREANCHO DE DESMONTE  |
|         | SOBREANCHO DE TERRAPLÉN |

|             |         |     |                     |
|-------------|---------|-----|---------------------|
| Dibujado    | 02/2024 | SPG | P-02<br>HOJA 1 DE 4 |
| Comprobado  |         |     |                     |
| ID.s.Normas |         |     |                     |



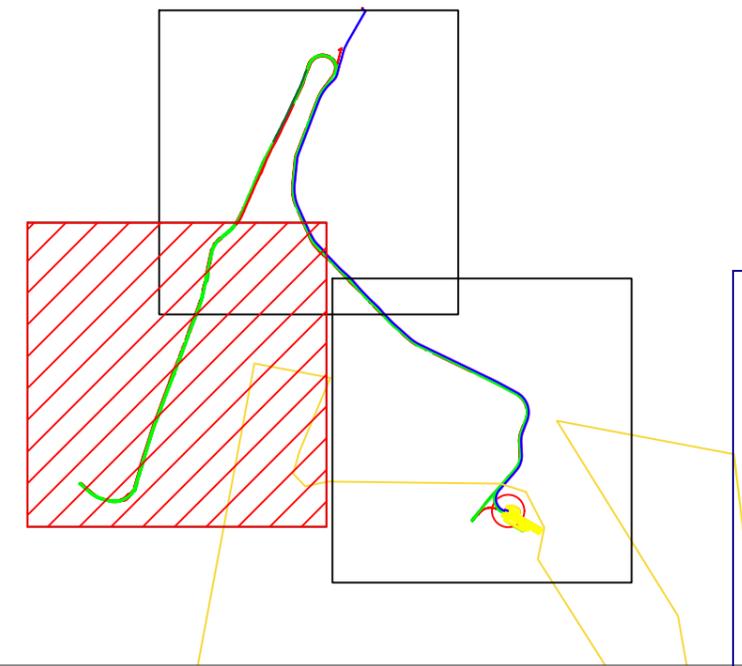
|  |                       |
|--|-----------------------|
| Escala:<br>1/12.500  | EMPLAZAMIENTO GENERAL |
| Formato<br>A3  |                       |
| PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARUÉL) |                       |

Firma:  
  
SERGIO PAREDES GARCÍA  
Nº Colegiado: 26.543 COGITIM



CAMINO  
44055A50809005

ACCESO PE  
VIRGEN DEL CAMPO  
A-2403



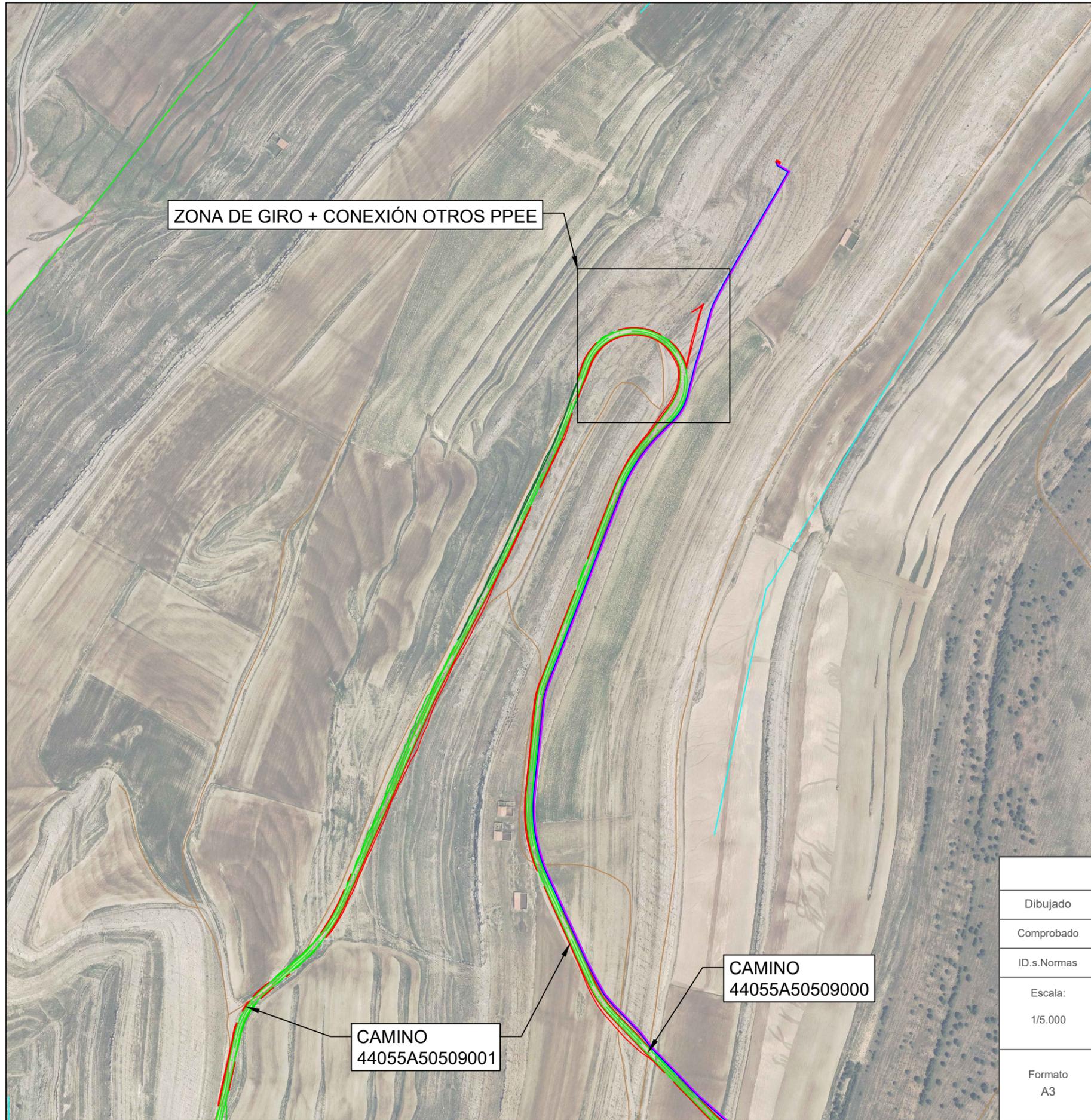
| LEYENDA |                           |
|---------|---------------------------|
|         | AEROGENERADOR             |
|         | PLATAFORMAS               |
|         | LÍNEA DE EVACUACIÓN       |
|         | VIALES DE ACCESO          |
|         | SOBREAÑO DE DESMONTE      |
|         | SOBREAÑO DE TERRAPLÉN     |
|         | RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS |
|         | CARRETERAS                |
|         | CAMINO                    |
|         | VÍA PECUARIA              |
|         | LÍNEA ELÉCTRICA           |

|  |         |     |             |   |
|--|---------|-----|-------------|---|
| Dibujado   | 02/2024 | SPG | P-02        |   |
| Comprobado   |         |     | HOJA 2 DE 4 |   |
| ID.s.Normas  |         |     |             |   |
| Escala:  | 1/5.000 |     |             | Firma:<br>  |
| Formato  | A3      |     |             |   |
| AFECCIONES TRAMO 1   |         |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA<br>N° Colegiado: 26.543 COGITIM |
| PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |         |     |             |   |

Colegio Oficial de  
 Ingenieros Técnicos  
 Industriales de Madrid  
 MADRID

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
 29/11/2024. Puede verse el documento en: [www.cogitim.com](http://www.cogitim.com)  
 A9JF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

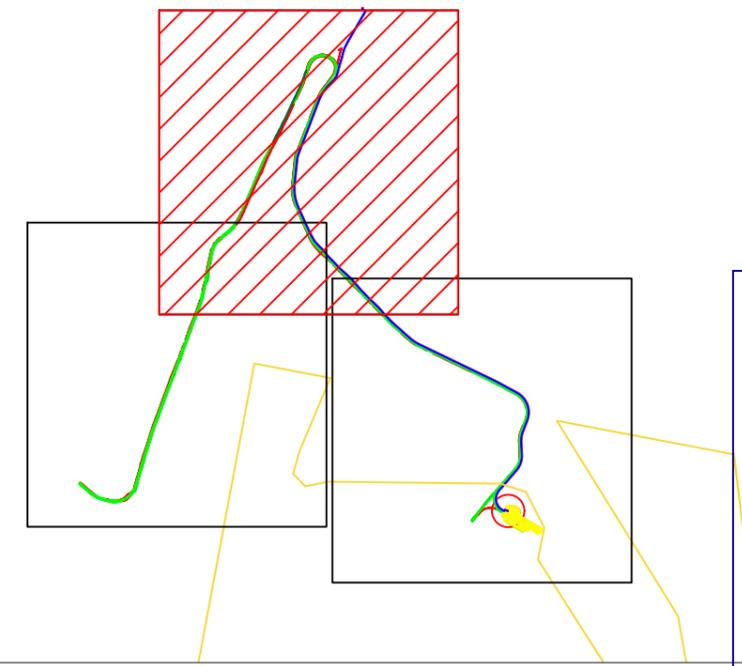
VISADO



ZONA DE GIRO + CONEXIÓN OTROS PPEE

CAMINO  
44055A50509001

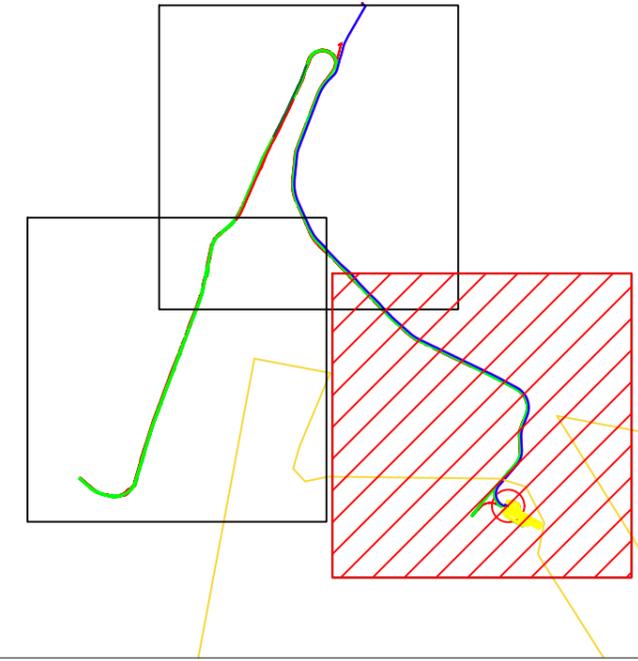
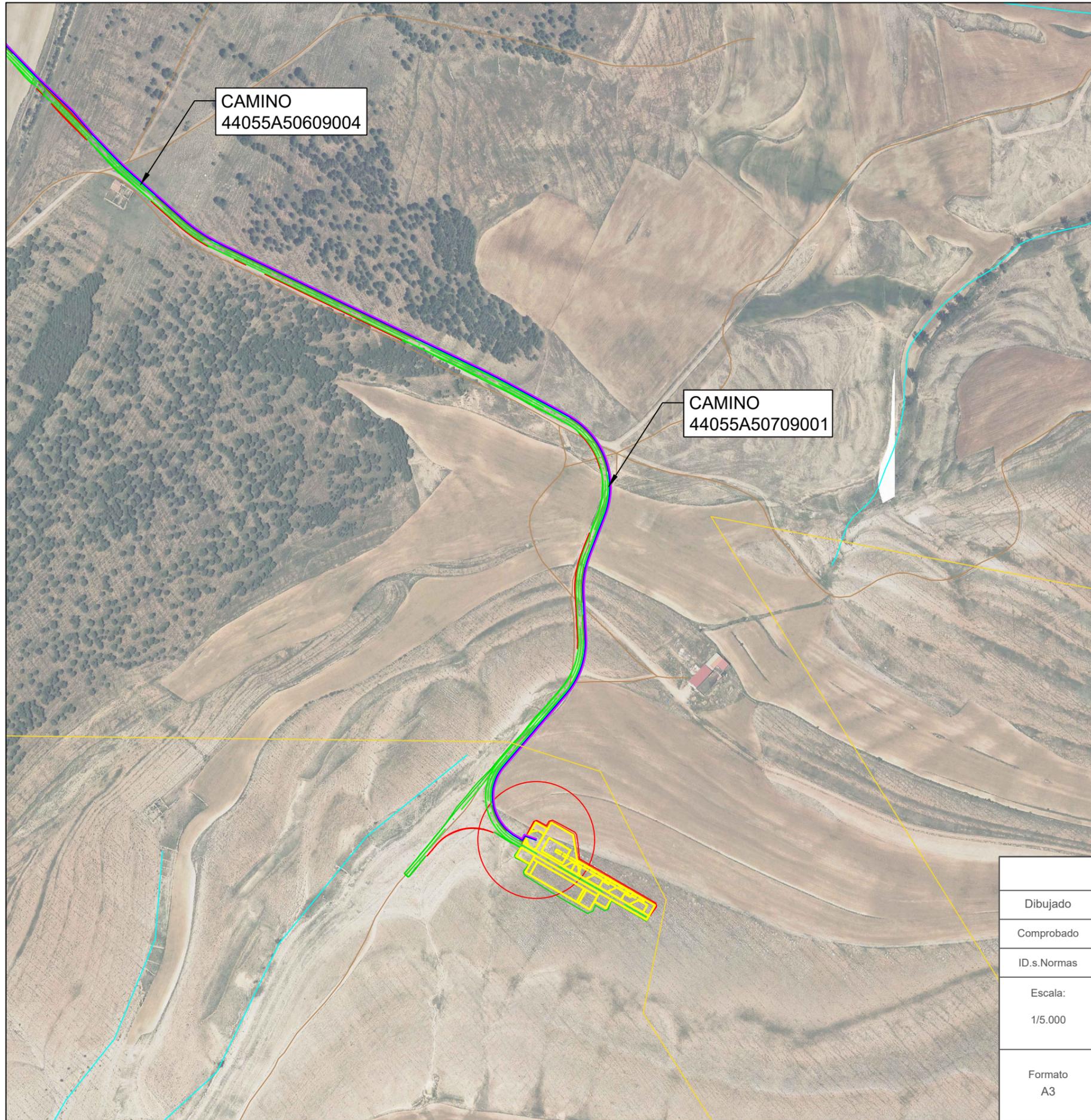
CAMINO  
44055A50509000



| LEYENDA |                           |
|---------|---------------------------|
|         | AEROGENERADOR             |
|         | PLATAFORMAS               |
|         | LÍNEA DE EVACUACIÓN       |
|         | VIALES DE ACCESO          |
|         | SOBREAÑO DE DESMONTE      |
|         | SOBREAÑO DE TERRAPLÉN     |
|         | RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS |
|         | CARRETERAS                |
|         | CAMINO                    |
|         | VÍA PECUARIA              |
|         | LÍNEA ELÉCTRICA           |

|  |         |     |             |        |
|--|---------|-----|-------------|--------|
| Dibujado   | 02/2024 | SPG | P-02        |        |
| Comprobado   |         |     | HOJA 3 DE 4 |        |
| ID.s.Normas  |         |     |             |        |
| Escala:  | 1/5.000 |     |             | Firma: |
| Formato  | A3      |     |             |        |
| AFECCIONES TRAMO 2<br><br>PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |         |     |             |        |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A71 4141215  
 A91FE0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO



| LEYENDA |                           |
|---------|---------------------------|
|         | AEROGENERADOR             |
|         | PLATAFORMAS               |
|         | LÍNEA DE EVACUACIÓN       |
|         | VIALES DE ACCESO          |
|         | SOBREANCHO DE DESMONTE    |
|         | SOBREANCHO DE TERRAPLÉN   |
|         | RÍOS, ARROYOS Y BARRANCOS |
|         | CARRETERAS                |
|         | CAMINO                    |
|         | VÍA PECUARIA              |
|         | LÍNEA ELÉCTRICA           |

|             |         |     |             |
|-------------|---------|-----|-------------|
| Dibujado    | 02/2024 | SPG | P-02        |
| Comprobado  |         |     | HOJA 4 DE 4 |
| ID.s.Normas |         |     |             |

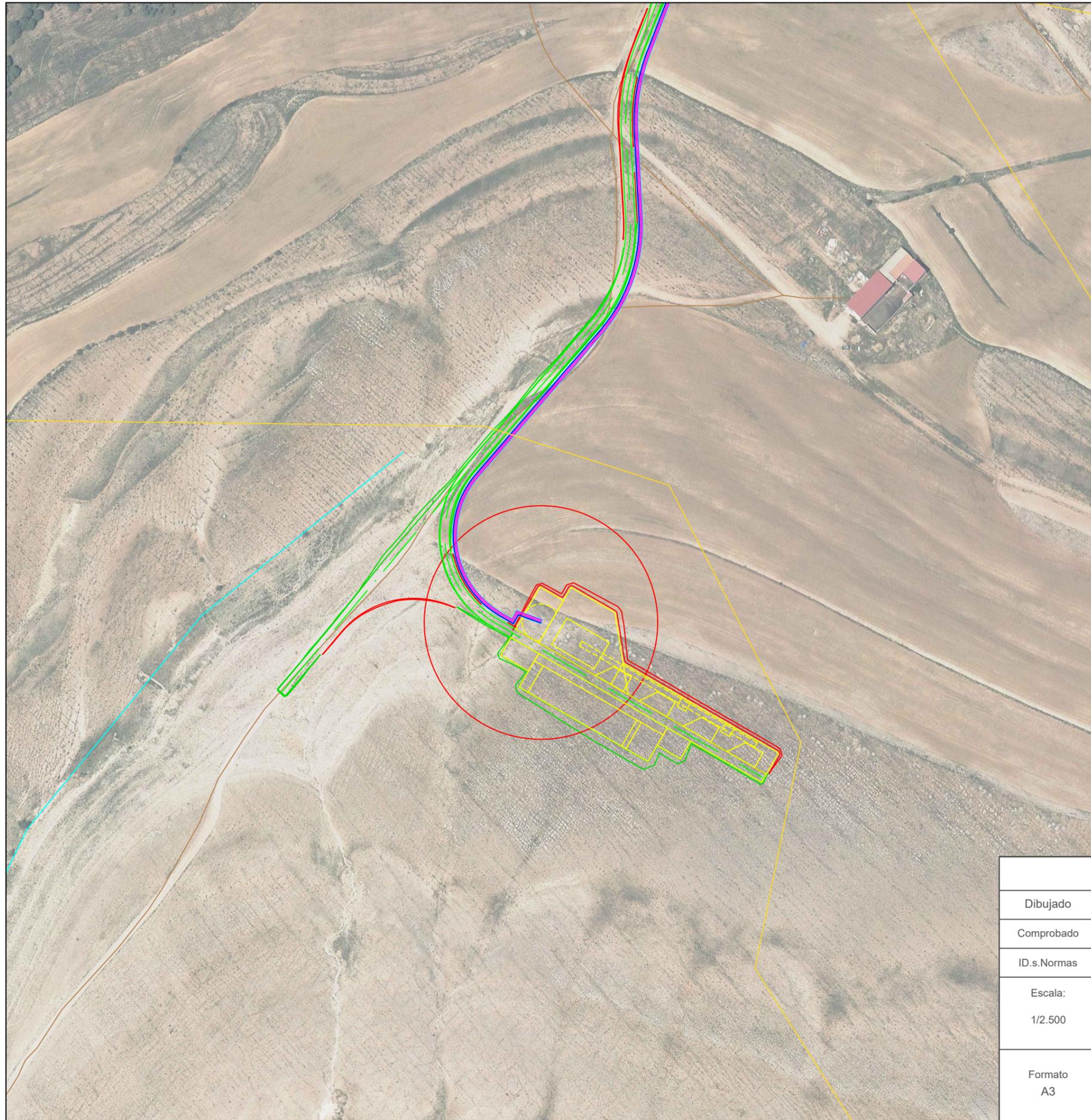


|            |  |                              |
|------------|--|------------------------------|
| Escala:    | AFECCIONES TRAMO 3   | Firma:                       |
| 1/5.000    |  |                              |
| Formato A3 | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
|            |  | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

Colegio Oficial de  
 Ingenieros Técnicos  
 MADRID Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
 29/11/2024. Puede verse el documento en: A7/4141215  
 A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO



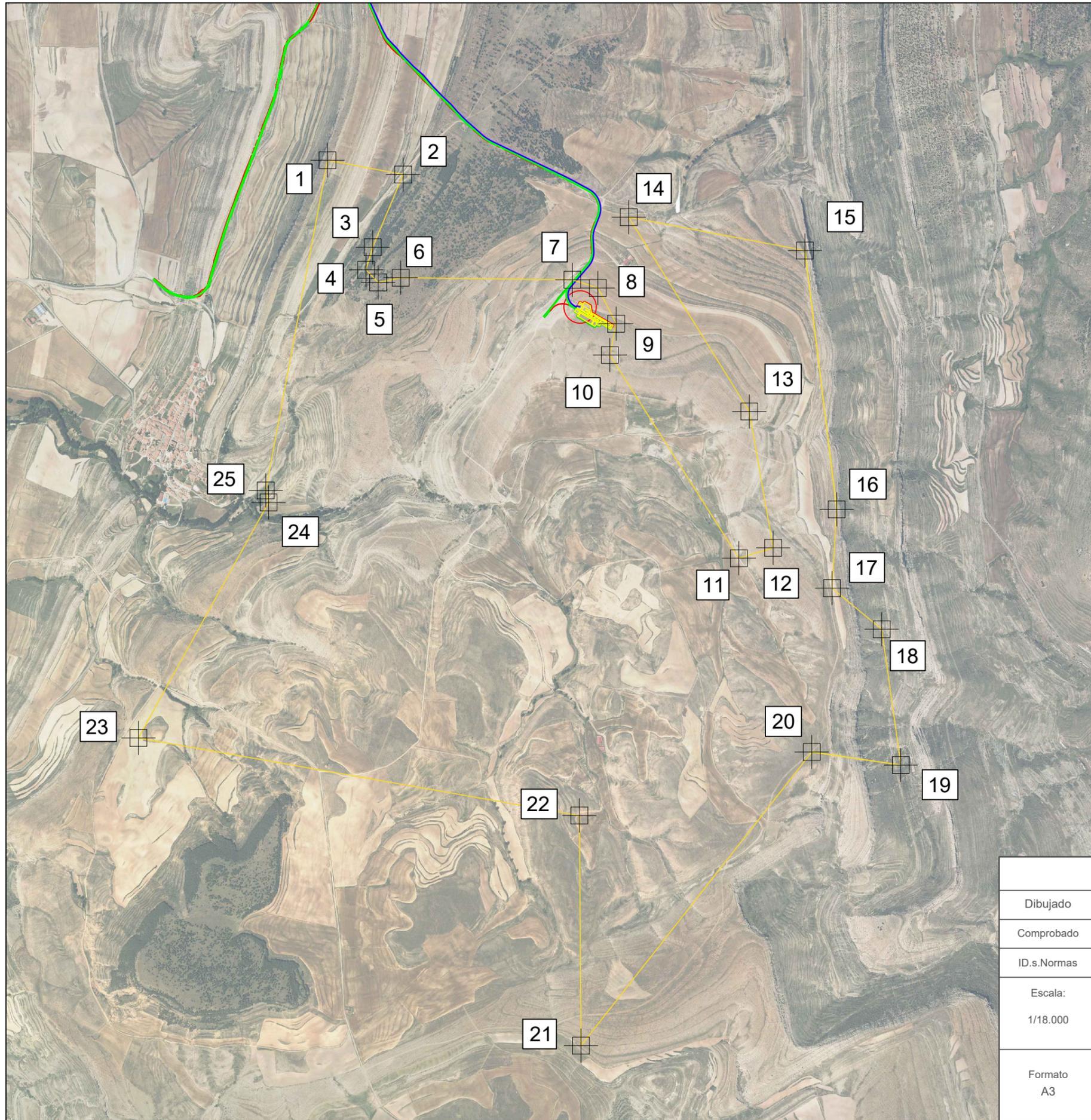
| P.E. VIRGEN DE LOS DOLORES |               |
|----------------------------|---------------|
| TT.MM                      | CAMARILLAS    |
| POLÍGONO                   | 507           |
| PARCELA                    | 5327          |
| POTENCIA NOMINAL           | 4MW           |
| Nº DE AEROGENERADORES      | 1             |
| MODELO                     | E- 138 EP3 E2 |
| DIÁMETRO                   | 138,25        |
| ALTURA A CENTRO            | 111           |

| COORDENADAS ETRS89 H30 IMPLANTACIÓN |           |            |
|-------------------------------------|-----------|------------|
| AEROGENERADOR                       | UTM-X     | UTM-Y      |
| AEG-01                              | 691755.62 | 4498651.73 |

| LEYENDA |                         |
|---------|-------------------------|
|         | AEROGENERADOR           |
|         | PLATAFORMAS             |
|         | LÍNEA DE EVACUACIÓN     |
|         | VIALES DE ACCESO        |
|         | SOBREANCHO DE DESMONTE  |
|         | SOBREANCHO DE TERRAPLÉN |

|             |  |     |                     |                              |
|-------------|--|-----|---------------------|------------------------------|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-03<br>HOJA 1 DE 2 |                              |
| Comprobado  |  |     |                     |                              |
| ID.s.Normas |  |     |                     |                              |
| Escala:     | DATOS P.E. VIRGEN DEL CAMPO  |     |                     | Firma:                       |
| 1/2.500     |  |     |                     |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |                     | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |                     | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A71 4141215  
 A9FE0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO

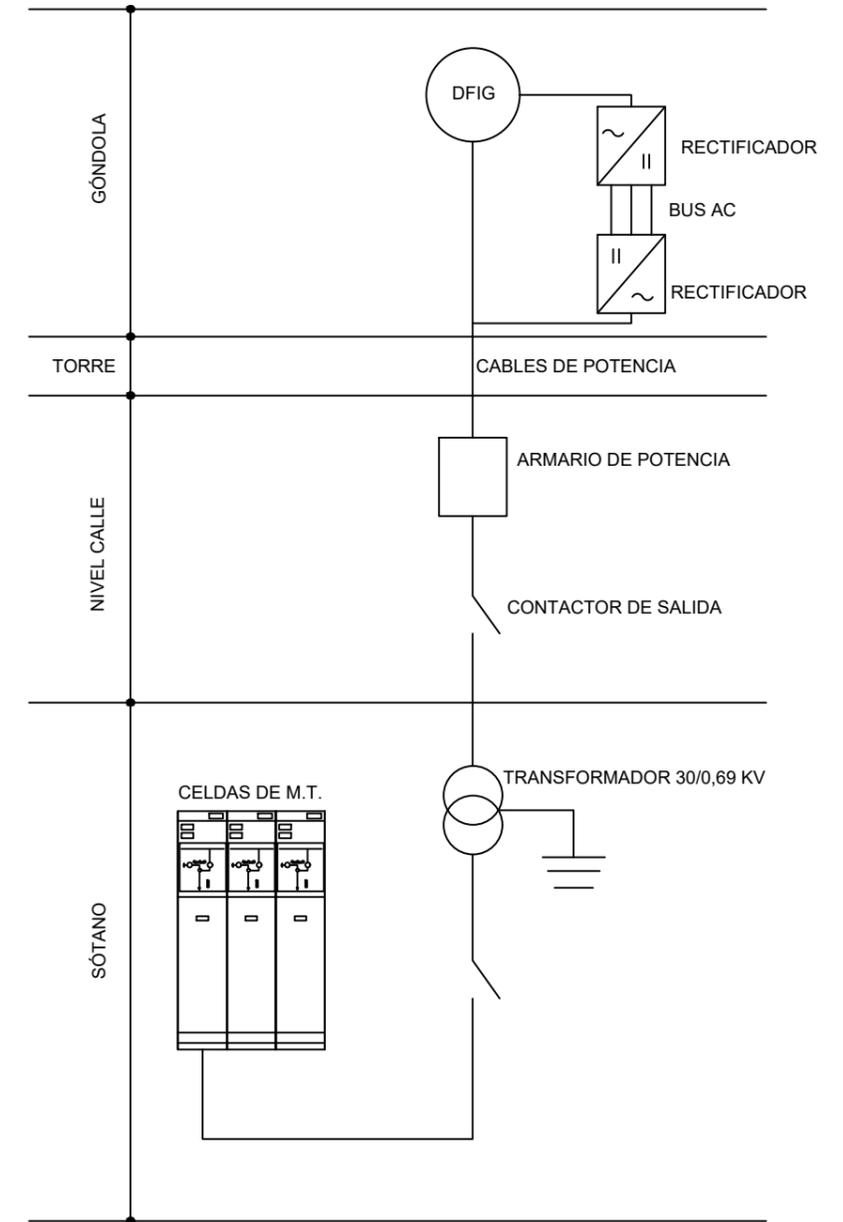
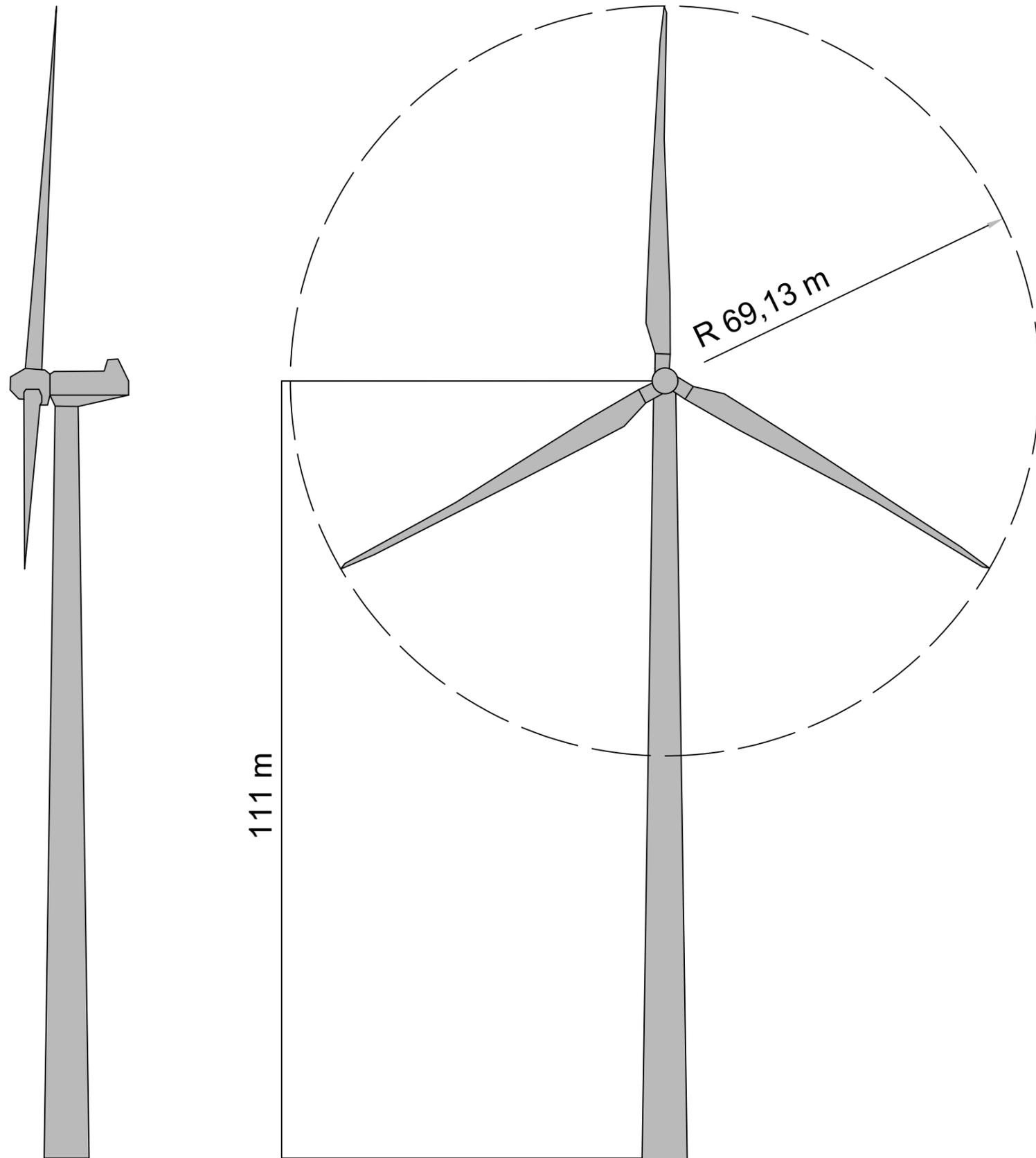


| COORD. UTM ETRS89 H30 POLIGONAL P.E. VIRGEN DEL CAMPO |           |            |
|---|-----------|------------|
| PUNTOS  | UTM-X     | UTM-Y      |
| 1   | 690678.28 | 4499277.53 |
| 2   | 691000.92 | 4499216.54 |
| 3   | 690871.21 | 4498906.81 |
| 4   | 690842.69 | 4498810.60 |
| 5   | 690894.48 | 4498756.43 |
| 6   | 690990.48 | 4498776.57 |
| 7   | 691722.48 | 4498767.98 |
| 8   | 691831.48 | 4498733.04 |
| 9   | 691909.66 | 4498580.81 |
| 10  | 691882.43 | 4498447.06 |
| 11  | 692432.67 | 4497581.02 |
| 12  | 692578.90 | 4497625.42 |
| 13  | 692477.14 | 4498206.53 |
| 14  | 691962.78 | 4499034.71 |
| 15  | 692714.31 | 4498892.64 |
| 16  | 692849.97 | 4497789.32 |
| 17  | 692829.75 | 4497453.33 |
| 18  | 693041.80 | 4497278.51 |
| 19  | 693123.46 | 4496999.60 |
| 20  | 692743.56 | 4496755.17 |
| 21  | 691759.63 | 4495503.75 |
| 22  | 691752.76 | 4496484.40 |
| 23  | 689872.00 | 4496815.00 |
| 24  | 690427.00 | 4497819.00 |
| 25  | 690415.00 | 4497870.00 |

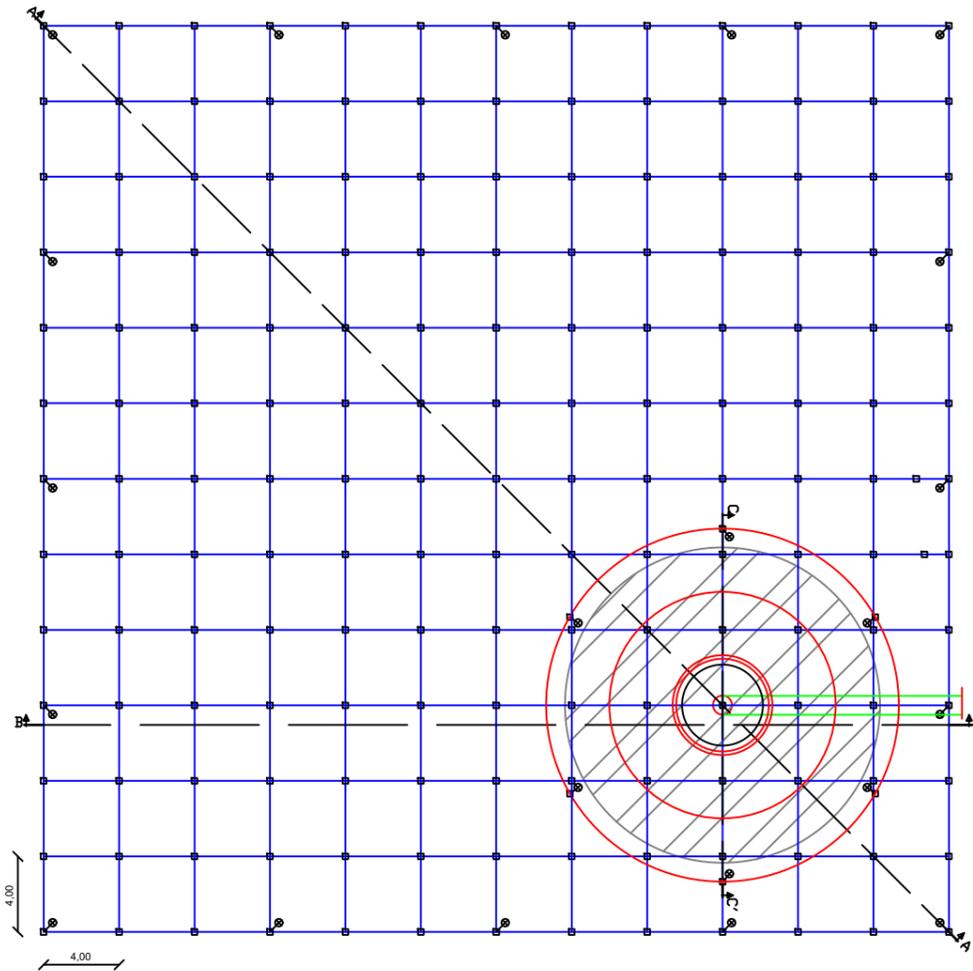
| LEYENDA |                         |
|---------|-------------------------|
|         | AEROGENERADOR           |
|         | PLATAFORMAS             |
|         | LÍNEA DE EVACUACIÓN     |
|         | VIALES DE ACCESO        |
|         | SOBREANCHO DE DESMONTE  |
|         | SOBREANCHO DE TERRAPLÉN |

|             |  |     |             |                              |
|-------------|--|-----|-------------|------------------------------|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-03        |                              |
| Comprobado  |  |     | HOJA 2 DE 2 |                              |
| ID.s.Normas |  |     |             |                              |
| Escala:     | POLIGONAL P.E. VIRGEN DEL CAMPO  |     |             | Firma:                       |
| 1/18.000    |  |     |             |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

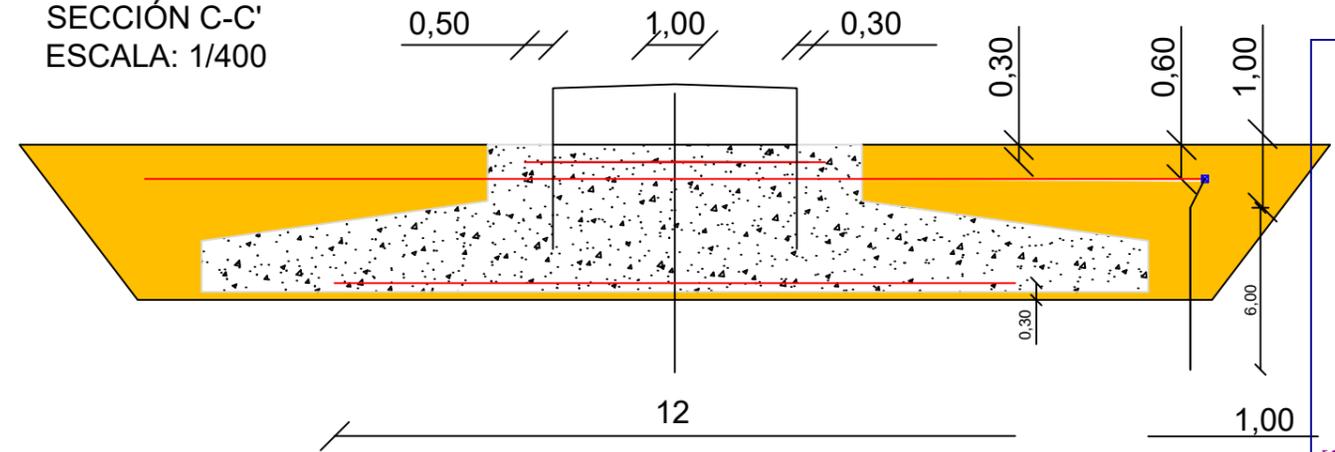
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Desde su firma el documento: E-01-1010215  
 A9FF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO



|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-04        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 1 DE 4 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | ALZADO Y CONEXIONADO INTERNO AEROGENERADOR   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |



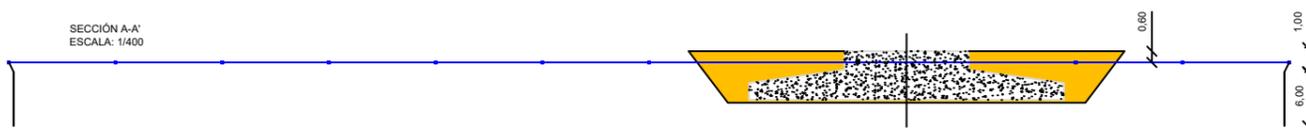
SECCIÓN C-C'  
ESCALA: 1/400



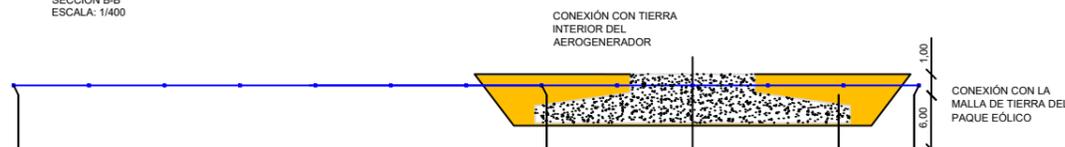
| LEYENDA |  |
|---------|--|
| SIGNO   | DESCRIPCIÓN  |
|         | CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE SECCIÓN 50 MM <sup>2</sup> TENDIDO SOBRE PRODUCTO PARA EL TRATAMIENTO ARTIFICIAL REDUCTOR DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA                            |
|         | CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO DE SECCIÓN 50 MM <sup>2</sup> 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 MM <sup>2</sup> PARA CONEXIÓN MALLA DE TIERRA AEROGENERADOR CON MALLA 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

SECCIÓN A-A'  
ESCALA: 1/400

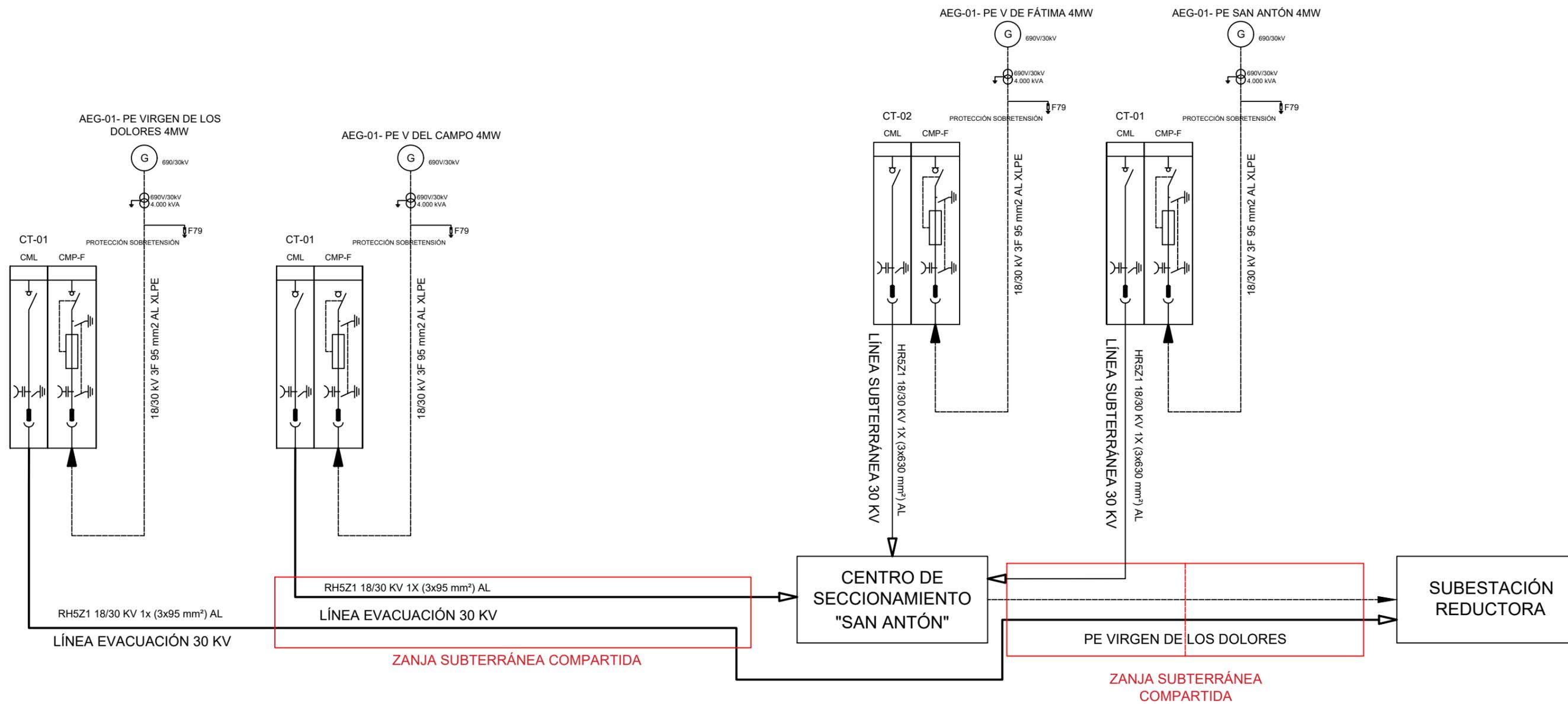


SECCIÓN B-B'  
ESCALA: 1/400



|             |  |     |             |                              |
|-------------|--|-----|-------------|------------------------------|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-04        |                              |
| Comprobado  |  |     | HOJA 2 DE 4 |                              |
| ID.s.Normas |  |     |             |                              |
| Escala:     | PUESTA A TIERRA AEROGENERADOR  |     |             | Firma:                       |
| S/E         |  |     |             |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A714141215  
 A9/EFE0  
 SERGIO PAREDES GARCIA Colegiado nº 0026543  
 VISADO

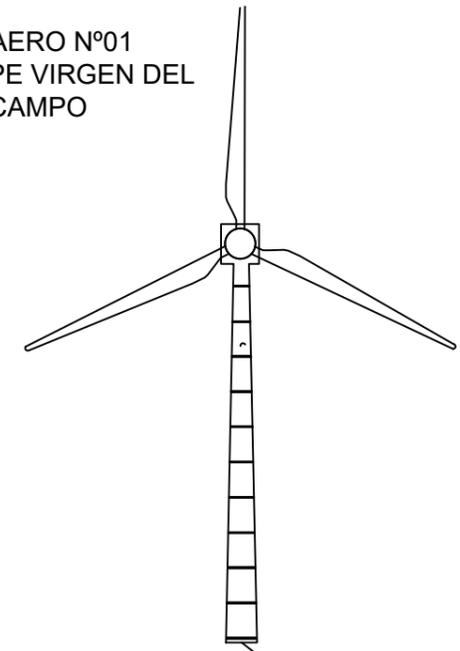


|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-04        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 3 DE 4 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | ESQUEMA UNIFILAR CELDAS Y EVACUACIÓN   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: [www.coitm.com](http://www.coitm.com)  
 A9/FE/0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº: 0026543

VISADO

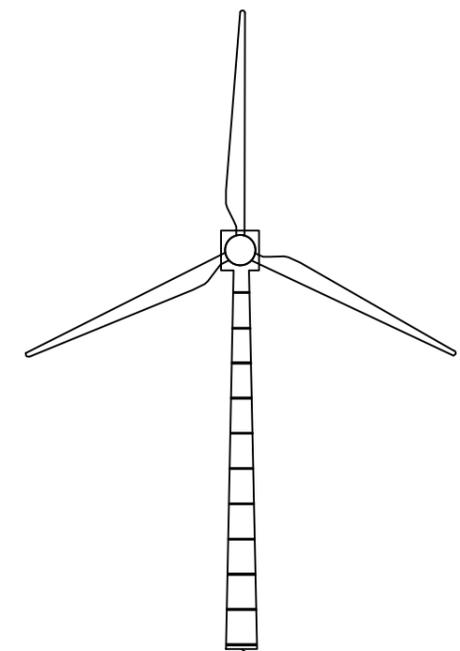
AERO Nº01  
PE VIRGEN DEL  
CAMPO



RH5Z1 18/30 KV 3x95 mm2 AL

2,768 km

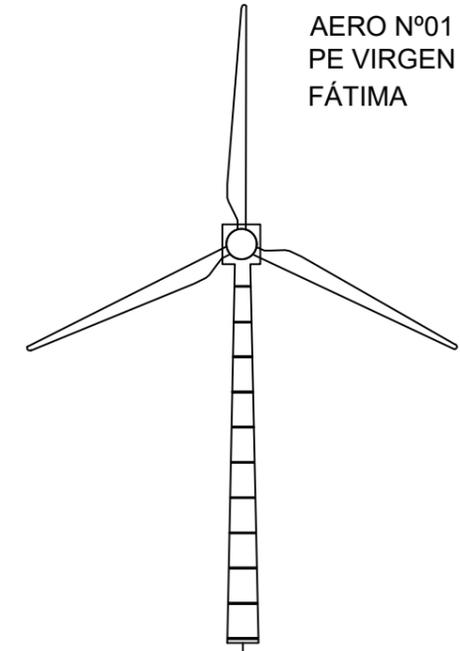
AERO Nº01  
PE SAN ANTÓN



RH5Z1 18/30 KV 3x95 mm2 AL

1,805 km

AERO Nº01  
PE VIRGEN DE  
FÁTIMA



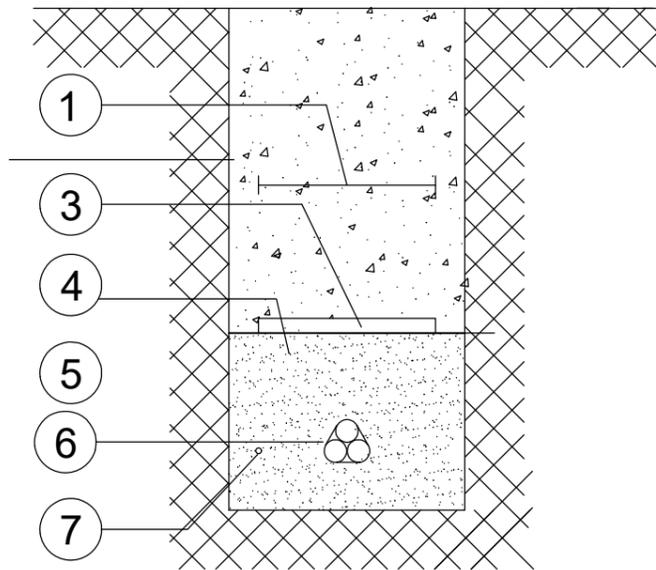
RH5Z1 18/30 KV 3x95 mm2 AL

CENTRO DE  
SECCIONAMIENTO  
"SAN ANTÓN"

|                |  |     |             |   |
|----------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado       | 02/2024  | SPG | P-04        |            |
| Comprobado     |  |     | HOJA 4 DE 4 |   |
| ID.s.Normas    |  |     |             |   |
| Escala:<br>S/E | ESQUEMA UNIFILAR PARQUE  |     |             | Firma:<br> |
| Formato<br>A3  | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA<br>Nº Colegiado: 26.543 COGITIM   |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede validar el documento: EVI 5141215  
 A9JEF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO

**ZANJA TIPO A1**  
1 CABLE



|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| 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       |

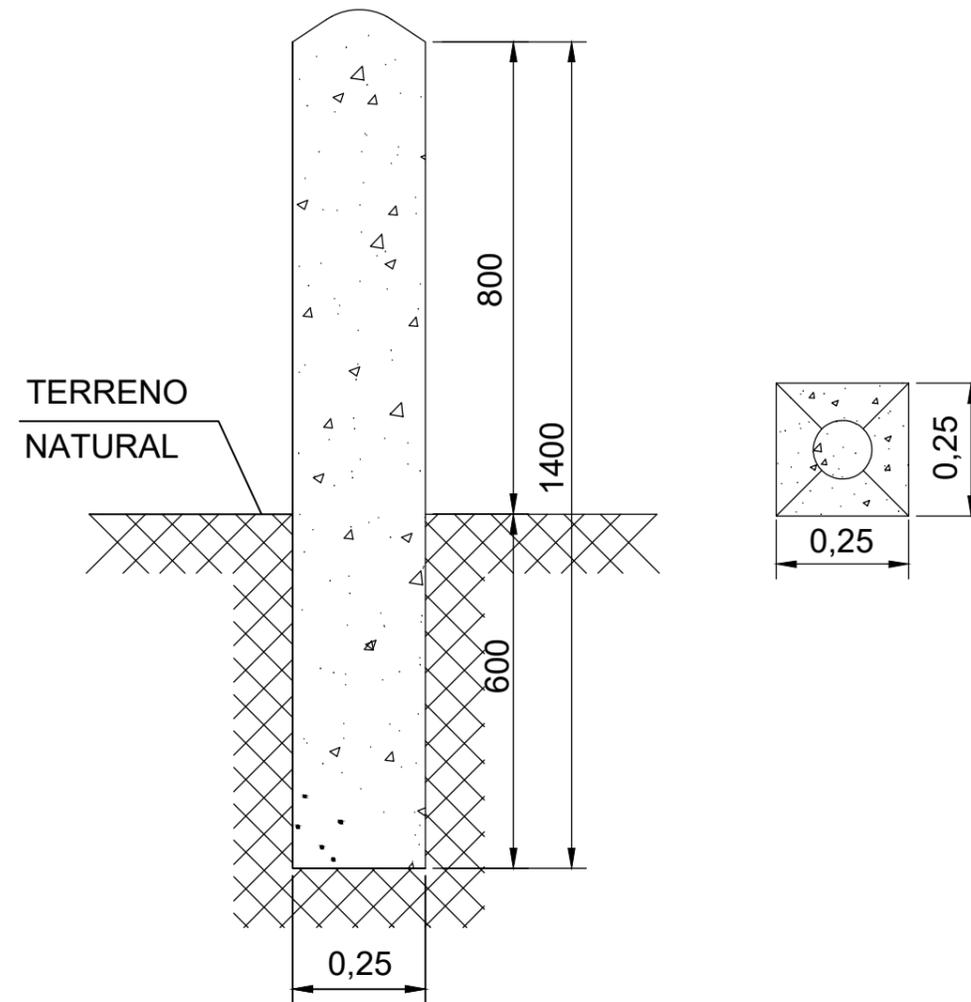
\* La posición 2 se compactará mecánicamente por tongadas de un espesor máximo de 0,3m

\*\* El tendido de los cables unipolares formará un trébol, sujeto con cinta de PVC cada 1,5m

**HITO DE SEÑALIZACIÓN**

ALZADO

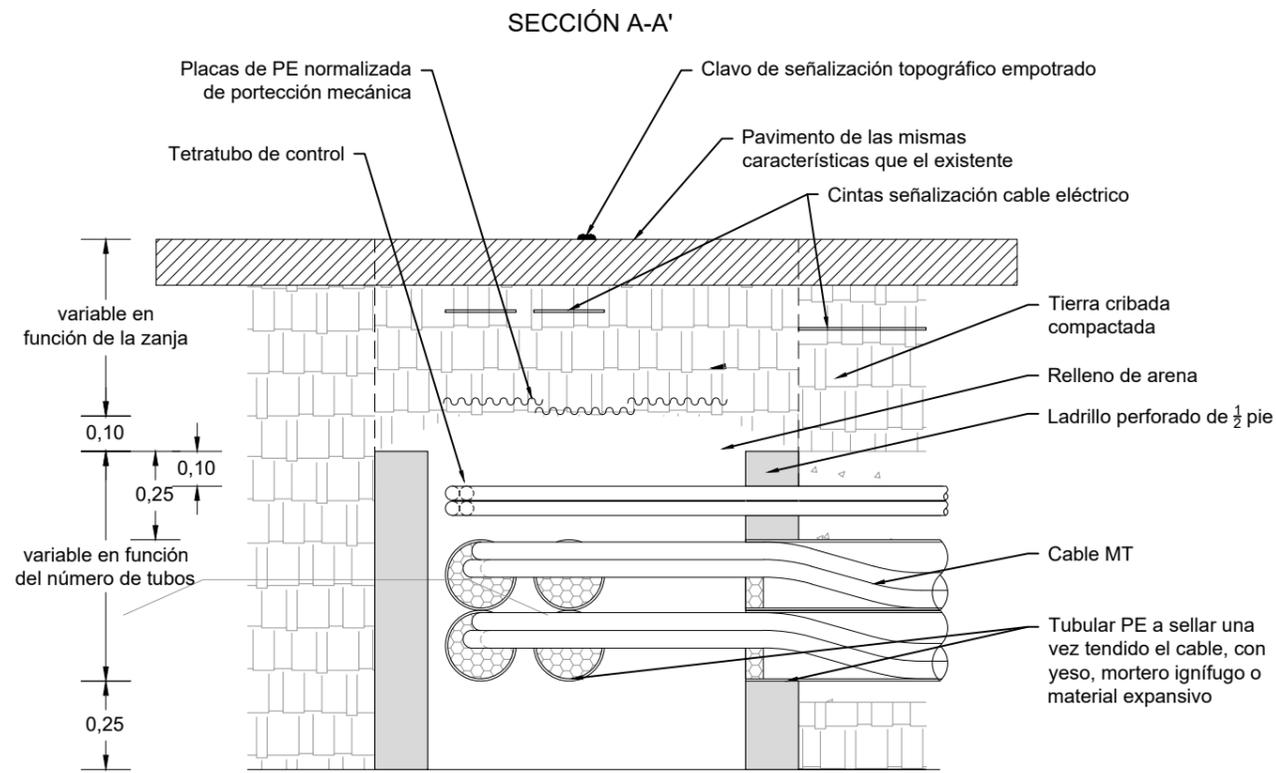
PLANTA



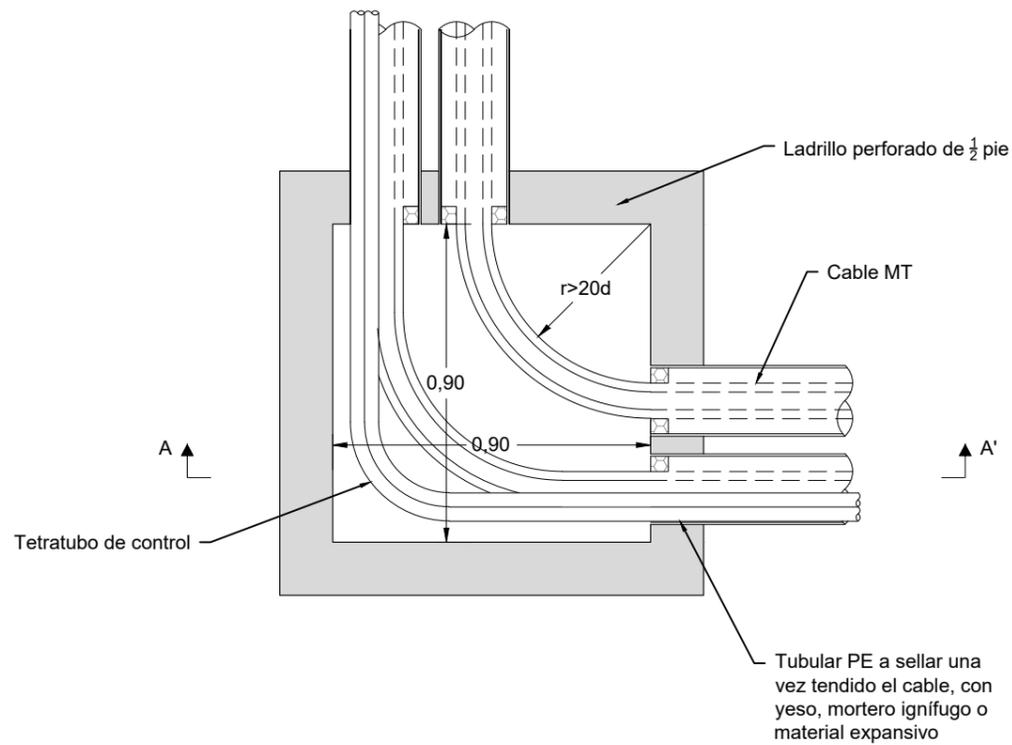
LOS HITOS IRÁN SITUADOS CADA 50 m Y EN LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN DE LAS ZANJAS

|             |  |     |             |                              |
|-------------|--|-----|-------------|------------------------------|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        |                              |
| Comprobado  |  |     | HOJA 1 DE 7 |                              |
| ID.s.Normas |  |     |             |                              |
| Escala:     | DETALLE ZANJA SUBTERRÁNEA  |     |             | Firma:                       |
| S/E         |  |     |             |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

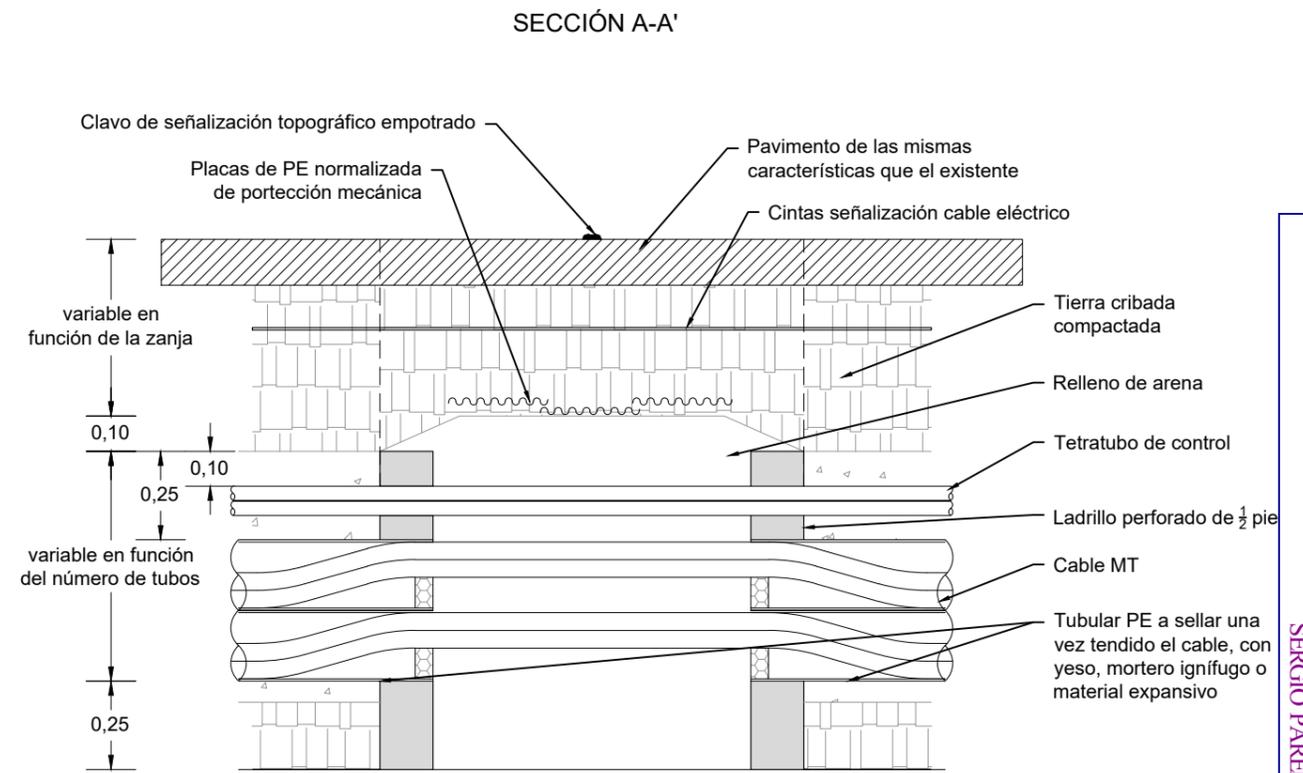
**ARQUETA CAMBIO DE SENTIDO**



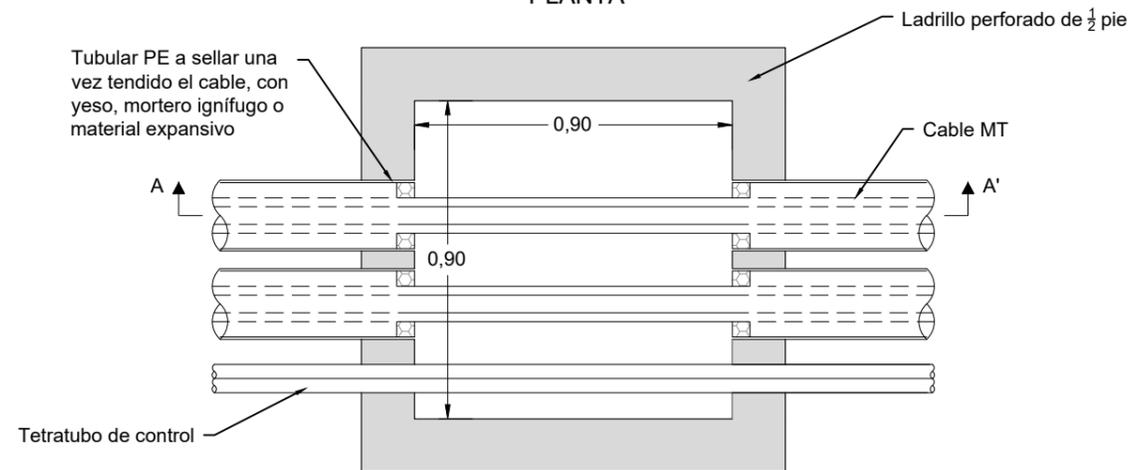
**PLANTA**



**ARQUETA A1 CIEGA**



**PLANTA**

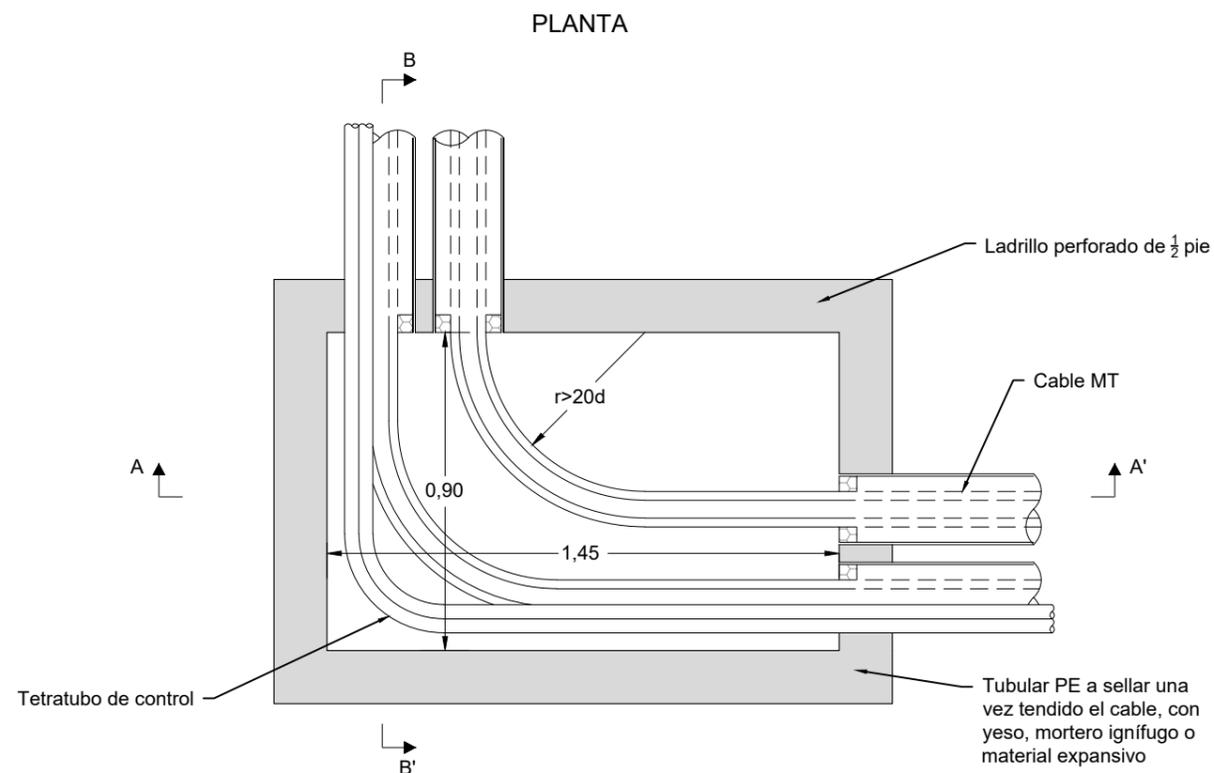
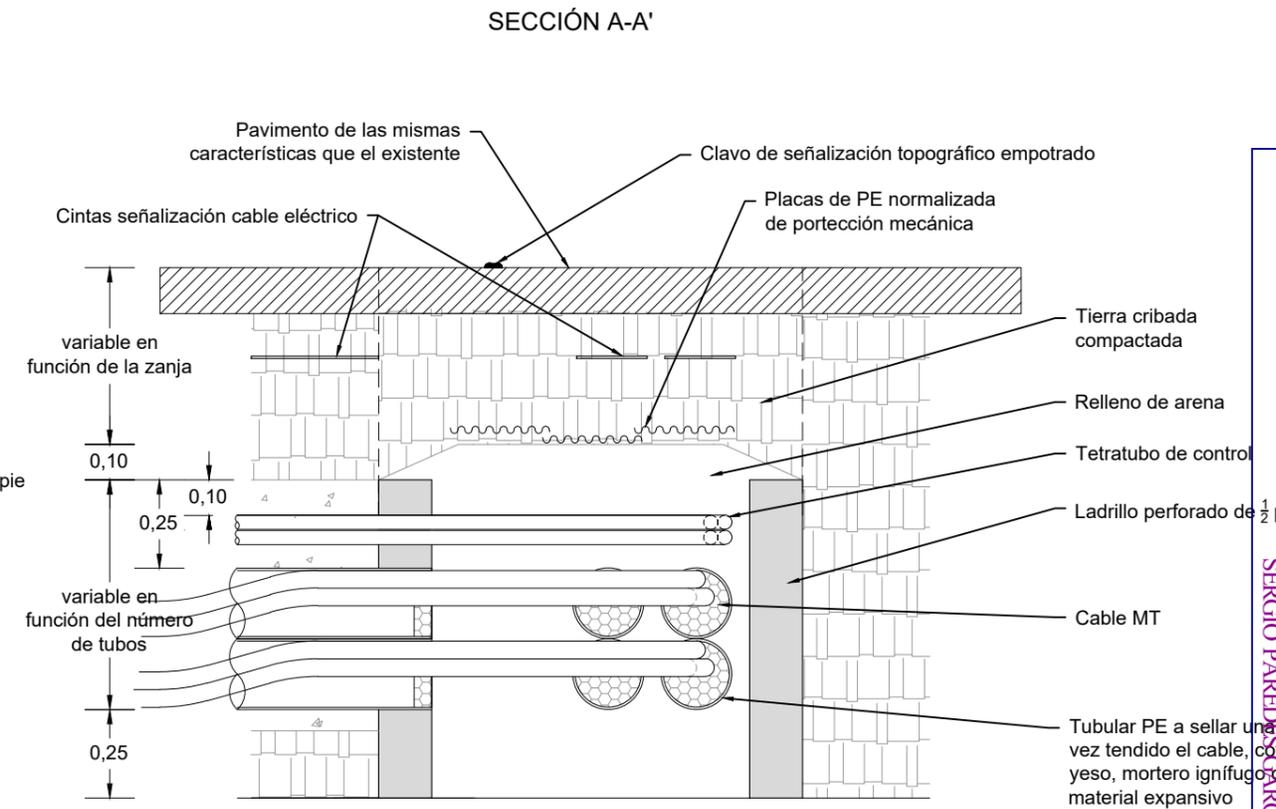
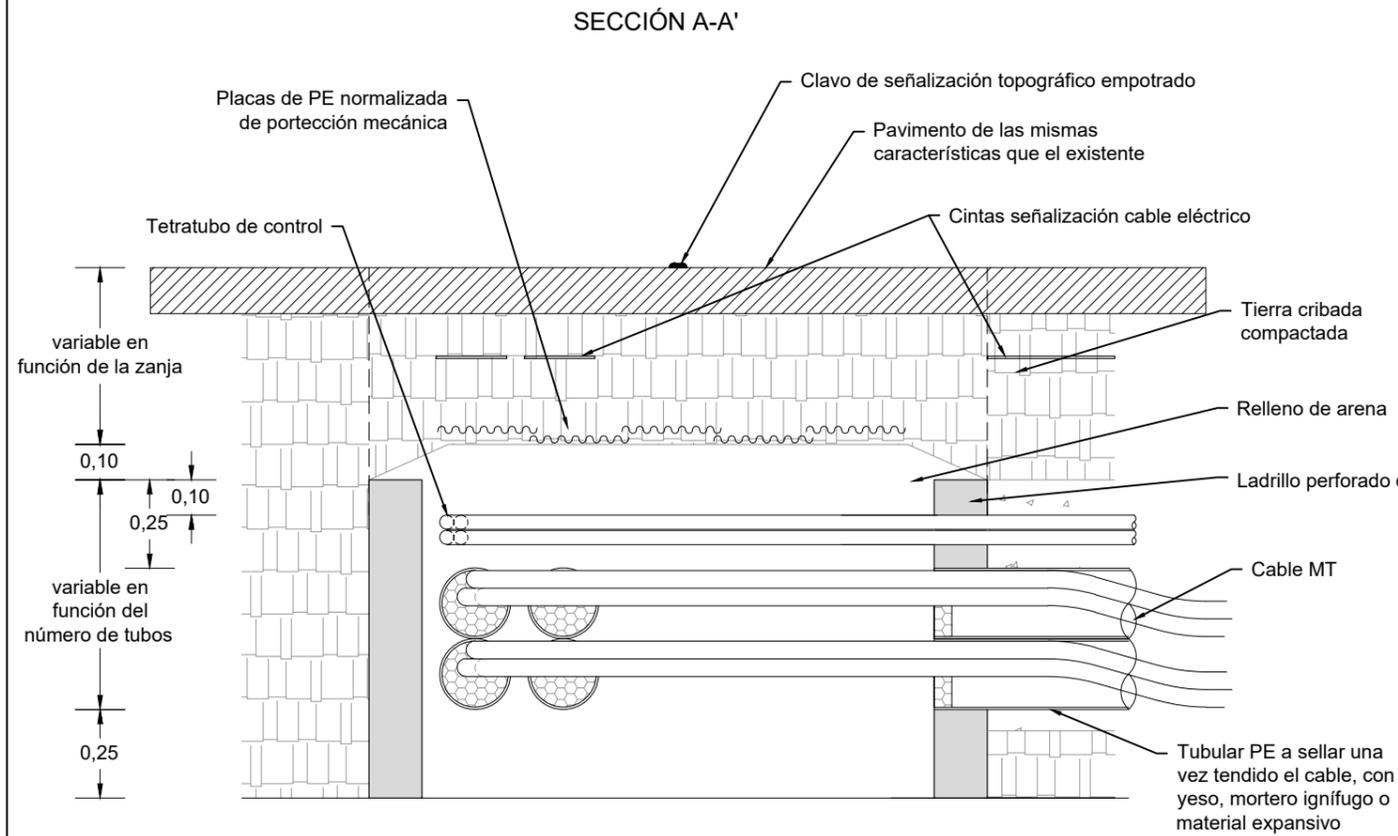


|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 2 DE 7 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | DETALLE ARQUETA A1 CIEGA   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARUÉL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A714141215  
 A9/FE/0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO

# ARQUETA A2 CIEGA

## ARQUETA CAMBIO DE SENTIDO



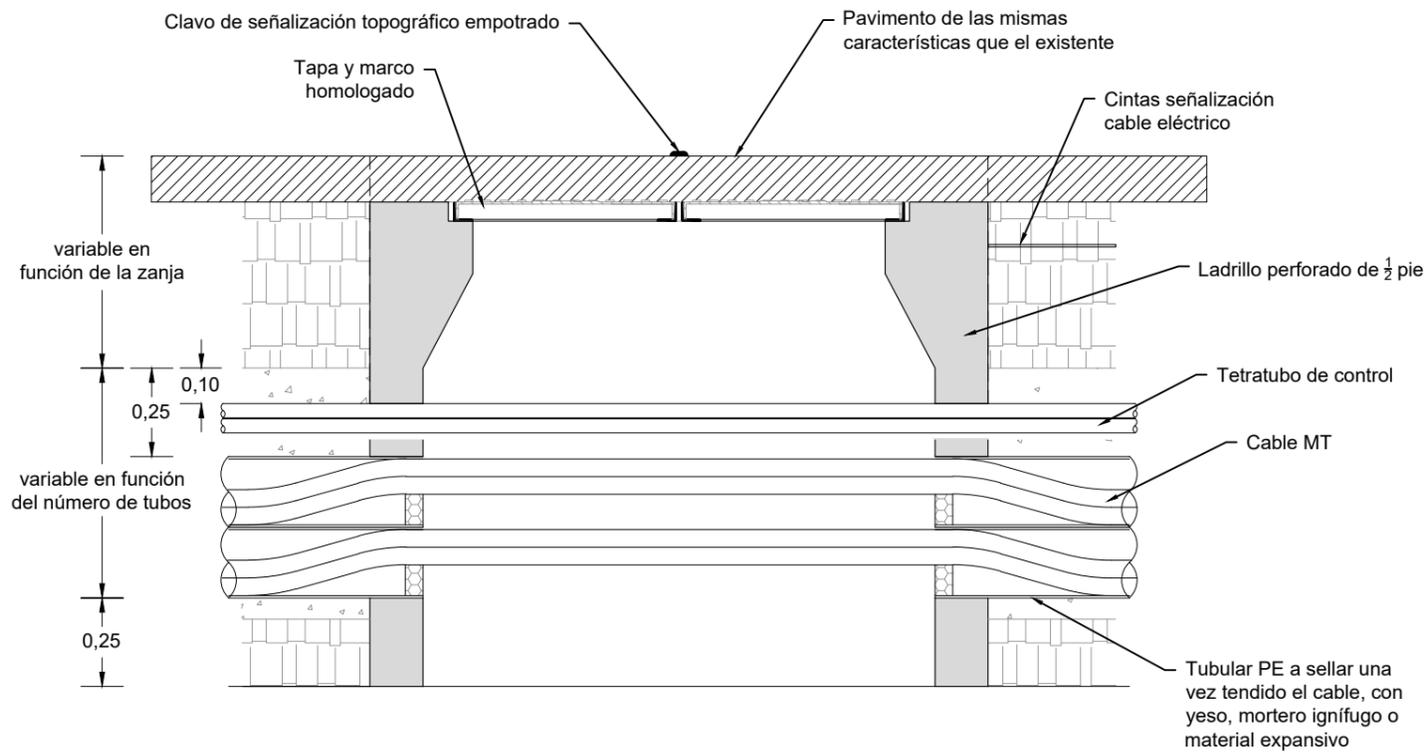
|             |  |     |             |                              |
|-------------|--|-----|-------------|------------------------------|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        | <b>GEOLIS</b><br>L           |
| Comprobado  |  |     | HOJA 3 DE 7 |                              |
| ID.s.Normas |  |     |             |                              |
| Escala:     | <b>DETALLE ARQUETA A2 CIEGA CAMBIO DE SENTIDO</b>  |     |             | Firma:                       |
| S/E         |  |     |             |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A7/4141215  
 A9/E/0  
 SERGIO PAREDES GARCÍA Colegiado nº 0026543  
 VISADO

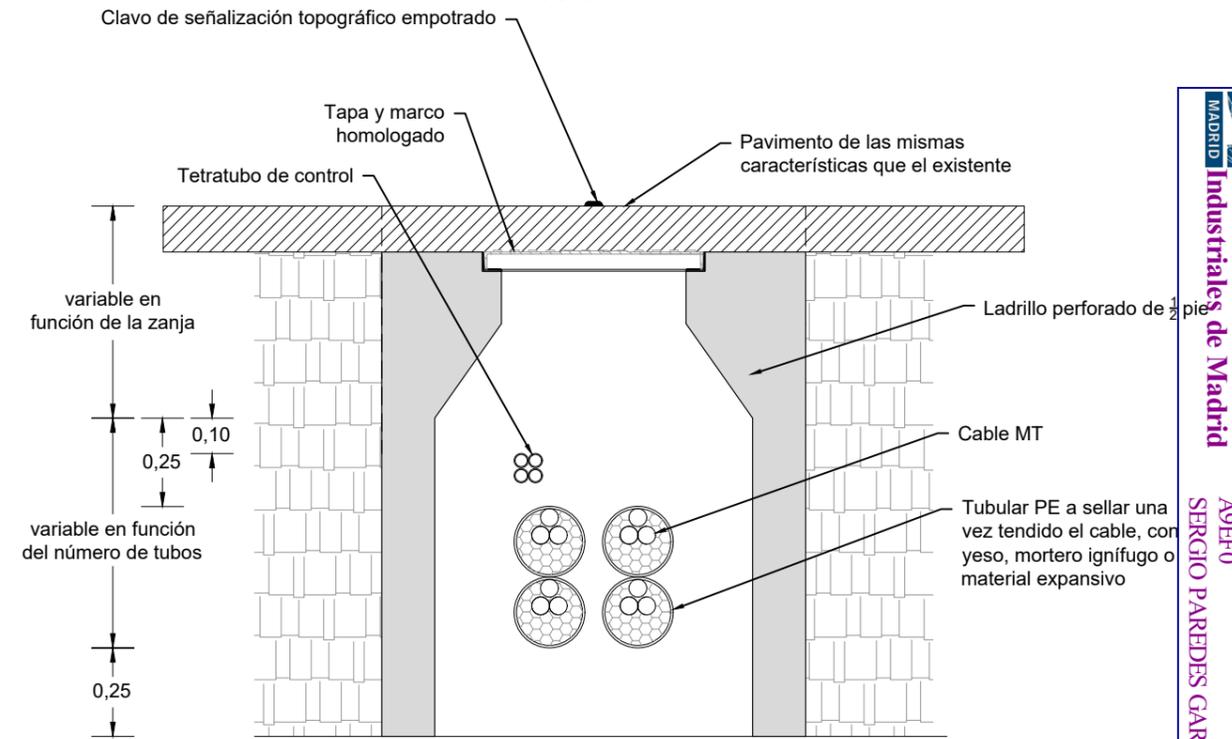
# ARQUETA A2 REGISTRABLE

## ARQUETA EN ALINEACIÓN

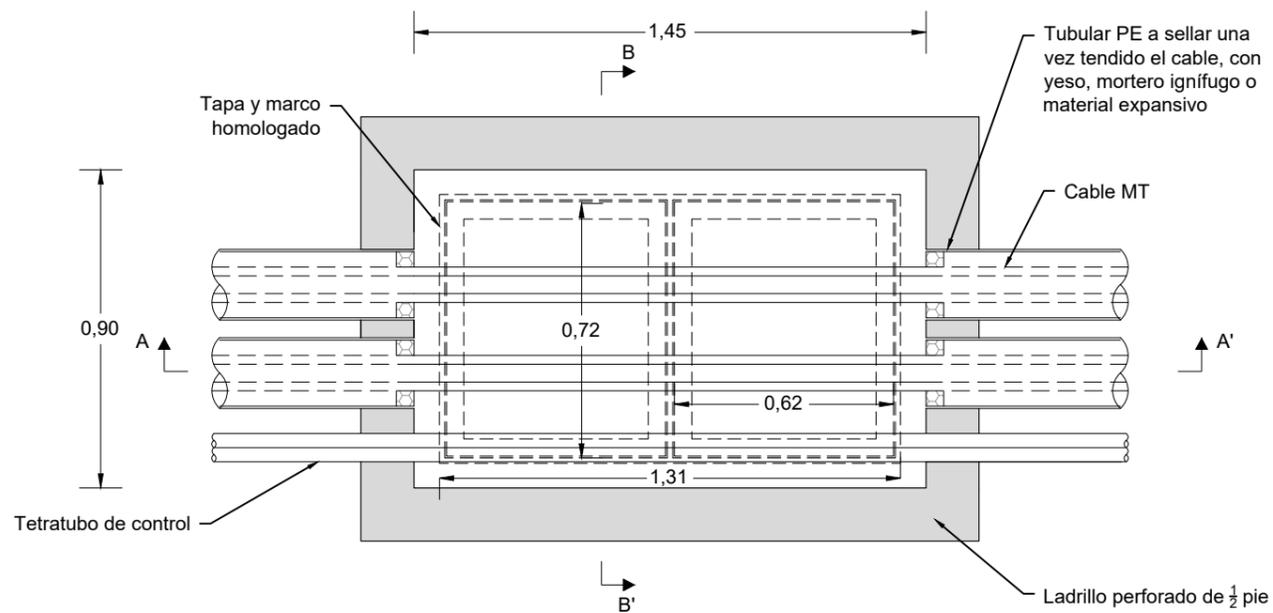
SECCIÓN A-A'



SECCIÓN B-B'



PLANTA

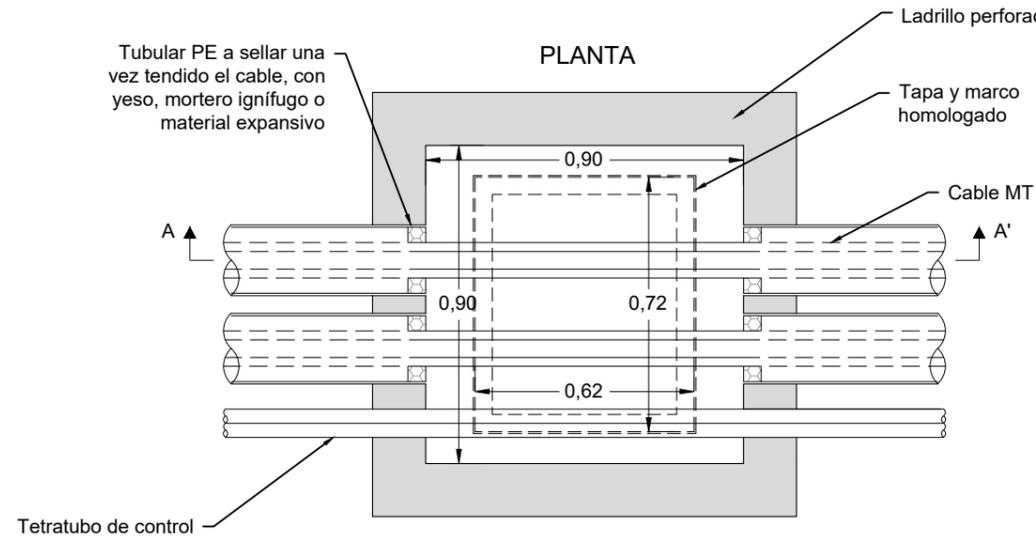
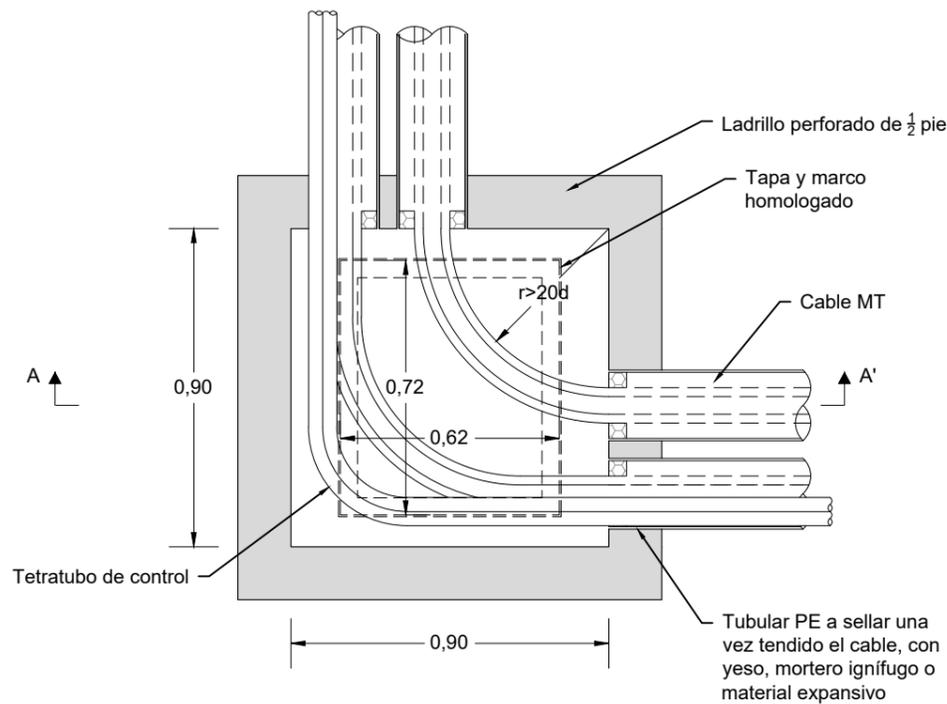
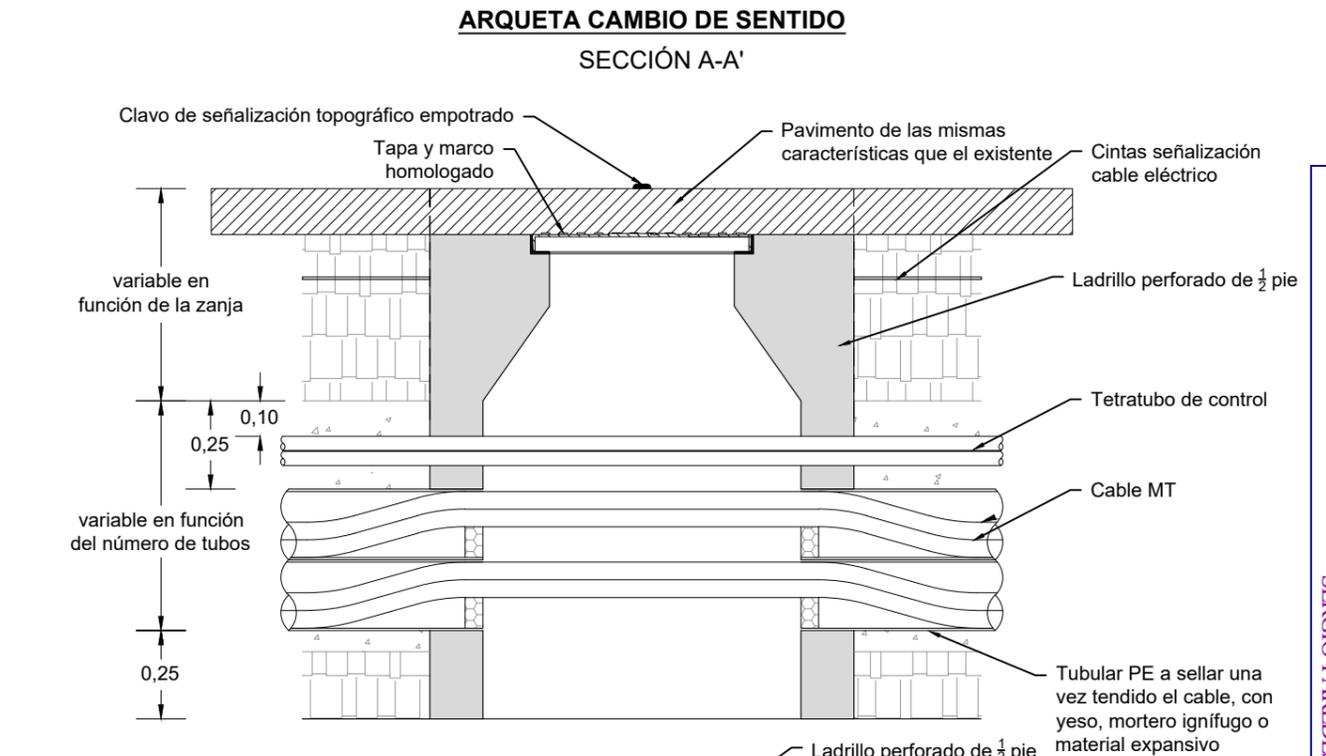
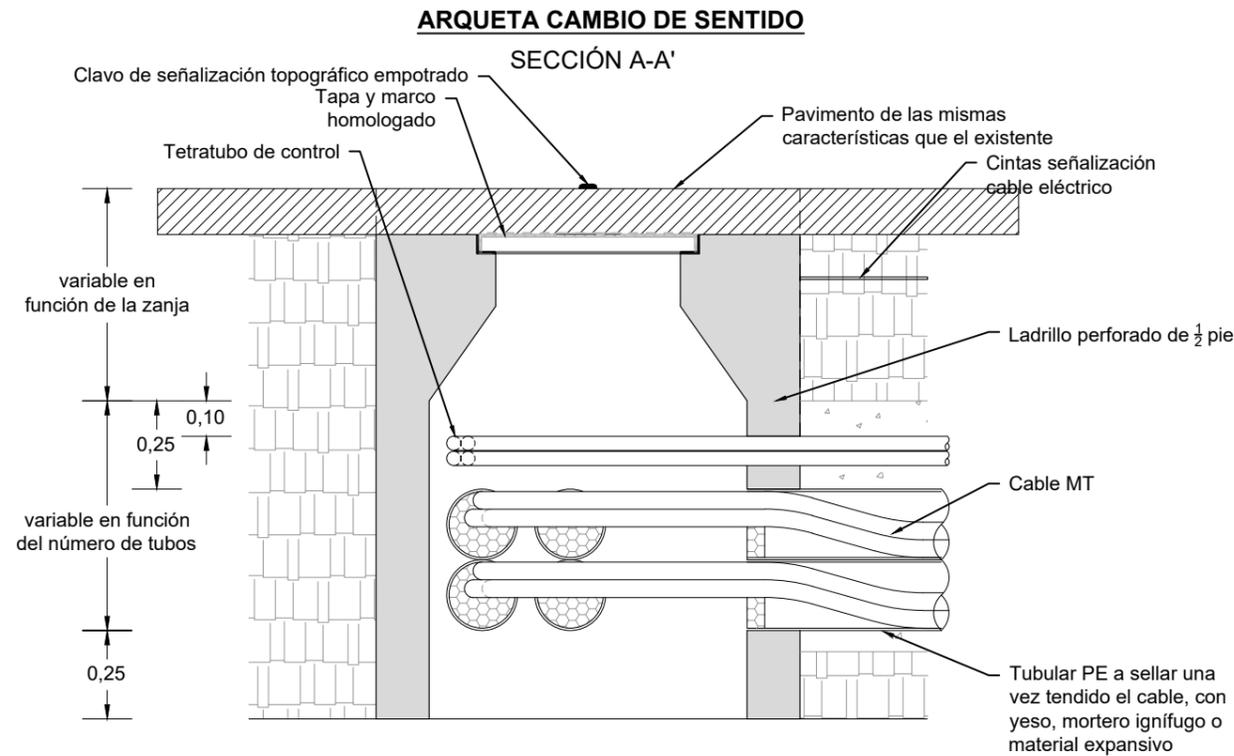


|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 4 DE 7 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | DETALLE ARQUETA A2 REGISTRABLE EN ALINEACIÓN   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A714141215  
 A9FE0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

# ARQUETA A1 REGISTRABLE

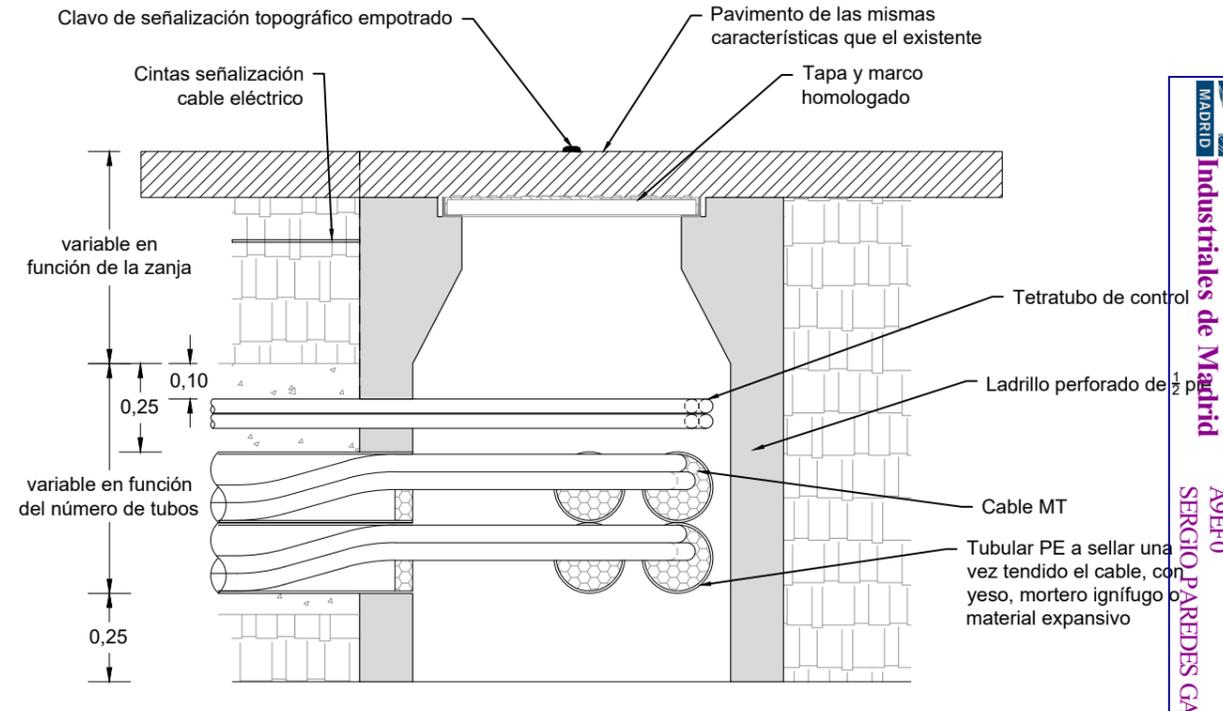
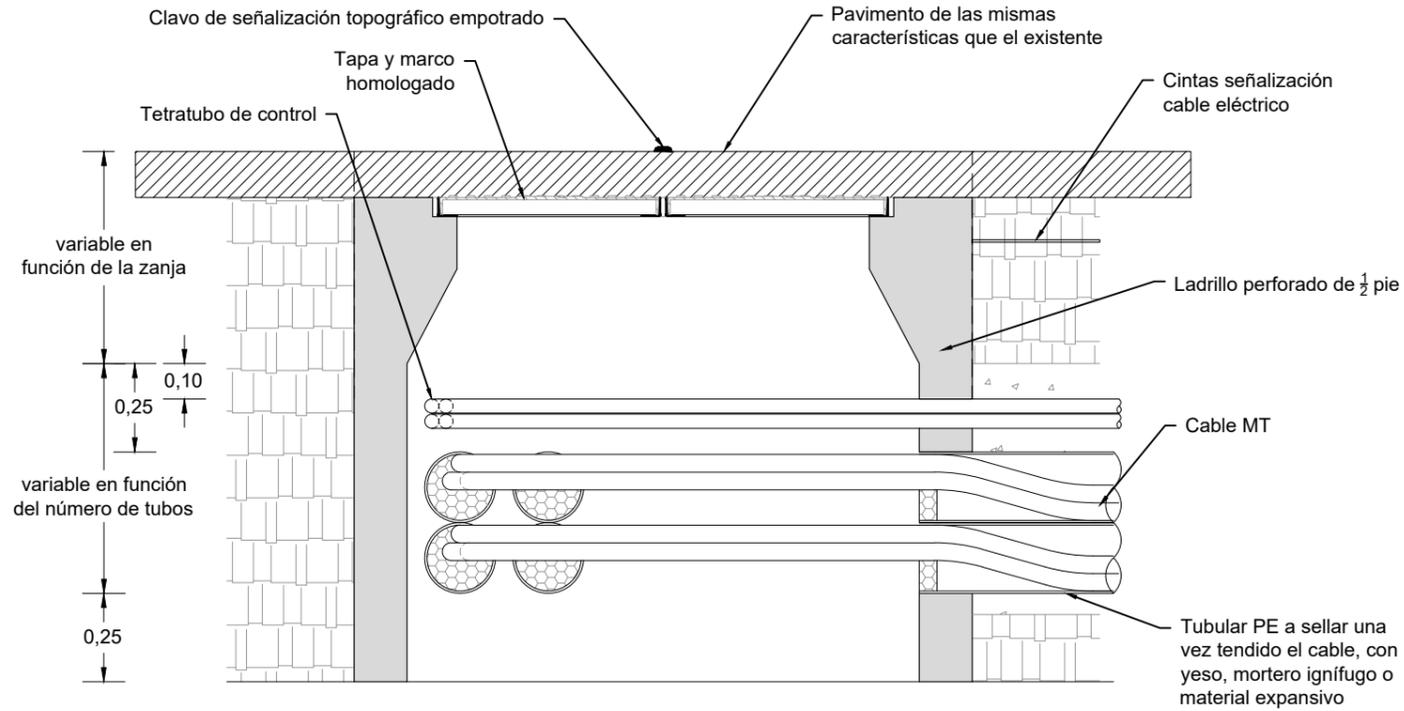


|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 5 DE 7 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | DETALLE ARQUETA A2 CIEGA REGISTRABLE   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARAGONA) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

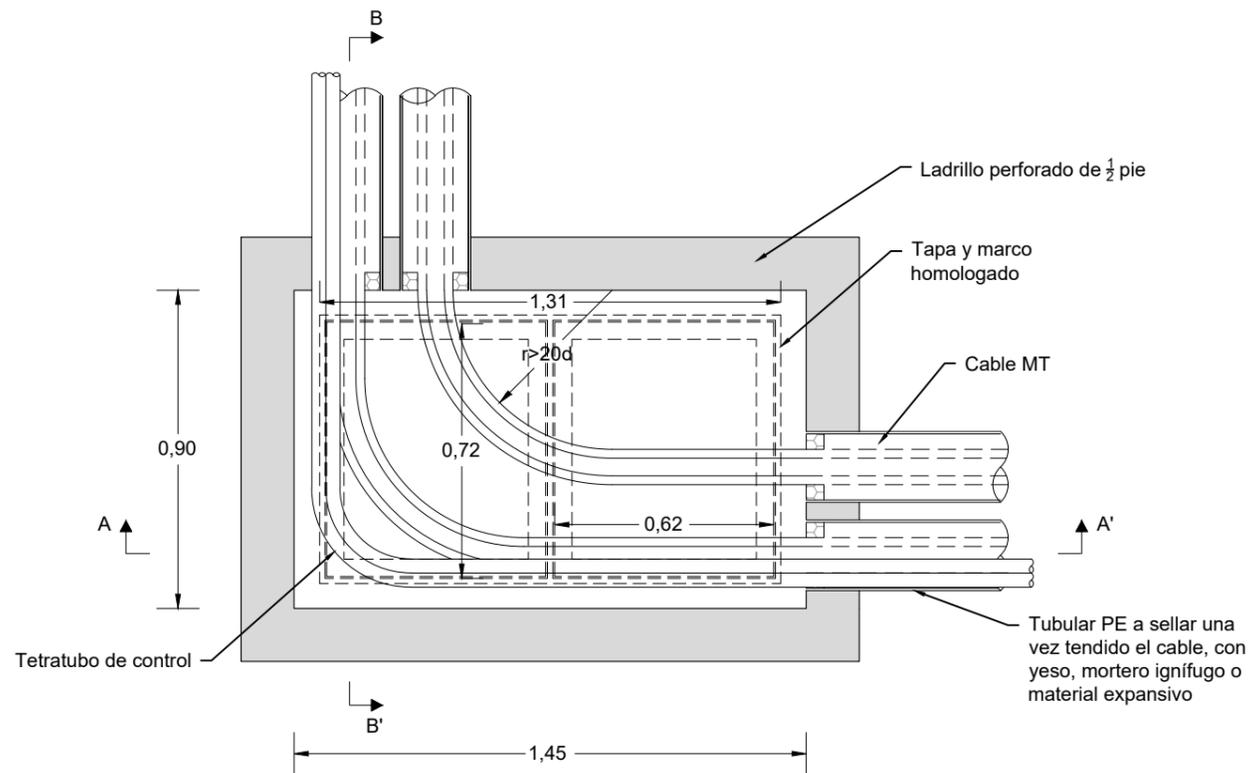
# ARQUETA A2 REGISTRABLE

## ARQUETA CAMBIO DE SENTIDO

SECCIÓN A-A'



PLANTA

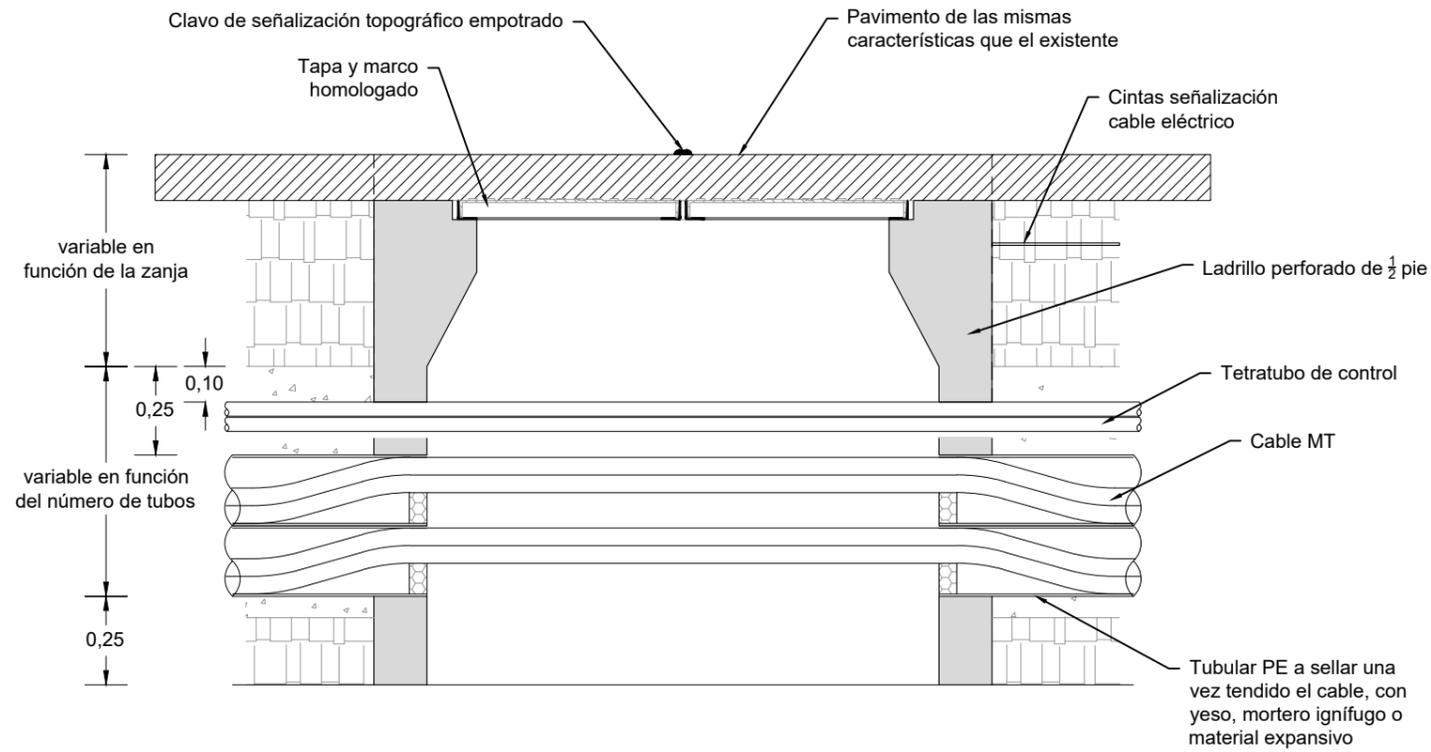


|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 6 DE 7 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | DETALLE ARQUETA A2 REGISTRABLE CAMBIO DE SENTIDO   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

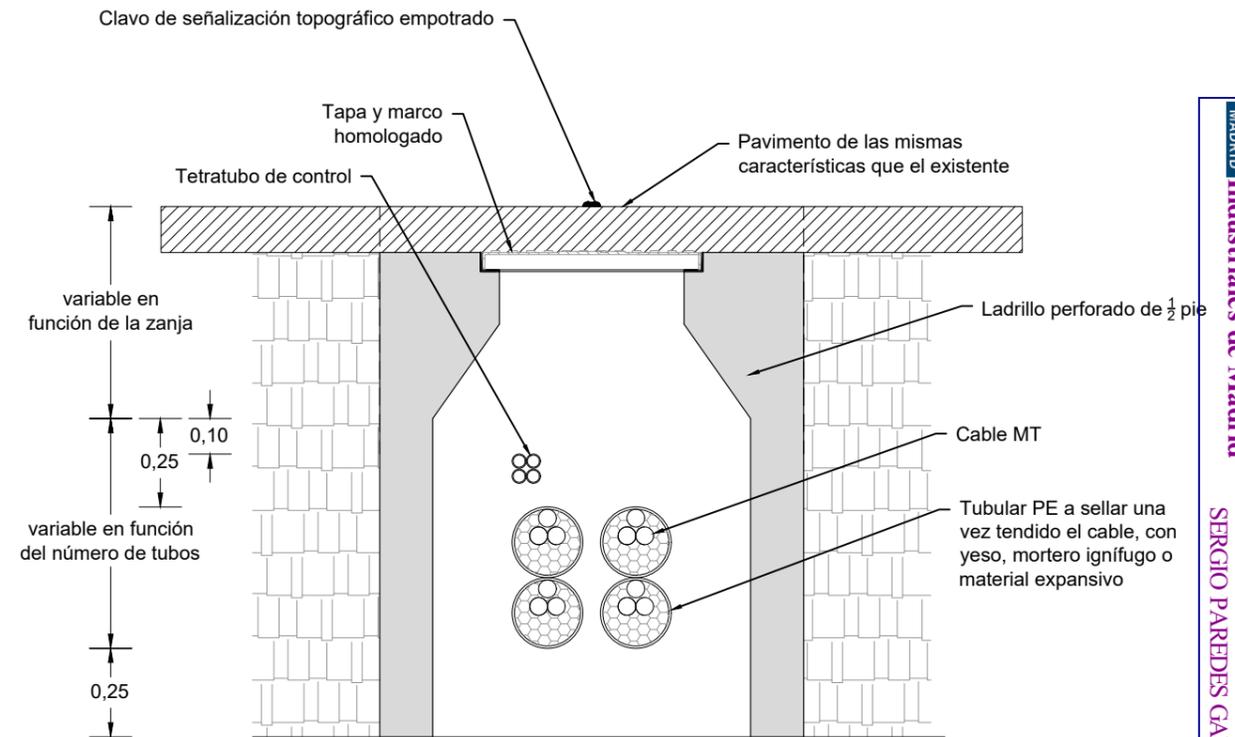
# ARQUETA A2 REGISTRABLE

## ARQUETA EN ALINEACIÓN

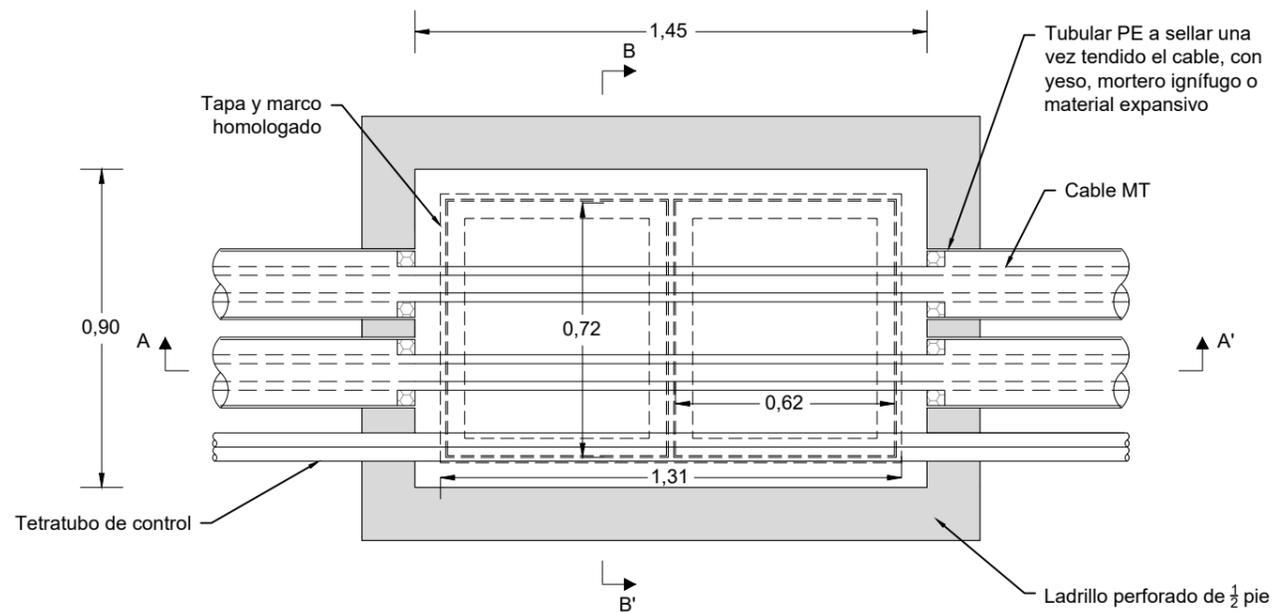
SECCIÓN A-A'



SECCIÓN B-B'



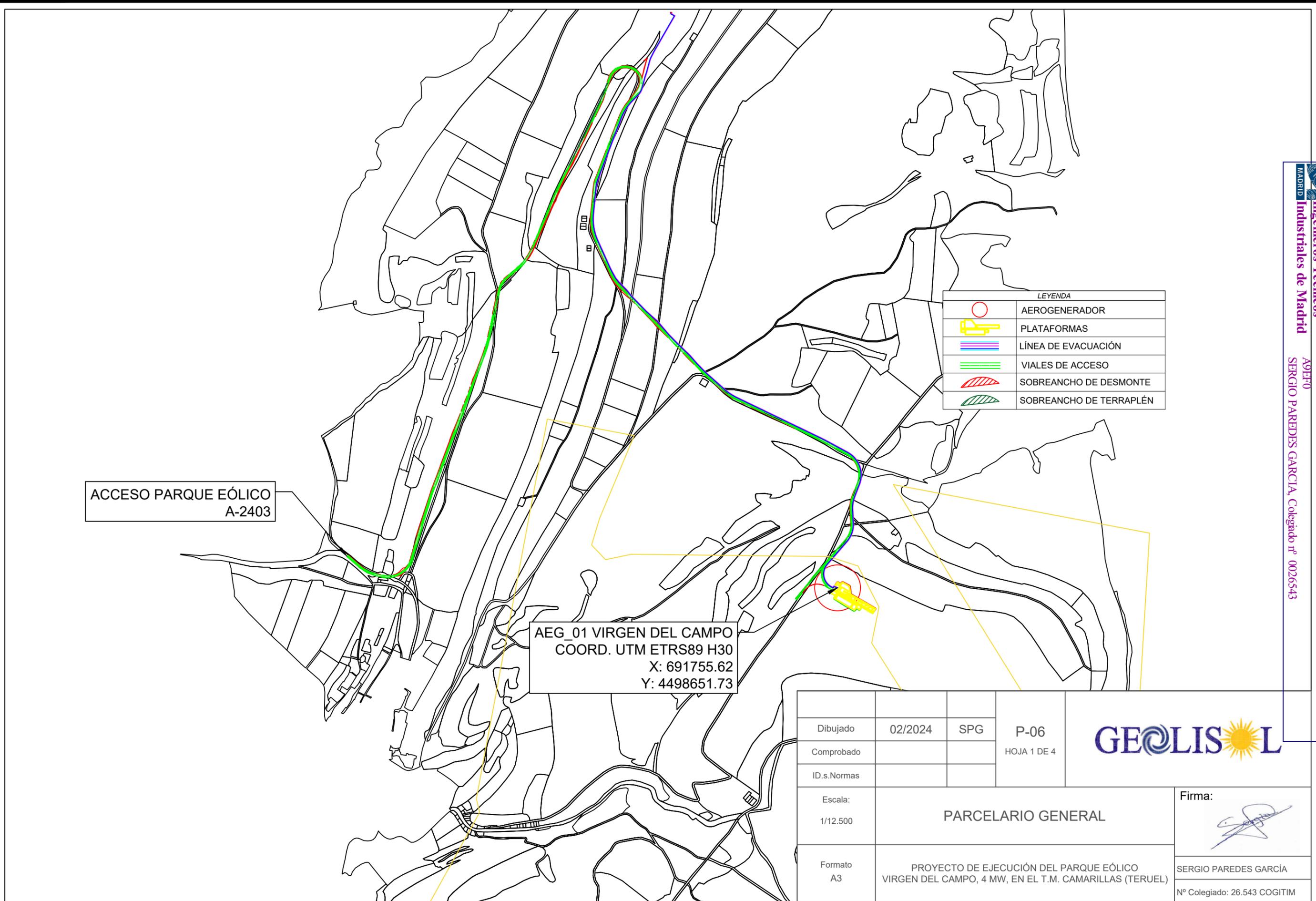
PLANTA

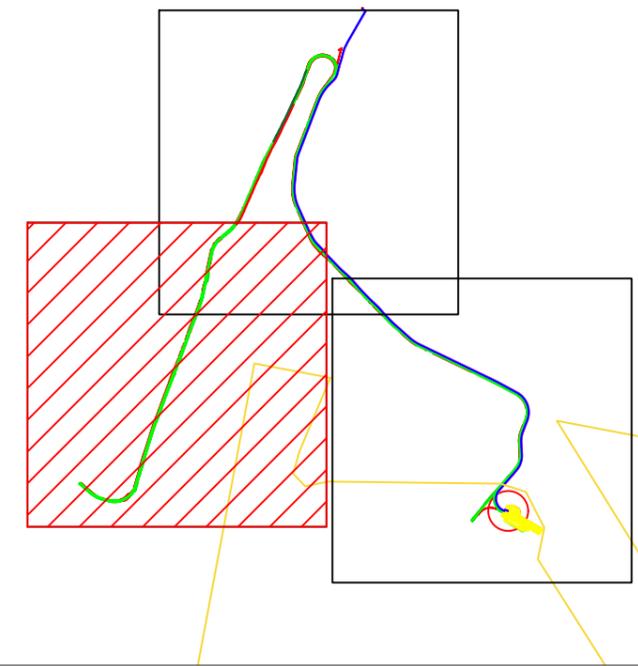


|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-05        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 7 DE 7 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | DETALLE ARQUETA A2 REGISTRABLE EN ALINEACIÓN   |     |             | Firma:  |
| S/E         |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TERUEL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A7/4141215  
 A9/FE/0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

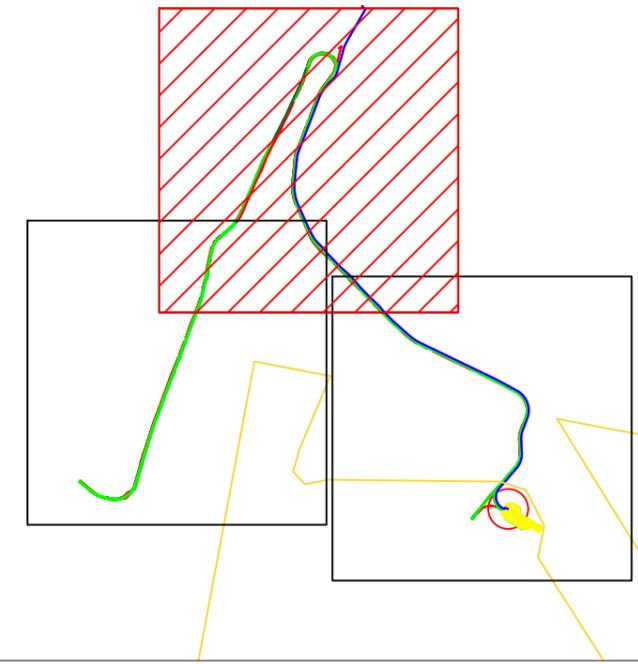
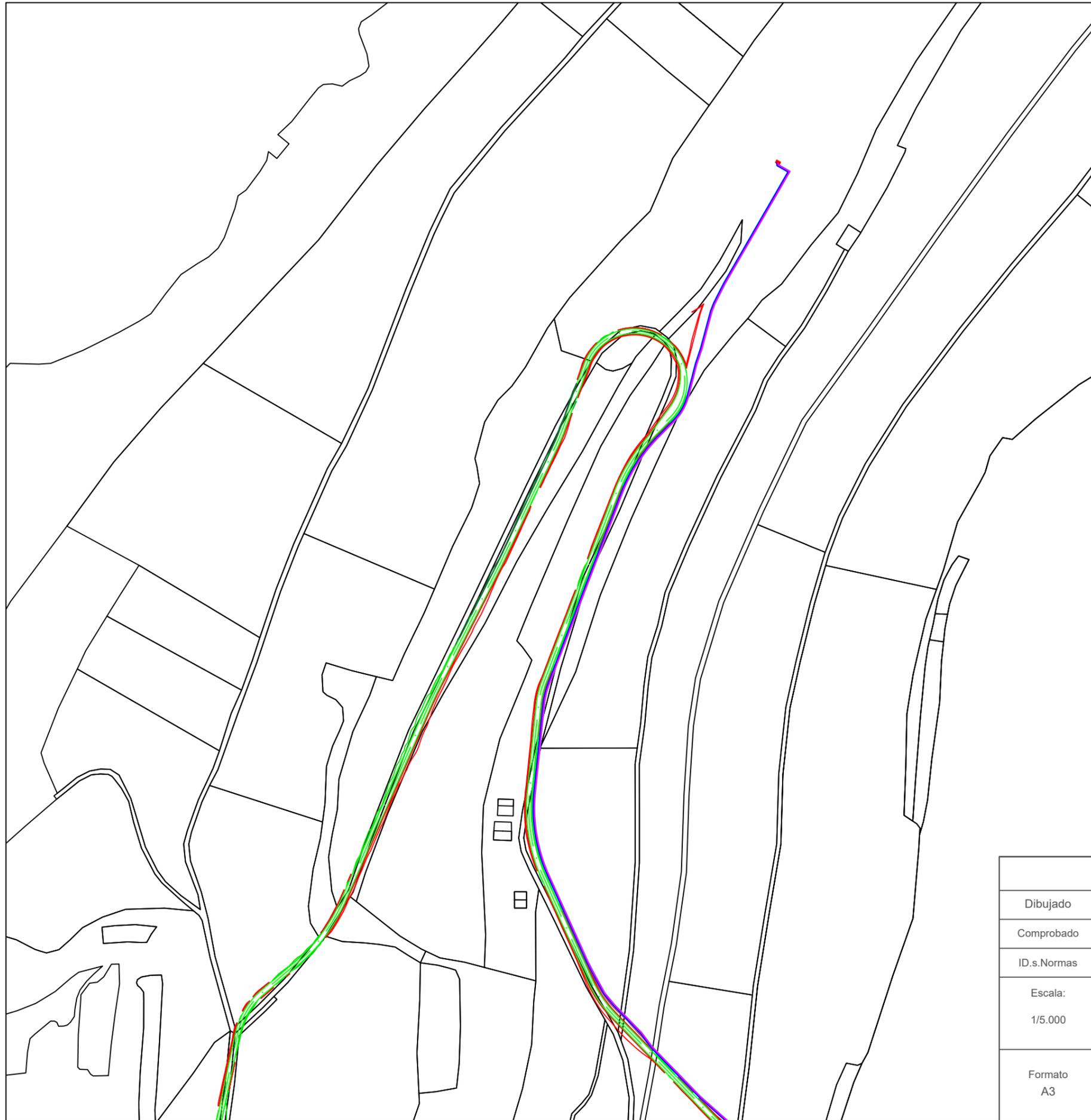




| DATOS PARCELAS AFECTADAS |          |         |                |
|--------------------------|----------|---------|----------------|
| T. M.                    | Poligono | Parcela | Ref. Catastral |
| CAMARILLAS               | 516      | 9003    | 44055A51609003 |
| CAMARILLAS               | 508      | 6       | 44055A50800006 |
| CAMARILLAS               | 508      | 5337    | 44055A50805337 |
| CAMARILLAS               | 508      | 9005    | 44055A50809005 |
| CAMARILLAS               | 505      | 9006    | 44055A50809006 |
| CAMARILLAS               | 505      | 9003    | 44055A50509003 |
| CAMARILLAS               | 505      | 27      | 44055A50500027 |
| CAMARILLAS               | 505      | 5196    | 44055A50505196 |
| CAMARILLAS               | 508      | 5195    | 44055A50805195 |
| CAMARILLAS               | 505      | 30      | 44055A50500030 |
| CAMARILLAS               | 505      | 20029   | 44055A50520029 |
| CAMARILLAS               | 505      | 10029   | 44055A50510029 |
| CAMARILLAS               | 505      | 9001    | 44055A50509001 |
| CAMARILLAS               | 505      | 5275    | 44055A50505275 |
| CAMARILLAS               | 505      | 9001    | 44055A50509001 |

|             |  |     |             |   |
|-------------|--|-----|-------------|---|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-06        |  |
| Comprobado  |  |     | HOJA 2 DE 4 |   |
| ID.s.Normas |  |     |             |   |
| Escala:     | PARCELARIO TRAMO 1   |     |             | Firma:  |
| 1/5.000     |  |     |             |  |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARAGONA) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA   |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM  |

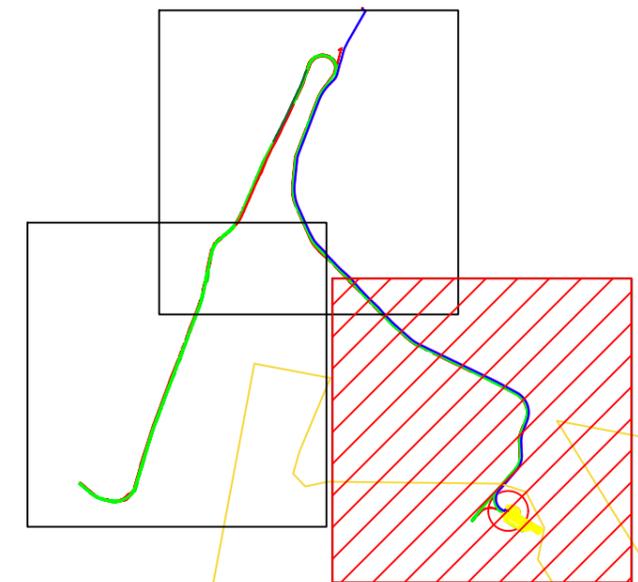
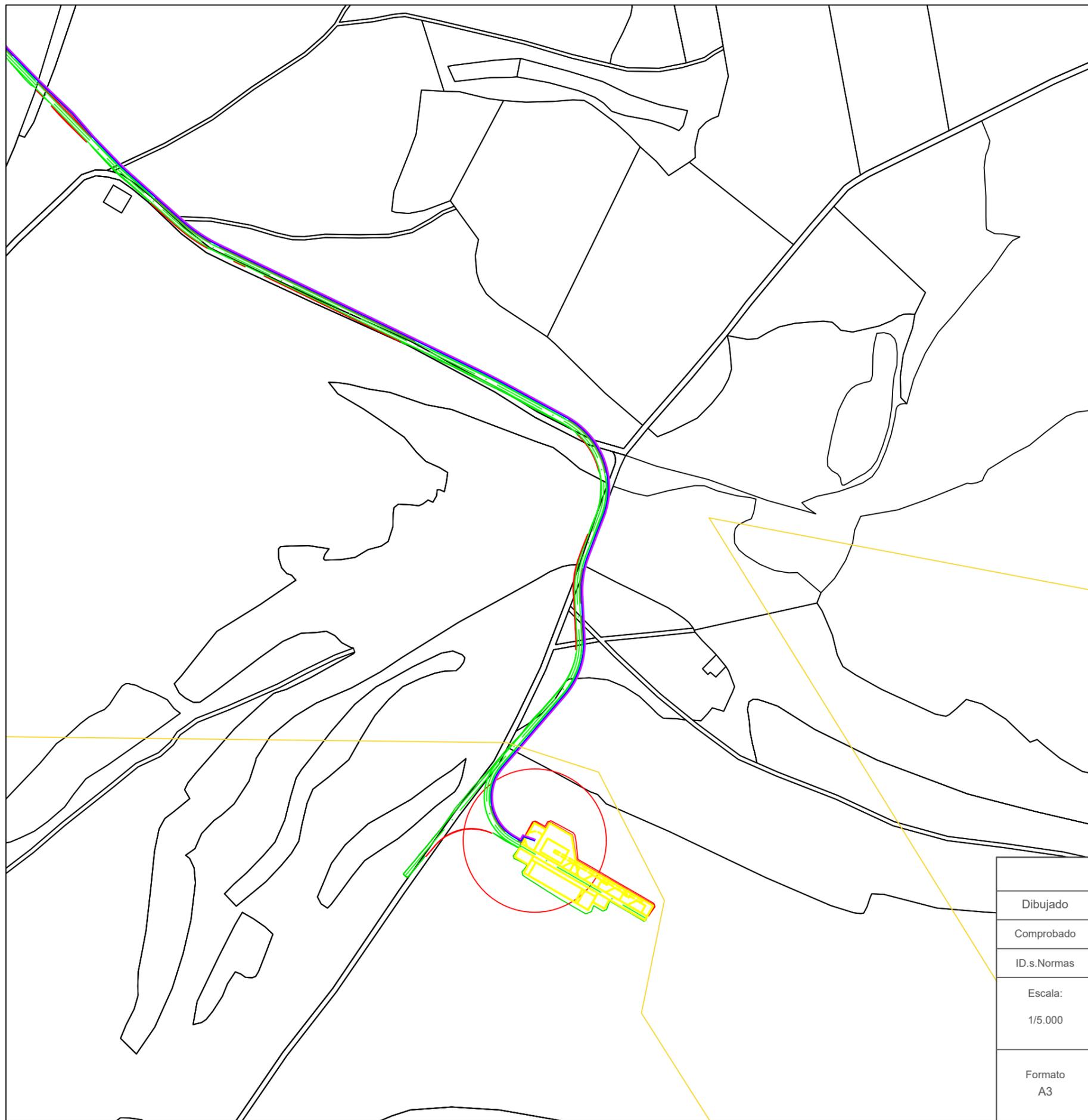
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A7/4141215  
 A9FE0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO



| DATOS PARCELAS AFECTADAS |          |         |                |
|--------------------------|----------|---------|----------------|
| T. M.                    | Polígono | Parcela | Ref. Catastral |
| CAMARILLAS               | 505      | 30      | 44055A50500030 |
| CAMARILLAS               | 505      | 20029   | 44055A50520029 |
| CAMARILLAS               | 505      | 5270    | 44055A50505270 |
| CAMARILLAS               | 505      | 5274    | 44055A50505274 |
| CAMARILLAS               | 505      | 31      | 44055A50500031 |
| CAMARILLAS               | 505      | 5275    | 44055A50505275 |
| CAMARILLAS               | 505      | 35      | 44055A50500035 |
| CAMARILLAS               | 505      | 9002    | 44055A50509002 |
| CAMARILLAS               | 506      | 9       | 44055A50600009 |
| CAMARILLAS               | 506      | 9001    | 44055A50609001 |
| CAMARILLAS               | 506      | 14      | 44055A50600014 |
| CAMARILLAS               | 506      | 5035    | 44055A50605035 |
| CAMARILLAS               | 506      | 5311    | 44055A50605311 |
| CAMARILLAS               | 506      | 9003    | 44055A50609003 |

|             |  |     |             |                              |
|-------------|--|-----|-------------|------------------------------|
| Dibujado    | 02/2024  | SPG | P-06        |                              |
| Comprobado  |  |     | HOJA 3 DE 4 |                              |
| ID.s.Normas |  |     |             |                              |
| Escala:     | PARCELARIO TRAMO 2   |     |             | Firma:                       |
| 1/5.000     |  |     |             |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARAGONA) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: A7/4141215  
 A9FE0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO



| DATOS PARCELAS AFECTADAS |          |         |                |
|--------------------------|----------|---------|----------------|
| T. M.                    | Polígono | Parcela | Ref. Catastral |
| CAMARILLAS               | 506      | 5330    | 44055A50605330 |
| CAMARILLAS               | 506      | 9004    | 44055A50609004 |
| CAMARILLAS               | 506      | 9005    | 44055A50609005 |
| CAMARILLAS               | 506      | 5307    | 44055A50605307 |
| CAMARILLAS               | 507      | 5332    | 44055A50705332 |
| CAMARILLAS               | 507      | 1       | 44055A50700001 |
| CAMARILLAS               | 507      | 9001    | 44055A50709001 |
| CAMARILLAS               | 507      | 5328    | 44055A50705328 |
| CAMARILLAS               | 507      | 5325    | 44055A50705325 |
| CAMARILLAS               | 507      | 9003    | 44055A50709003 |
| CAMARILLAS               | 507      | 5329    | 44055A50705329 |
| CAMARILLAS               | 507      | 5332    | 44055A50705330 |
| CAMARILLAS               | 507      | 6       | 44055A50700006 |
| CAMARILLAS               | 507      | 5327    | 44055A50705327 |

|             |         |     |             |
|-------------|---------|-----|-------------|
| Dibujado    | 02/2024 | SPG | P-02        |
| Comprobado  |         |     | HOJA 4 DE 4 |
| ID.s.Normas |         |     |             |

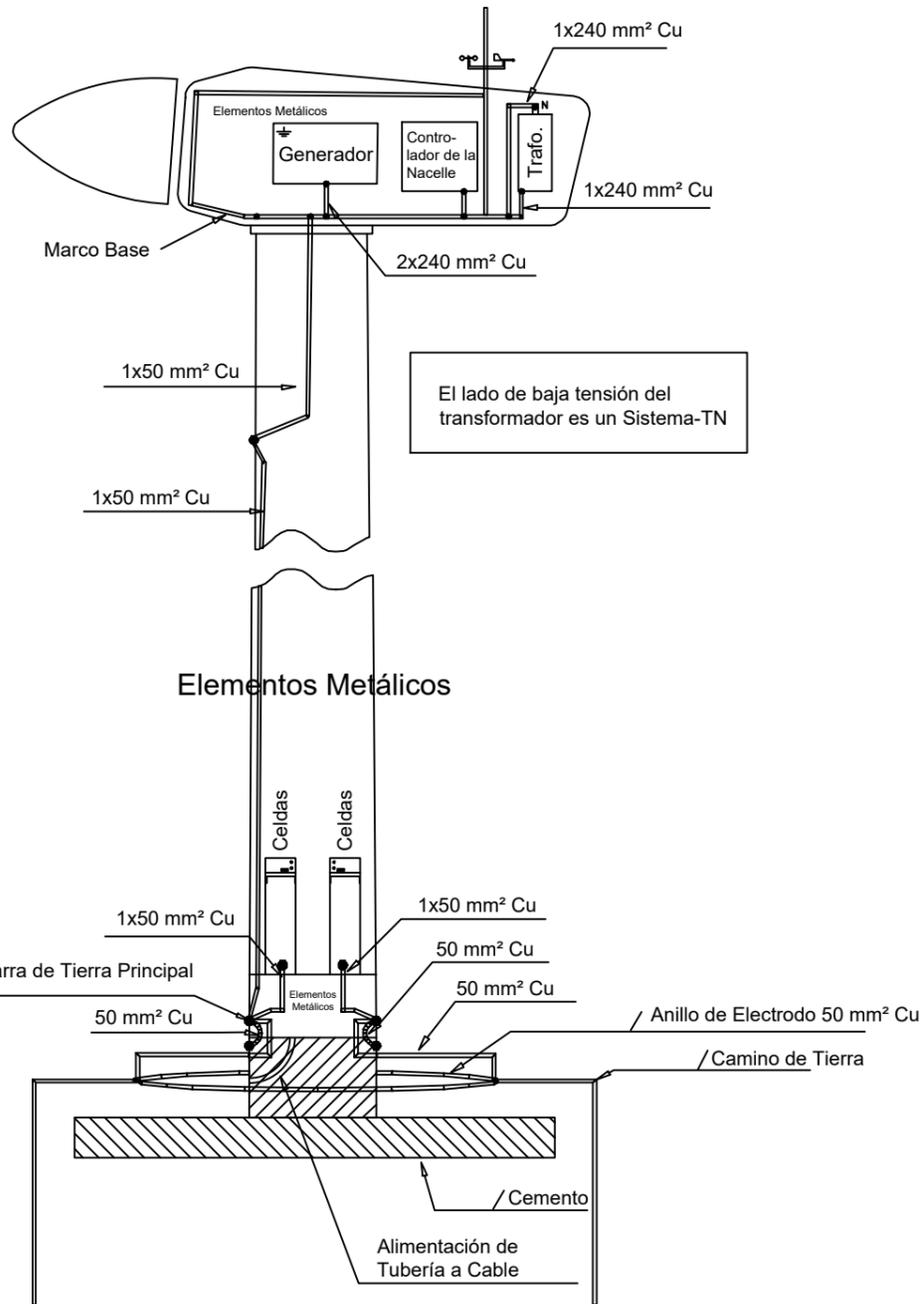


|         |  |
|---------|--|
| Escala: | PARCELARIO TRAMO 3   |
| 1/5.000 |  |
| Formato | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARUÉL) |
| A3      |  |

Firma:

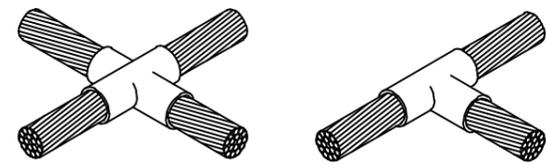


SERGIO PAREDES GARCÍA  
Nº Colegiado: 26.543 COGITIM



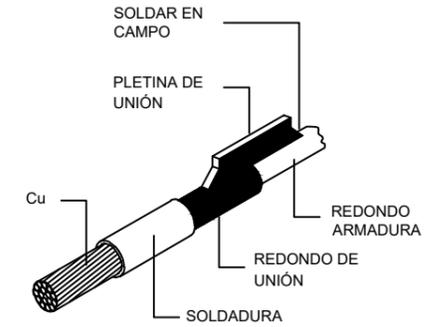
El lado de baja tensión del transformador es un Sistema-TN

UNIONES DE 3 O 4 CABLES Cu POR SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA (CADWELL)

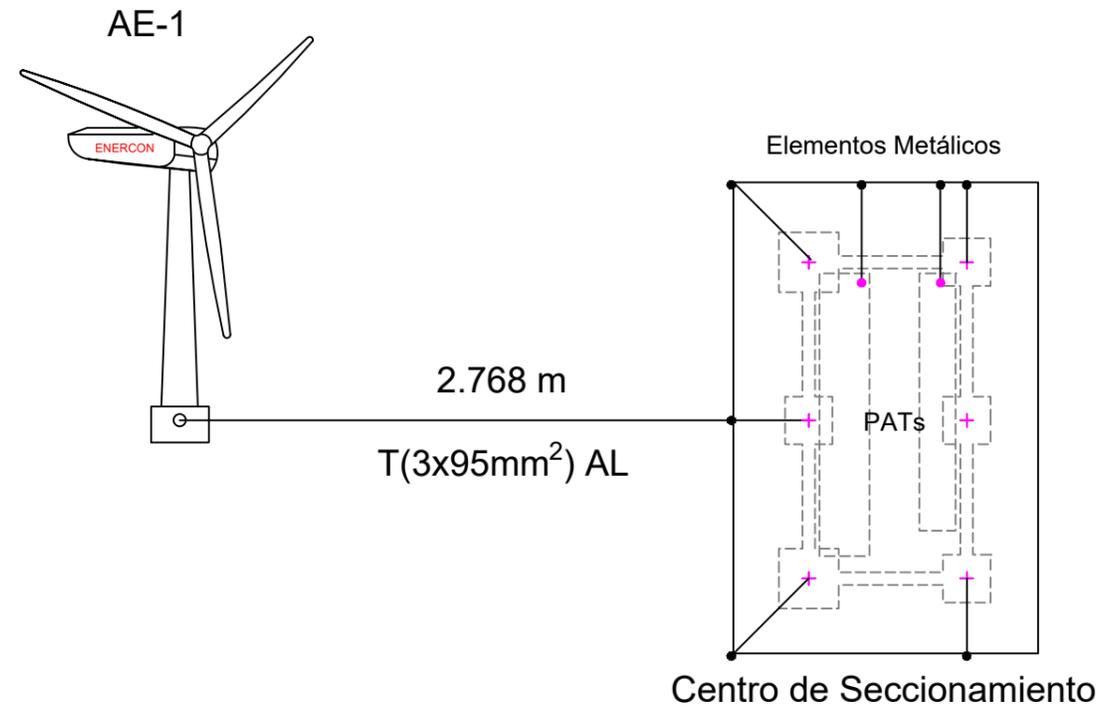


SOLDADURA EN CRUZ SOLDADURA EN T

UNIÓN DE CABLE Cu CON ARMADURA ZAPATA, POR SOLDADURA CON MATERIAL DE APORTACIÓN



PIEZAS SOMBREADAS, REALIZADAS EN TALLER (PARA ADAPTAR 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    | 02/2024  | SPG | P-08        |                              |
| Comprobado  |  |     | HOJA 1 DE 1 |                              |
| ID.s.Normas |  |     |             |                              |
| Escala:     | RED DE TIERRAS   |     |             | Firma:                       |
| S/E         |  |     |             |                              |
| Formato     | PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL PARQUE EÓLICO VIRGEN DEL CAMPO, 4 MW, EN EL T.M. CAMARILLAS (TARUÉL) |     |             | SERGIO PAREDES GARCÍA        |
| A3          |  |     |             | Nº Colegiado: 26.543 COGITIM |

Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/11/2024. Puede verse el documento en: 471 4141215  
 A9/EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
 VISADO

## CAPÍTULO 5. PLIEGO DE CONDICIONES

**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| A. OBRA CIVIL.....  | 6  |
| 1. CONDICIONES GENERALES .....                            | 6  |
| 1.1. OBJETO.....  | 6  |
| 1.2. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA.....                    | 6  |
| 1.3. CONTRADICCIONES Y OMISIONES EN LA DOCUMENTACIÓN ..   | 7  |
| 1.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....                   | 7  |
| 1.5. CONFRONTACIÓN DE PLANOS Y MEDIDAS .....              | 7  |
| 1.6. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN .....                         | 7  |
| 1.7. FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN.....                  | 8  |
| 1.8. MEDIOS Y MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN .....               | 8  |
| 1.9. MATERIALES QUE NO REÚNAN LAS CONDICIONES DEL PLIEGO  | 9  |
| 1.10. SUMINISTRO DE AGUA.....                             | 9  |
| 1.12. CONSTRUCCIÓN AUXILIARES.....                        | 9  |
| 1.13. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y LIMPIEZA .....              | 10 |
| 1.14. INSTALACIONES SANITARIAS PROVISIONALES .....        | 10 |
| 1.15. RETIRADA DE MEDIOS AUXILIARES.....                  | 10 |
| 1.16. RELACIONES LEGALES Y RESPONSABILIDAD CON EL PÚBLICO | 10 |
| 1.17. SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL.....                | 10 |
| 1.18. SUBCONTRATOS .....                                  | 11 |
| 1.19. COMPROBACIÓN DE LAS OBRAS .....                     | 11 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....                         | 12 |
| 3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....                         | 13 |
| 3.1. PROCEDENCIA.....                                     | 13 |
| 3.2. MATERIALES NO INCLUIDOS EN EL PRESENTE PLIEGO .....  | 14 |
| 3.3. EXÁMENES Y PRUEBAS DE LOS MATERIALES .....           | 14 |
| 3.4. MATERIALES DEFECTUOSOS.....                          | 14 |
| 3.5. TERRAPLENES.....                                     | 14 |
| 3.6. RELLENOS DE ZANJAS .....                             | 15 |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**VISADO**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.7.  | ASIENTO GRANULAR PARA TUBERÍA.....  | 15 |
| 3.8.  | ZAHORRA ARTIFICIAL .....  | 16 |
| 3.9.  | MADERA.....   | 16 |
| 3.10. | HORMIGONES Y MORTEROS .....   | 16 |
| 3.11. | ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO .....                                  | 17 |
| 4.    | CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN .....   | 18 |
| 4.1.  | CONSIDERACIONES GENERALES.....  | 18 |
| 4.2.  | COMPROBACIÓN DE REPLANTEO .....   | 19 |
| 4.3.  | PROGRAMA DE TRABAJO .....   | 21 |
| 4.4.  | DESVÍO DE SERVICIOS EXISTENTES .....  | 21 |
| 4.5.  | OCUPACIÓN DE SUPERFICIE.....  | 21 |
| 4.6.  | DESPEJE Y DESBROCE .....  | 22 |
| 4.7.  | EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN Y PRÉSTAMOS .....                                | 22 |
| 4.8.  | EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMENTOS                        | 22 |
| 4.9.  | EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y CIMENTOS                        | 23 |
| 4.10. | RELLENOS DE ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTO DE CIMENTOS Y OBRAS DE FÁBRICA ..... | 23 |
| 4.11. | ZAHORRA ARTIFICIAL .....  | 24 |
| 4.12. | HORMIGONES .....  | 24 |
| 4.13. | MORTEROS DE CEMENTO.....  | 27 |
| 4.14. | APEOS, CIMBRAS Y ENFORCADOS.....  | 27 |
| 4.15. | ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO .....                                  | 27 |
| 4.16. | OTRAS OBRAS Y TRABAJOS .....  | 28 |
| 4.17. | CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS DURANTE SU EJECUCIÓN Y PLAZO DE GARANTÍA .....      | 28 |
| 4.18. | LIMPIEZA DE LAS OBRAS.....  | 28 |
| 4.19. | OBRAS QUE DEBAN QUEDAR OCULTAS .....  | 28 |
| 4.20. | PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....   | 29 |
| 5.    | MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS.....  | 30 |
| 5.1.  | MODIFICACIÓN DEL PROYECTO .....   | 30 |
| 5.2.  | FIANZA .....  | 30 |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.3.  | DAÑOS POR FUERZA JUNIOR.....   | 30 |
| 5.4.  | PLAZO DE GARANTÍA.....   | 30 |
| 5.5.  | PRECIOS UNITARIOS .....  | 30 |
| 5.6.  | GASTOS DE CARÁCTER GENERAL.....  | 31 |
| 5.7.  | INDEMNIZACIONES DEL CONTRATISTA.....   | 32 |
| 5.8.  | DESPEJE, DESBROCE Y COMPACTACIÓN DEL TERRENO<br>NATURAL  | 32 |
| 5.9.  | EXCAVACIÓN EN LA EXPLANACIÓN .....   | 32 |
| 5.10. | EXCAVACIÓN EN ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS Y<br>CIMENTOS  | 32 |
| 5.11. | ASIENTO GRANULAR PARA TUBERÍAS.....  | 33 |
| 5.12. | TERRAPLÉN.....   | 33 |
| 5.13. | RELLENO DE ZANJAS, POZOS, EMPLAZAMIENTOS DE<br>CIMENTOS, TRASLADOS DE ESTRUCTURAS Y OBRAS DE FÁBRICA ..... | 34 |
| 5.14. | REFINO DE TALUDES .....  | 34 |
| 5.15. | ZAHORRA ARTIFICIAL .....   | 35 |
| 5.16. | HORMIGONES .....   | 35 |
| 5.17. | ENFORCADOS.....  | 35 |
| 5.18. | ARMADURAS A EMPLEAR EN HORMIGÓN ARMADO.....  | 36 |
| 5.19. | CONDICIONES PARA FIJAR PRECIOS IMPUESTOS EN OBRAS<br>NO PREVISTAS.....                                     | 36 |
| B.    | ELECTRICIDAD.....  | 37 |
| 1.    | CONDICIONES GENERALES .....  | 37 |
| 1.1.  | OBJETO.....  | 37 |
| 1.2.  | REGLAMENTACIÓN, INSTRUCCIONES, NORMATIVA Y<br>RECOMENDACIONES .....  | 37 |
| 1.3.  | NORMAS DE LA EMPRESA SUMINISTRADORA DE ENERGÍA ..  | 38 |
| 1.4.  | DISPOSICIONES LEGALES .....  | 38 |
| 1.5.  | MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD.....  | 38 |
| 1.6.  | PERMISOS, LICENCIAS Y DICTÁMENES.....  | 38 |
| 1.7.  | DISPOSICIONES APLICABLES.....  | 38 |
| 1.8.  | SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS .....  | 39 |
| 1.9.  | LIMPIEZA FINAL DE LAS OBRAS .....  | 39 |



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

|   |    |
|---|----|
| 1.10. GASTOS DE CARÁCTER GENERAL A CARGO DEL CONTRATISTA .....  | 39 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....   | 41 |
| 2.1. OBRAS COMPRENDIDAS .....   | 41 |
| 2.2. OBRAS CIVILES.....   | 41 |
| 2.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....  | 41 |
| 2.4. MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES.....   | 41 |
| 2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....  | 41 |
| 2.6. CONSERVACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....   | 42 |
| 2.7. COMPATIBILIDAD Y PRELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS .  | 42 |
| 3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES .....  | 43 |
| 3.1. PLIEGOS GENERALES .....  | 43 |
| 3.2. CONTROL PREVIO DE LOS MATERIALES .....   | 43 |
| 3.3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN   | 43 |
| 3.4. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LOS MATERIALES Y EQUIPAMIENTOS DE LOS CENTROS DE TRASNSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN..... | 46 |
| 3.5. CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE OBRA CIVIL .....  | 56 |
| 4. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....  | 57 |
| 4.1. ORDEN DE LOS TRABAJOS.....   | 57 |
| 4.2. REPLANTEO .....  | 57 |
| 4.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....  | 57 |
| 4.4. COMIENZO DE LAS OBRAS .....  | 58 |
| 4.5. ENSAYOS Y PRUEBA DURANTE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS  | 59 |
| 4.6. ACOPIOS.....   | 59 |
| 4.7. DIRECCIÓN E INSPIRACIÓN DE LAS OBRAS.....  | 59 |
| 4.8. REPRESENTACIÓN FACULTATIVA DEL CONTRATISTA.....  | 60 |
| 4.9. OBRAS ACCESORIAS.....  | 60 |
| 4.10. DETALLES OMITIDOS .....   | 60 |
| 4.11. RESPONSABILIDAD DE LA CONTRATA.....   | 60 |
| 5. PRUEBAS PARA RECEPCIONES .....   | 61 |
| 5.1. CONTROL DE MATERIALES. ENSAYOS .....   | 61 |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 5.2. | PRUEBAS PARA LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS.....  | 61 |
| 6.   | MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS.....   | 63 |
| 6.1. | GENERALIDADES .....  | 63 |
| 6.2. | ABONO DE LAS PARTIDAS ALZADAS.....   | 63 |
| 6.3. | MEDICIÓN Y ABONO DE LA EXCAVACIÓN.....   | 64 |
| 6.4. | MEDICIÓN Y ABONO DEL RELLENO.....  | 64 |
| 6.5. | ABONO DE LOS MEDIOS Y OBRAS AUXILIARES, DE LOS<br>ENSAYOS Y DE LOS DETALLES IMPREVISTOS..... | 64 |
| 6.6. | MEDICIÓN Y ABONO DE OBRAS NO INCLUIDAS .....   | 65 |
| 7.   | DISPOSICIONES FINALES .....  | 66 |
| 7.1. | CARÁCTER DE ESTE CONTRATO.....   | 66 |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## A. OBRA CIVIL

### 1. CONDICIONES GENERALES

#### 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 Virgen del Campo.

#### 1.2. DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

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 anuladas 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

Normas y Recomendaciones de la Compañía Suministradora de la energía eléctrica.

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



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

escrito y firmadas, con arreglo a las normas habituales en estas relaciones técnico-administrativas.

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, falta 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 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.

### 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 efectúe 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



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

#### 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 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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.

|   |   |               |
|---|---|---------------|
| <br><b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|---|---|---------------|

### 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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:

- 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/m<sup>3</sup>).
- 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 atravesase 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.

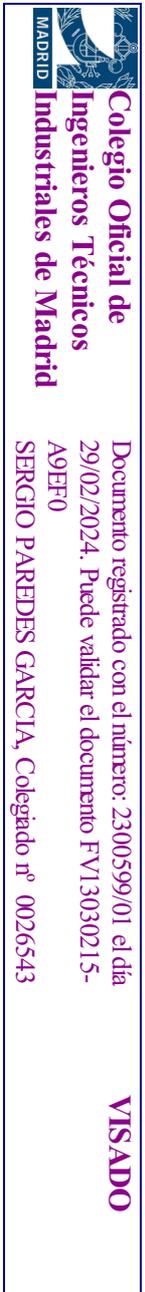
En el caso de que la zanja discurra por tierra de labor, la capa superior estará constituida por la tierra vegetal que previamente se haya extraído en la excavación.

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.



- El contenido de azufre expresado en SO<sub>4</sub> 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.

#### 3.11.2. 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.

#### 3.11.3. 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 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 SO<sub>4</sub> serán inferiores al uno con dos por ciento (1,2 %).

#### 3.11.4. 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/cm <sup>2</sup> )         | 5100    | 4100    |
| Carga de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )         | 5600    | 4500    |
| Alargamiento de rotura                        | 12%     | 14%     |
| Relación de carga de rotura a límite elástico | 1,05    | 1,05    |



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

#### 4. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN

##### 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
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.



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 zanjás, pozos, emplazamiento de cimientos, estructuras y obras de fábrica, siempre y cuando no se refiera a grandes superficies.



Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 acodamientos o bien los agotamientos, si se precisasen. 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 el 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 (2°C).

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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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. 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 (2°C) 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

En caso de contradicción prevalecerá lo prescrito en el presente Pliego sobre los otros dos.

### Tipos de Hormigón

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   | 1/32,5  | Seca o plástica | Presoleras, juntas, cimiento de bordillo    |
| HM-20 | Normal           | 1,5             | 20        | 1/42,5  | Plástica        | Pequeñas obras de fábrica, hormigón en masa |
| HM-25 | Normal           | 1,5             | 20        | 1/42,5  | Plástica        | Hormigón armado                             |
| HM-30 | Normal           | 1,5             | 20        | 1/42,5  | Plástica        | Hormigón armado                             |
| HM-35 | Normal           | 1,5             | 20        | 1/42,5  | 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 rastrearlo. 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.


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-2024/EFE0  
 SERGIO PAREDE GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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.

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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

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 rectificadas y limpias 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.



Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

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 atenderá 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.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

#### 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.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

## 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

#### 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, refinados 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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, 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.

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.

#### 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**

MADRID

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO

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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 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

Para 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO

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:



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543

**VISADO**

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 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 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.

|  |   |               |
|--|---|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|---|---------------|

## 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 colectoras 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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 en Media Tensión.

### 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 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 18/30 KV - 1x95 mm<sup>2</sup> en aluminio para 30 KV

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Tensión (U <sub>o</sub> /U)     | 18/30KV  |
| Normas de Construcción y ensayo | UNE-21123<br>CEI/IEC-60502<br>Recomendación UNESA<br>3305C |
| Designación UNE                 | RH5Z1 (S) 18/30KV  |
| Aislamiento                     | Polietileno reticulado (XLPE)                              |
| Cubierta exterior               | Poliofina (Z1)   |
| Característica ecológica        | Cero en halógenos  |
| Tensión nominal                 | 18/30 KV   |
| Tensión de prueba               | 36.000 V   |
| Sección Unipolar                | 95 mm <sup>2</sup> en Al                                   |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

Intensidad admisible permanente:

- enterrado a 25°C (a 1m) 205 A

Densidad máxima de cortocircuito en A/mm<sup>2</sup>, temperatura inicial 90°C, final 250°C y duración cortocircuito en sg. para Al:

| Seg.              | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 1,0 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A/mm <sup>2</sup> | 294 | 208 | 170 | 132 | 93  |

Pantalla Corona de alambres de cobre de 16mm<sup>2</sup>

Diámetro exterior 35,4 mm.

Resistencia a 20°C 0,206 Ω/Km.

Coefficiente 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.

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:



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.

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:



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.

### 3.4. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LOS MATERIALES Y EQUIPAMIENTOS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN 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



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 21 088 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. TRANSFORMADORES

#### 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           | 30.000V±2,5%±2,5%  |
| Tensión de cortocircuito             | ≈ 6%               |
| 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              | 30.000 V (Servicio 30 kV)  |
| Campo de regulación                         | 30 ÷ 36 KV                 |
| Nivel de aislamiento                        | KV                         |
| a) Ensayo impulso tipo rayo                 | 125 KVc                    |
| b) Ensayo a frecuencia industr.             | 50 KVef                    |
| Acoplamiento                                | Triángulo                  |
| Neutro                                      | No accesible               |
| <u>Devanado primario:</u>                   |                            |
| Tensión nominal                             | 36 kV                      |
| Nivel aislamiento:                          |                            |
| Ensayo a frecuencia industrial              | 50 KVef                    |
| Acoplamiento                                | Estrella                   |
| Neutro                                      | Accesible                  |
| <b>Refrigeración</b>                        |                            |
| 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.

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.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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**

- 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)



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

- 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

- 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



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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 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  $\pm 10\%$  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:



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

- 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:

- 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. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

#### OBJETO

El suministro y montaje se considera integrado por 2 unidades de Puestas a Tierra de aerogeneradores.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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                       | 30 KV.                     |
| • Tensión máxima                        | 36 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:



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA**, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- Puesta a tierra para protección y servicio aislada.
- Resistividad media del terreno  $\rho_S$ .
- Resistencia de difusión a tierra, individual para cada aerogenerador, exigida por la PROPIEDAD  $R_t \leq 2 \Omega$ .
- Diseño: 5 Anillos perimetral al aerogenerador de cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>. 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 y líneas de enlace.

#### 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 mm<sup>2</sup>, 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  $\Omega$ .

#### ENSAYOS Y PRUEBAS

Se comprobará la continuidad de la línea de enlace de tierras.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

Se procederá a la comprobación de las soldaduras aluminotérmicas, mediante corte de un muestreo ( $\approx 5\%$ ) 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

#### 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:

- 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

#### 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. RESPONSABILIDAD 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**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 DISTRIBUCIÓN 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

##### Celdas de Media Tensión

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:



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

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.

#### Generales de los Centros de Transformación

- Se medirán la resistencia de difusión a tierra individualmente para cada C.T., debiendo alcanzar un valor  $R_t \leq 2 \Omega$ .
- Medición del sistema general único de la red de tierras.
- Medición de las tensiones de paso y de contacto en cada centro.



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

Los gastos ocasionados por la realización de los ensayos hasta un 1% del presupuesto.

#### 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.

|   |
|---|
|                            |
| <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b>  |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO |
| SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543   |
| <b>VISADO</b>   |

## 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.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

## CAPÍTULO 6. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....   | 4  |
| 2. MEMORIA DESCRIPTIVA .....  | 5  |
| 2.1. Antecedentes .....   | 5  |
| 2.2. Titular del proyecto.....  | 5  |
| 2.3. Objeto del estudio de seguridad y salud.....   | 5  |
| 2.4. Ámbito de aplicación .....   | 6  |
| 2.5. Legislación y normativa técnica de aplicación .....  | 7  |
| 2.6. Empresa responsable del plan de seguridad.....   | 8  |
| 2.7. Relación de elementos a utilizar.....  | 8  |
| 2.8. Implantaciones de salubridad y confort .....   | 10 |
| 2.9. Botiquín de primeros auxilios .....  | 11 |
| 2.10. Atención en caso de accidente .....   | 13 |
| 3. RIESGOS LABORALES EVITABLES MEDIDAS PREVENTIVAS.....   | 14 |
| 3.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que puedan ser evitados..                                  | 14 |
| 4. RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN SER EVITADOS – MEDIDAS PREVENTIVAS. PROTECCIONES Y EFICACIA DE LAS MISMAS..... | 17 |
| 4.1. Identificación de los distintos riesgos laborales que no pueden ser evitados                                 | 17 |
| 4.2. Medidas preventivas que palien los riesgos inevitables.....  | 18 |
| 4.3. Eficacia de las medidas preventivas.....   | 19 |
| 5. PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS Y OBJETOS   | 20 |
| 5.1. Redes de seguridad .....   | 20 |
| 5.2. Condena de huecos horizontales con mallazo .....   | 21 |
| 5.3. Marquesinas rígidas.....   | 21 |
| 5.4. Plataforma de carga y descarga.....  | 21 |
| 5.5. Barandillas de protección .....  | 21 |
| 5.6. Andamios apoyados en el suelo, de estructura tubular .....   | 21 |
| 5.7. Andamio de Borriquetas.....  | 23 |
| 5.8. Andamios colgados móviles .....  | 24 |
| 5.9. Cargas .....   | 25 |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.10. | Plataformas de trabajo.....  | 26 |
| 5.11. | Altura mínima a partir del nivel del suelo .....                           | 26 |
| 5.12. | Pasarelas .....  | 27 |
| 5.13. | Protecciones y resguardos en máquinas .....                                | 27 |
| 5.14. | Escaleras portátiles .....   | 27 |
| 5.15. | Escaleras de mano de un solo cuerpo.....                                   | 28 |
| 5.16. | Cuerda de retenida.....  | 28 |
| 5.17. | Aparatos elevadores (Grúas torre).....                                     | 28 |
| 5.18. | Eslingas de cadena .....   | 31 |
| 5.19. | Eslinga de cable .....   | 32 |
| 5.20. | Cable "de llamada" .....   | 32 |
| 5.21. | Adecuación del tajo en el lugar de carga .....                             | 32 |
| 5.22. | Caída de objetos .....   | 32 |
| 5.23. | Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza .....               | 32 |
| 5.24. | Protección de personas contra contactos eléctricos .....                   | 33 |
| 5.25. | Prevención de incendios, orden y limpieza .....                            | 33 |
| 5.26. | Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo .....            | 34 |
| 5.27. | Señalización de seguridad.....   | 34 |
| 5.28. | Cinta de señalización y de delimitación de zona de trabajo .....           | 35 |
| 5.29. | Señales óptico acústicas de vehículos de obra.....                         | 36 |
| 5.30. | Iluminación .....  | 36 |
| 6.    | PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD LABORAL               |    |
|       | 37   |    |
| 6.1.  | Ordenación de la acción preventiva .....                                   | 37 |
| 6.2.  | Organigrama funcional .....  | 38 |
| 6.3.  | Normas generales de seguimiento y control.....                             | 40 |
| 6.4.  | Reuniones de seguimiento y control interno.....                            | 43 |
| 7.    | FORMACIÓN E INFORMACIÓN.....   | 45 |
| 7.1.  | Acciones formativas .....  | 45 |
| 7.2.  | Instrucciones generales y específicas .....                                | 46 |
| 7.3.  | Información y divulgación.....   | 47 |
| 7.4.  | Atribuciones generales de seguridad del personal facultativo de obra ..... | 48 |



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543

**VISADO**

|   |    |
|---|----|
| 7.5. Funciones específicas de seguridad .....                                     | 50 |
| 8. NORMATIVA DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO RELATIVA A LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD ..... | 59 |
| 9. MEDIDAS DE SEGURIDAD PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA .....                        | 60 |
| 9.1. Condiciones generales.....   | 60 |
| 9.2. Información previa.....  | 60 |
| 9.3. Servicios afectados: identificación, localización y señalización .....       | 60 |
| 9.4. Accesos, circulación interior y delimitación de la obra.....                 | 61 |
| 10. MEDIDAS DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....                                     | 63 |
| 10.1. Protecciones colectivas .....   | 63 |
| 10.2. Equipos de protección individual (e.p.i.).....                              | 63 |
| 11. SEÑALIZACIONES.....   | 65 |
| 11.1. Normas generales .....  | 65 |
| 11.2. Señalización de las vías de circulación.....                                | 65 |
| 11.3. Personal auxiliar de los maquinistas para señalización .....                | 65 |
| 12. CONCLUSIÓN.....   | 66 |



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.1. Antecedentes

El presente Estudio de Seguridad y Salud es parte del Proyecto de ejecución Parque Eólico “Virgen del Campo” 4 MW, ubicado en el término municipal de Camarillas, en la provincia de Teruel.

El proyecto consiste en un parque eólico de 4 MW, que consta de 1 aerogenerador, modelo E-138 EP3 E2 fabricado por ENERCON,.

Además del Parque Eólico en sí se necesita una línea de evacuación con un proyecto propio independiente. Se hacen referencias a dicho proyecto de modo informativo y teniendo en cuenta que la información de esta es importante para entender la instalación del parque eólico.

Las características principales de la obra son las siguientes:

- Plazo de ejecución del proyecto completo: 262 días, de los cuales:
  - o 195 días corresponden a la instalación del parque eólico
  - o 67 días corresponden a la instalación de la línea de evacuación
  - o 20 días corresponden a trabajos relativos al final de obra
- Número máximo de trabajadores en los momentos de mayor intensidad: 20 personas
- Total presupuesto de ejecución material (PEM): 2.980.122,80 € , de los cuales:

### 2.2. Titular del proyecto

La entidad promotora de la actuación es la siguiente:

- ADMINISTRACIÓN DE PROMOTORES ELÉCTRICOS S.L. CIF: B-88631346

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.: 685348471
- Correo: notificaciones@geolisol.es

El técnico redactor del presente Estudio de Seguridad y Salud es el siguiente:

- Sergio Paredes García
- Ingeniero Técnico
- Colegiado número 26.543 por el COGITIM

### 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.

#### 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.

|   |   |               |
|---|---|---------------|
| <br><b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|---|---|---------------|

## 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.
- R.D. 171/04 de 30/01/04, por el que se desarrolla el Artículo 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 Riesgos 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:



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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:

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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 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.

Ventilación continua.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 m<sup>2</sup> 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.

Equipamiento mínimo aconsejable del armario botiquín:

Desinfectantes y antisépticos autorizados

Gasas estériles. Algodón hidrófilo.

Venda.

Esparadrapo. Apósitos adhesivos.

Tijeras.

Pinzas.



Madrid

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EP0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

Guantes desechables.

**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

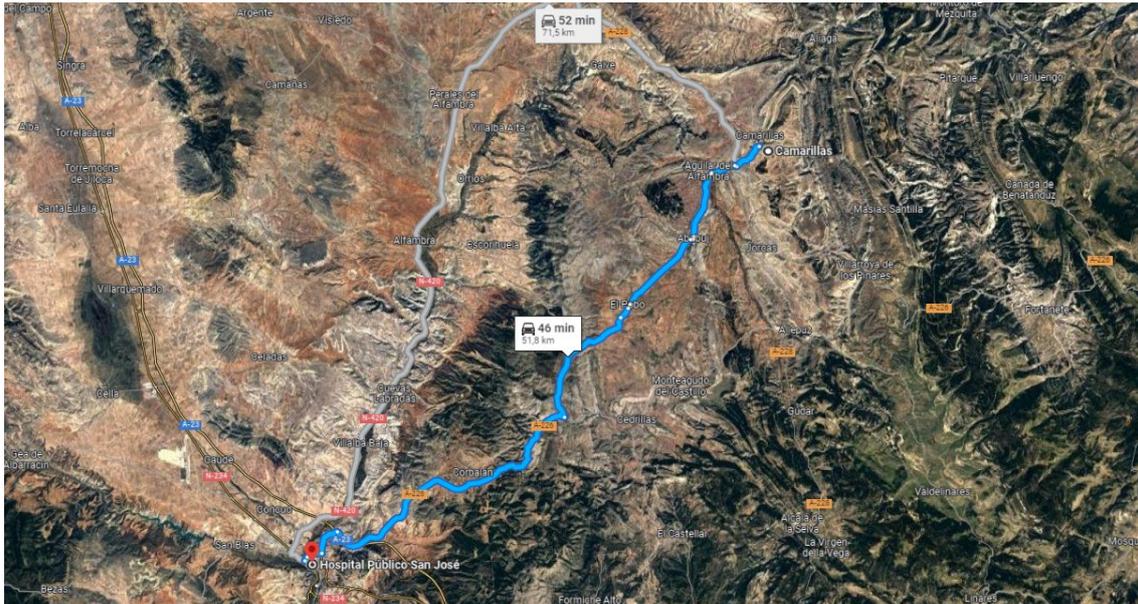
Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**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 51,20 km de distancia
- Centro Salud Aliaga: a 12,3 km de distancia



Recorrido a Hospital Público San José, en Av. Zaragoza, 16, 44001 Teruel



Recorrido a Centro Salud Aliaga, en C/El Quiñón, S/N, 44150 Aliaga, Teruel



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

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 laborales 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*

##### Identificación de los riesgos

Caída de operarios a mismo nivel. (Tránsito por la obra)

Caída de operarios a distinto nivel (Andamios, escaleras de mano, huecos, etc.)

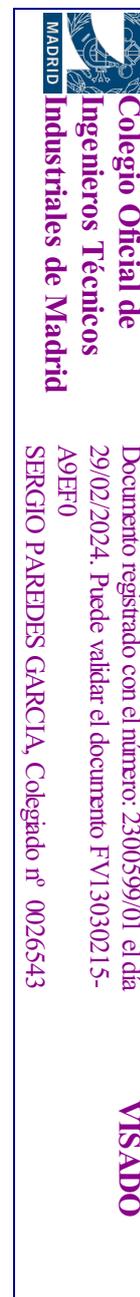
Caída de objetos sobre operarios en manipulación de los mismos.

Caída de objetos sobre operarios (Trabajos a distintos niveles.)

Choques o golpes contra objetos móviles

Choques o golpes contra objetos inmóviles.

Atrapamientos.



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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- Estructura metálica
- Estructura de hormigón armado, cubilote
- Estructura de hormigón armado, bomba
- Albañilería
- Carpintería metálica



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

#### 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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.

### 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/m<sup>2</sup> (150 Kg/m<sup>2</sup>).

### 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 tablonos 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 m<sup>2</sup> 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 la misma vertical.

El conjunto deberá ser capaz de soportar descargas de 2.000 Kg/m<sup>2</sup> 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

Antepedechos 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.



Madrid  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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/m<sup>2</sup>, no será superior a 2,00 m.

Para soportar cargas inferiores a 125 kg/m<sup>2</sup>, 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
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 señalará 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 rebasará 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.

### 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.

Al montar la andamiada se dispondrán en los extremos liras extremas, y en los intermedios liras intermedias, que permitan el paso de los operarios.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 tabloneros que constituyen las plataformas:

- 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.



Madrid

**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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 sí 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
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 guirnalda 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:

- 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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.

#### 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.
- Seguridad física para casos especiales.
- Seguridad física 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 pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie 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



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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).

#### 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:



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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:

- 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.

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

#### 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 gomas 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 anclamiento 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.

#### 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 guirnalda 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, conexiónados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindadas e interconexiónados con uniones antihumedad y antichoque.

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:  $3,3 + \text{tensión (en KV)}/100$ .

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



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 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.

##### 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       |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

|                     |        |
|---------------------|--------|
| 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,  $S$  (m<sup>2</sup>), ha de ser tal que  $S > L^2/2000$ , 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 señalar 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.



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

La intrusión en el tajo de personas ajenas a la actividad representa un riesgo que al no poderse eliminar se debe señalar 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 atenderá a lo dispuesto por el R.D. 486/1.997 Zonas de paso: 50 lux

Zonas de trabajo: 200 lux

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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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

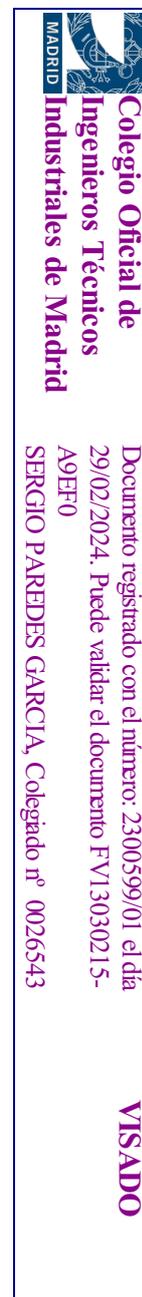
La planificación y organización de la acción preventiva deberá formar parte de la organización del trabajo, orientando esta actuación a la mejora de las condiciones de trabajo y disponiendo de los medios oportunos para llevar a cabo la propia acción preventiva.

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.



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.

### 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



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

#### *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



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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 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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 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 apreciaren 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.

### 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,

|   |
|---|
|                            |
| <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b>  |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO |
| SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543  |
| <b>VISADO</b>   |

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 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, si es posible, la entrada al trabajo en igual tiempo, si la prolongación ha tenido lugar durante el descanso del mediodía.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

## 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543

**VISADO**

- Obligaciones y derechos.
- 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.

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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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

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.

|  |   |               |
|--|---|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO<br><b>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543</b> | <b>VISADO</b> |
|--|---|---------------|

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:



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.
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.

|   |   |               |
|---|---|---------------|
| <br><b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|---|---|---------------|

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.
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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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.
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.

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

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.



**Colégio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

MADRID

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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.
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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 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 mantenimiento 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.

Que en las máquinas hidráulicas las articulaciones no tengan holguras y los bombines, manguitos y émbolos transmitan la presión correcta sin descompresiones por pérdidas o fugas.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

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.

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



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

"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



Madrid  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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 10 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
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 señalará 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: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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 inferiores 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.

|   |   |               |
|---|---|---------------|
| <br><b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EFO<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|---|---|---------------|

## 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.)

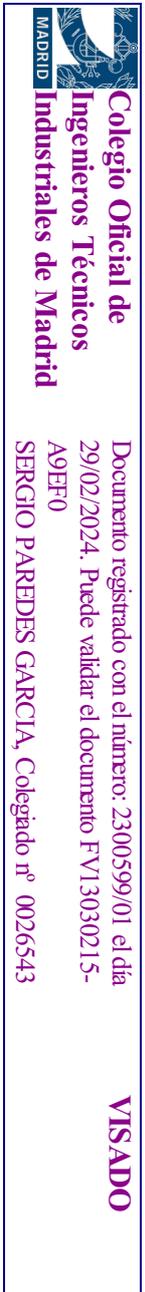
#### *10.2.1. Generalidades*

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.



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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado 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.



**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.

En Madrid, octubre del 2023

El Ingeniero



Sergio Paredes García,

Nº de colegiado 26.543 por el COGITIM



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## CAPÍTULO 7. BALIZAMIENTO

|   |  |
|---|--|
| <br><b>Madrid</b>  | <b>Colegio Oficial de<br/>Ingenieros Técnicos<br/>Industriales de Madrid</b> |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día<br>29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-<br>A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b>  |

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. OBJETO DEL PROYECTO .....                            | 2  |
| 2. COORDENADAS AEROGENERADORES.....                     | 3  |
| 3. ESPECIFICACIONES DE SEÑALAMIENTO E ILUMINACIÓN ..... | 4  |
| 3.1. Señalamiento .....                                 | 4  |
| 3.2. Colores .....                                      | 4  |
| 3.3. Iluminación.....                                   | 4  |
| 4. ESPECIFICACIONES DEL BALIZAMIENTO.....               | 7  |
| 5. SOLUCIÓN PROPUESTA.....                              | 12 |
| 6. MEDIDAS ADICIONALES DE ILUMINACIÓN.....              | 13 |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
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 Virgen del Campo.

Dicho parque eólico se encuentra en el Término Municipal de Camarillas, en la provincia de Teruel. Está constituido por 1 aerogeneradores de 4.000 kW, de diámetro de palas 138,25 m y altura de buje 111 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 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**2. COORDENADAS AEROGENERADORES**

A continuación, se adjunta el listado de coordenadas de las turbinas del parque eólico Virgen del Campo, 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 |           |            |            | UBICACIÓN      |                   |
|--------------------|-----------|------------|------------|----------------|-------------------|
| Nº Tur.            | X1        | Y1         | Z Terr (m) | Ref. Catastral | Termino Municipal |
| <b>AEG-1</b>       | 691755.62 | 4498651.73 | 1.402      | 44055A50705327 | Camarillas        |



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE MADRID**

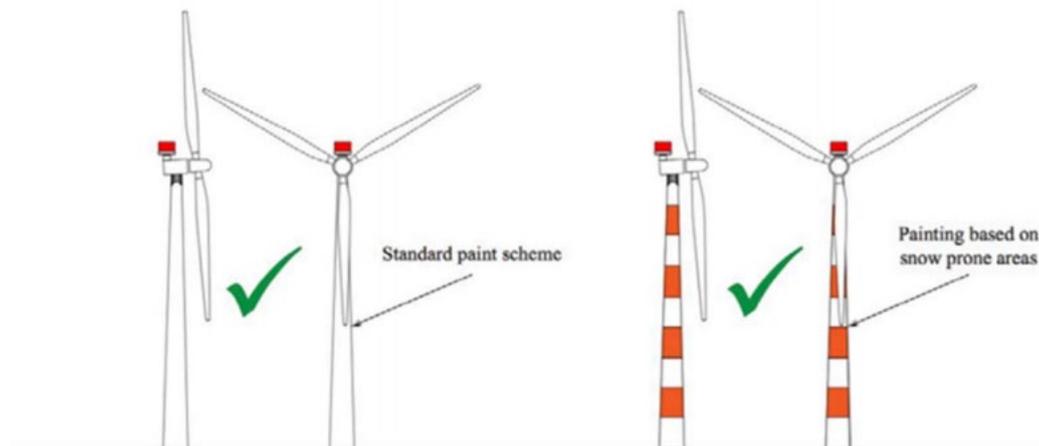
Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**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.

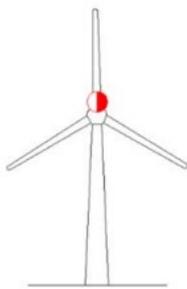

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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.

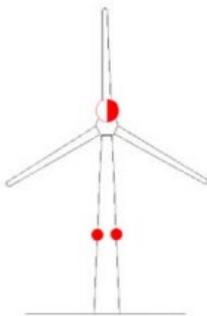
### 3.3.1. Tipo de iluminación según la altura:

#### Altura del aerogenerador: $100\text{ m} < h \leq 150\text{ m}$



- Por defecto, en todos los casos se debe disponer de un sistema Dual Media A / Media C.

#### Altura del aerogenerador: $h > 150\text{ m}$



- 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.

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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

#### 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  |  |
|---|--|
| <p><b>Key features</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• High reliability with long life time, low cost of ownership and low power consumption</li> <li>• Effective Intensity 20.000 candela white day mode and 2.000 candela white night mode</li> <li>• Uses Orga special technology for the ignition of xenon lamps control for long lamp life and very low UV and ozone generation</li> <li>• Internal photocells for automatic day/night intensity control</li> <li>• Orga Strobeline™ cable wiring system configuration combines power and control wires into a single protected cable</li> <li>• Lightweight and easy to install</li> <li>• Level indicators provided to help with correct installation</li> </ul> <p><b>Standards</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Certified to:</u><br/>Federal Aviation Administration AC 150 5345/43E Type L865 &amp; L866 obstacle light</li> <li>• ICAO Annex 14 Volume 1, Third edition, July 1999, Chapter 6, Medium Intensity, Type A obstacle light</li> <li>• <u>Approved by:</u><br/>STNA of France<br/>DGAC of Mexico<br/>Civil Aviation of Germany<br/>Civil Aviation of The Netherlands</li> </ul> <p><b>Optical characteristics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 (L865) flashes per minute (factory set as per table)</li> <li>• 60 (L866) flashes per minute (factory set as per table)</li> <li>• Automatic day/night intensity control by internal photocells</li> <li>• Lens colour: Clear</li> <li>• Horizontal beam pattern 360°</li> <li>• Vertical beam pattern 3°</li> <li>• High accuracy Fresnel lens</li> </ul> <p><b>Electrical characteristics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 110 – 240 V<sub>AC</sub> (±10%) 50/60 Hz operating voltage</li> <li>• Power consumption (see table)</li> <li>• Safety switches to disconnect power and discharge capacitors when unit opened</li> <li>• A high voltage warning LED is provided</li> <li>• Light "fail" remote monitoring output</li> <li>• Failure indication LED</li> <li>• Supplied with an Orga Strobeline™ combined power and data connection cable</li> <li>• Two stage over voltage protection</li> </ul> <p><b>Physical characteristics</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polyurethane body</li> <li>• IP65 degree of ingress protection (by design)</li> <li>• Operating temperature range -55°C to +55°C</li> <li>• Height 570 mm, diameter 425 mm</li> <li>• Mounting holes at 240 x 240 mm</li> <li>• Weight (excluding packaging) 12 kg</li> <li>• Shipping dimensions: 700 x 550 x 750 mm / 16 kg)</li> </ul> <p><b>System Design, Control and Monitoring</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combine L303-865 / L303-866 medium intensity lights with L1000 high intensity lights or L810 low intensity lights for optimum system design</li> <li>• Connect L1000 high intensity, L303 &amp; L350 medium intensity and L810 low intensity lights to a single CIP200 control unit</li> <li>• Local and remote monitoring facilities provided by a CIP200 or CIP100 controller</li> <li>• No-Wire multiple system flash character synchronisation option with the GPS020</li> <li>• Catenary crossing system configuration options available</li> </ul> |  |

MADRID

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

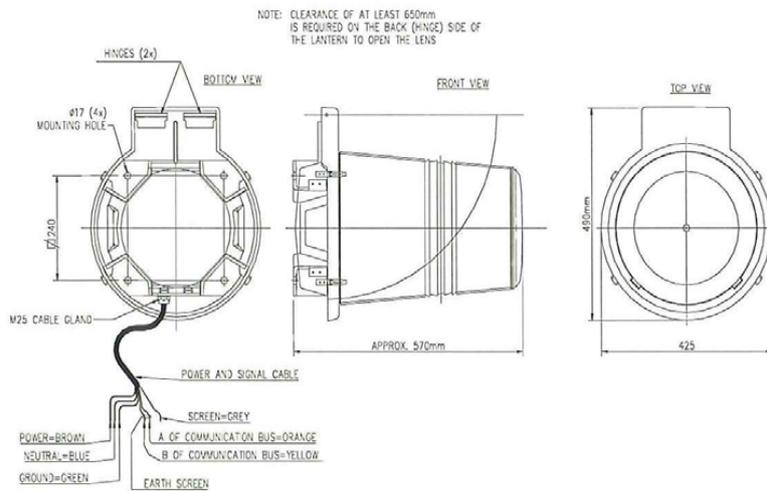
Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFP0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

faso

| Type numbering |           | Additional information |          |       |                       |          |       | Comment   |
|----------------|-----------|------------------------|----------|-------|-----------------------|----------|-------|---|
| L303-          | Extension | Flashes per minute     |          |       | Power consumption (W) |          |       |   |
|                |           | Day                    | Twilight | Night | Day                   | Twilight | 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

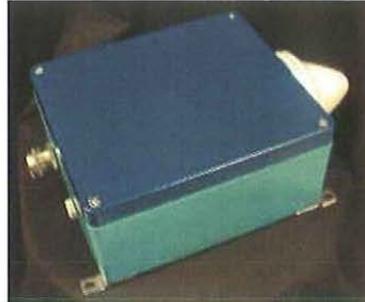
Orga

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**

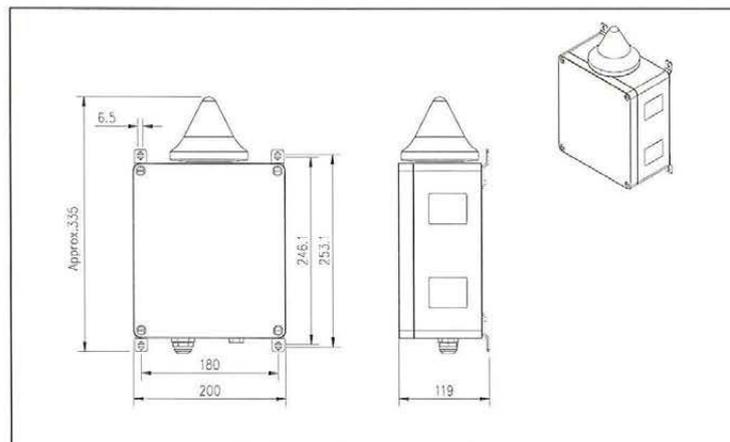
- Uses GPS system to provide synchronising time signal to Orga CIP based control systems so that all lights connected to a CIP/GPS controller flash in unison

**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



### 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 Vac 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

- AISI12 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

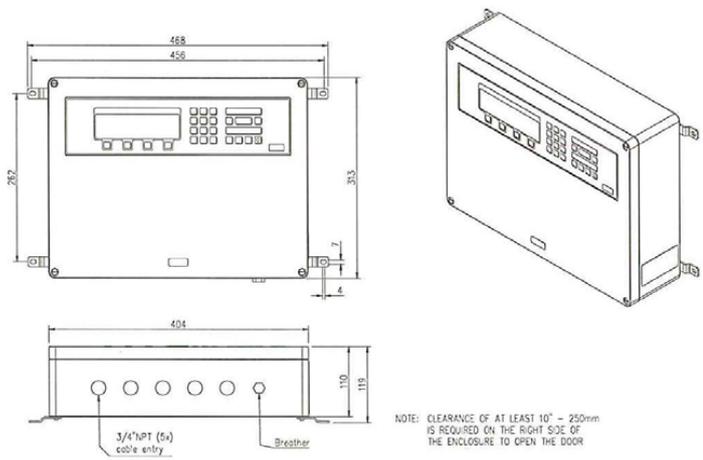
#### System Design

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

**rafsa**

| 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) |

NOTE: CLEARANCE OF AT LEAST 10" - 250mm IS REQUIRED ON THE RIGHT SIDE OF THE ENCLOSURE TO OPEN THE DOOR

 **Madrid**

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

**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 200 m, por defecto, en todos los casos se debe disponer de un sistema Dual Media A / Media C además de luces de baja intensidad Tipo E en torre.

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 B en lugar del anteriormente citado Sistema Dual Media A / Media C, 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.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 6. MEDIDAS ADICIONALES DE ILUMINACIÓN

En referencia a la Resolución emitida a fecha de 7 de junio de 2021 del Director General de Energía y Minas de supresión de la iluminación externa de la puerta de los aerogeneradores de las instalaciones de producción de energía eólica en la Comunidad Autónoma de Aragón, se establecerán las medidas adicionales de protección ambiental necesarias consistentes en suprimir o cancelar los puntos de luz blanca situados junto a la puerta de acceso de los aerogeneradores, así como cualquier otro punto de iluminación fija exterior que no resulte imprescindible en las instalaciones por motivos de seguridad, durante la fase de explotación.

Se exceptúa expresamente de estas medidas las luces de gálibo o balizamiento establecidas en la legislación de aplicación contempladas en esta memoria

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| <br><b>Madrid</b><br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|--|--|---------------|

## CAPÍTULO 8. ESTUDIOS DE VIENTO

  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 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 Virgen del Campo, de 4 MW, situado en el Término Municipal de Camarillas, provincia de Teruel, en las cercanías del proyecto objeto de estudio.

El diseño del parque eólico se ha realizado considerando 1 aerogenerador de la empresa fabricante ENERCON, modelo E-138 EP3 E2, con una potencia nominal de 4.000 kW, de paso y velocidad variable, con curva de potencia adaptada a la densidad del aire del emplazamiento analizado. Aún así, creemos que puede ser interesante los datos arrojados por este estudio ya que nos ayudará a conocer los datos relativos al recurso eólico de la zona.

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  | 691755.62 | 4498651.73 | AEG-1         |

## 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 Virgen del Campo, por lo que por el momento no se dispone de datos empíricos para evaluar el recurso eólico de la zona con precisión.

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.

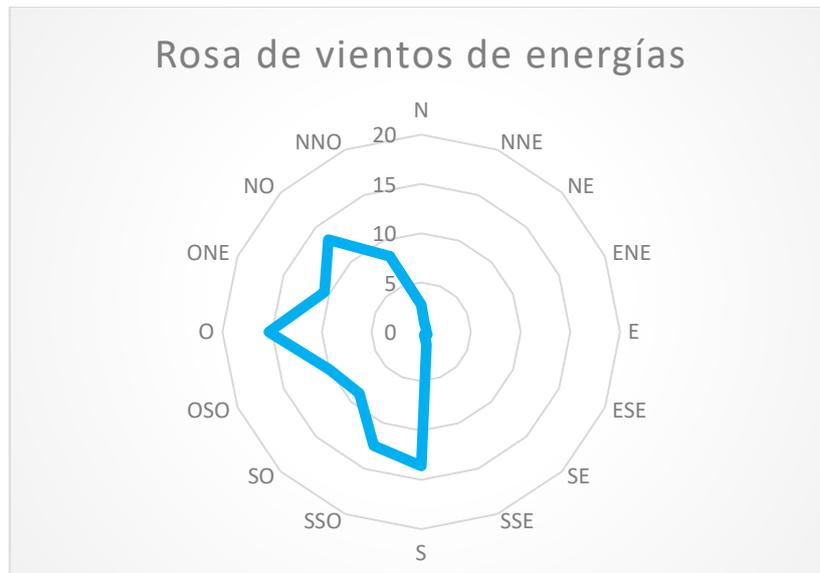
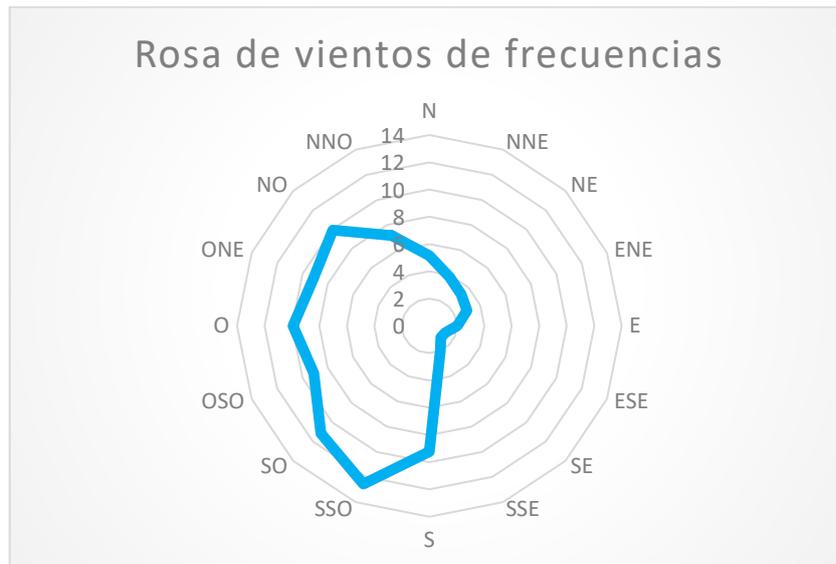


**Madrid**

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**VISADO**



Seguidamente, se han calculado la producción del aerogenerador 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 E-138 EP3 E2, 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/m<sup>3</sup>.

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 6 % 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 10,00 %, donde se incluyen pérdidas por disponibilidad, transformación, transporte, mantenimiento, degradación, hielo, etc.


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

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:

| <b>TABLA RESUMEN PRODUCCIÓN P.E. VIRGEN DEL CAMPO</b> |              |
|---|--------------|
| <b>DATOS DEL AEROGENERADOR</b>                        |              |
| Fabricante  | ENERCON      |
| Modelo de aerogenerador                               | E-138 EP3 E2 |
| Potencia nominal (MW)                                 | 4            |
| Altura de buje (m)                                    | 111          |
| <b>CONDICIONES CLIMÁTICAS</b>                         |              |
| Velocidad libre altura buje (m/s)                     | 6,63         |
| Densidad del aire (kg/m <sup>3</sup> )                | 1,05         |
| <b>PRODUCCIÓN BRUTA</b>                               |              |
| Libre (MWh/año)                                       | 12440,73     |
| HEA (h)   | 3110,18      |
| <b>PÉRDIDAS</b>                                       |              |
| Efecto estela   | 5,50%        |
| Otras pérdidas  | 11,00%       |
| <b>PRODUCCIÓN NETA</b>                                |              |
| P50 (MWh/año)   | 10463,28     |
| HEA P50 (h)   | 2615,82      |
| P75 (MWh/año)   | 9793,88      |
| HEA P75 (h)   | 2448,47      |
| P90 (MWh/año)   | 9191,40      |
| HEA P90 (h)   | 2297,85      |

#### 4. CONCLUSIONES

El emplazamiento en el que se encuentra el Parque Eólico Virgen del Campo 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 ha ubicado el aerogenerador propuesto 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 modelo (111m) es de 6,63 m/s. Se han considerado las pérdidas de un 6,00 % por estela y de un 10,00 % por otras pérdidas. La producción media del aerogenerador con un factor de confianza del 75% resulta en 9793,88 MWh/año en dicho emplazamiento utilizando el modelo ENERCON E-138 EP3 E2.



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**VISADO**

## CAPÍTULO 9. ESTUDIO DE VIABILIDAD

  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 1. INTRODUCCIÓN

El Parque Eólico “Virgen del Campo”, de 4 MW de potencia y situado en el término municipal de Camarillas, con línea de evacuación de 30 kV y conexión en SET Aliaga, es uno de los proyectos en desarrollo de la sociedad Administración de Promotores Eléctricos, cuya finalidad es la descarbonización y reducción del coste de la factura de los consumidores.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL PARQUE EÓLICO

La infraestructura eólica del Parque Eólico “Virgen del Campo” consta de un aerogenerador de 4,2 MW de potencia pico marca ENERCON modelo E-138 EP3 E2, resultando en una potencia total limitada de 4 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 “Virgen del Campo” está formada por:

- Viales de acceso al parque.

El acceso al parque eólico se realizará a través de la carretera A-228 entre el PK. 64 y PK.65 y A-2403. Partiendo de los caminos de acceso, se prolongarán para acceder hasta la ubicación del aerogenerador.

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 (1 Ud.)

Superficies explanadas que se situarán en la base de los aerogeneradores para realizar el montaje de éstos o para maniobra de vehículos.

- Cimentaciones Aerogeneradores (1 Ud.)

Para anclaje de la torre del aerogenerador. Los aerogeneradores estarán cimentados en una zapata de planta circular con diámetro 25 m.

**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

- 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 infraestructura eléctrica del Parque Eólico “Virgen de Fátima” está constituida por los siguientes elementos, descritos en el sentido de los aerogeneradores hacia la red:

- Líneas Subterráneas de Media Tensión (30 kV)

Para interconexión del aerogenerador con la SET Aliaga. Discurrirán en zanjas construidas, en su mayor parte, en los laterales de los viales, hasta su conexión con la red.

- 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.

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.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 3. ENERGÍA PRODUCIDA

El emplazamiento del Parque Eólico “Virgen del Campo” muestra un buen nivel de recurso eólico para su explotación energética. El emplazamiento se ha encontrado adecuado para la instalación del aerogenerador de 4,2 MW con una potencia total de 4 MW.

Dicho aerogenerador se ha distribuido optimizando el recurso eólico y minimizando la interferencia con otros parques eólicos, y se han tenido en cuenta las restricciones ambientales y por valor patrimonial para la ubicación de los mismos.

La velocidad de viento media a la altura del buje en el área de interés está en general alrededor 6,63 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% estará por encima de 9793,88 MWh/año en el emplazamiento, para el aerogenerador ENERCON E-138 EP3 E2. Las pérdidas por estela dentro del parque eólico, con la disposición de aerogeneradores considerada se estima en un 6,00 %. Otras pérdidas, como el transporte, transformación, degradación, etc, se consideran de un 10,00 %.

### 4. INVERSIÓN Y PLAZOS DE EJECUCIÓN

El presupuesto estimado para el conjunto del Parque, excluyendo los intereses financieros durante la construcción, es de 2.980.122,80 € 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 2.980.122,80 € 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 2,98 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 10,92 %.

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
MADRID

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

La variación de la tasa interna de retorno, con márgenes de  $\pm 10\%$  en Producción, Inversión y Costes es:

| PRODUCCIÓN | TIR    |
|------------|--------|
| + 10 %     | 13,06% |
| TIR        | 10,92% |
| - 10 %     | 8,86%  |

| INVERSIÓN | TIR    |
|-----------|--------|
| + 10 %    | 9,65%  |
| TIR       | 10,92% |
| - 10 %    | 12,30% |

| COSTES DE OPERACIÓN | TIR    |
|---------------------|--------|
| + 10 %              | 10,10% |
| TIR                 | 10,92% |
| - 10 %              | 11,64% |



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## CAPÍTULO 10. FICHAS TÉCNICAS

**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**



# E-138 EP3 E2

4,200 kW

Collejo Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
40E/0  
SERVIDOR PAREDES GARCÍA, Colegiado nº 0026543

VISADO



[www.enercon.de](http://www.enercon.de)

**ENERCON**  
ENERGY FOR THE WORLD

Page 250 of 384

# TECHNICAL DATA

## E-138 EP3 E2

Last updated: 08/2021. Technical information subject to change.

The new EP3 range represents a radical cut in ENERCON's wind energy converter design. Compact and efficient with consistently optimised processes from production, transport and logistics to installation – these are the key characteristics of this WEC generation and ENERCON's response to new market requirements.

NEW WEC GENERATION

### GENERAL

|   |   |
|---|---|
| <b>Nominal power</b>                                    | 4,200 kW  |
| <b>Wind class (IEC)</b>                                 | IEC IIIA  |
| <b>Wind zone (DIBt)</b>                                 | WZ 2 GK II  |
| <b>Turbine concept</b>                                  | gearless,<br>variable speed,<br>full power converter                                  |
| <b>Design service life</b>                              | 25 years  |
| <b>Cut in wind speed</b>                                | 2.5 m/s   |
| <b>Cut out wind speed</b>                               | 28 m/s  |
| <b>Extreme wind speed at hub height (3-second gust)</b> | 52.5 m/s  |
| <b>Rotational speed</b>                                 | 4.4 / 5 * - 10.8 rpm (3,500 kW)<br>4.4 / 5 * - 10.8 rpm (4,200 kW)                    |
| <b>Ambient temperature for normal operation</b>         | -10 °C to +40 °C  |
| <b>Extreme temperature range</b>                        | -20 °C to +50 °C  |
| <b>Grid feed / control system</b>                       | ENERCON inverter  |
| <b>Grid frequency</b>                                   | 50 Hz / 60 Hz   |
| <b>Sound power level</b>                                | 93.4 - 106.0 dB(A)*<br>Yield and noise-optimised operation. Further modes on request. |

### ROTOR

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Rotor diameter</b> | 138.25 m                               |
| <b>Swept area</b>     | 15,011 m <sup>2</sup>                  |
| <b>Type</b>           | upwind rotor with active pitch control |

### TOWER

|                   |               |               |                |                 |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|
| <b>Hub height</b> | <b>IEC SA</b> | <b>IEC IA</b> | <b>IEC IIA</b> | <b>IEC IIIA</b> |
|                   | 81 m          |               |                | 160 m           |
|                   | 96 m          |               |                |                 |
|                   | 111 m         |               |                |                 |
|                   | 131 m         |               |                |                 |
|                   | 149 m         |               |                |                 |

### ENVIRONMENTAL KEY FACTORS\*

|                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Carbon footprint</b>    | 6.24 g CO <sub>2</sub> -e/kWh |
| <b>Harvest factor</b>      | 37.5                          |
| <b>Energy payback time</b> | 8.0 month                     |

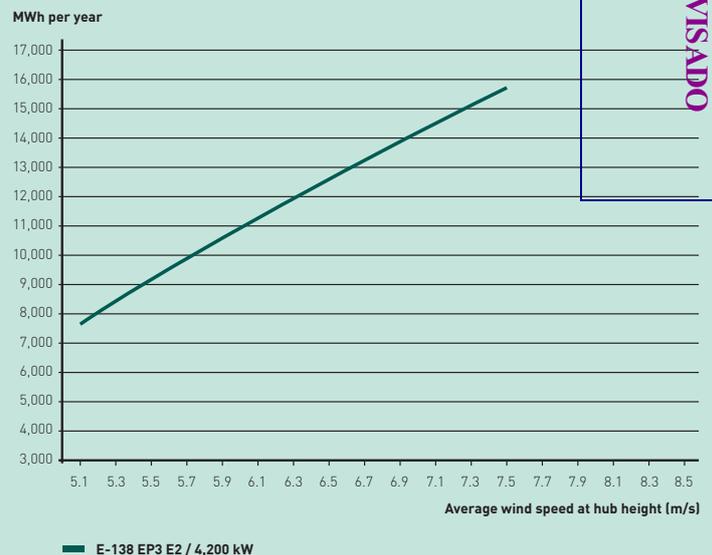
### GENERATOR

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Type</b>           | directly driven, separately excited annular generator |
| <b>Cooling system</b> | air cooling system                                    |

### FEATURES

|                                     | STANDARD | OPTIONAL |
|-------------------------------------|----------|----------|
| FACTS and transmission              | X        |          |
| ENERCON SCADA                       | X        |          |
| ENERCON storm control               | X        |          |
| Low radar reflectivity rotor blades | X        |          |
| Ice detection system                | X        |          |
| Power curve method                  |          | X        |
| Additional ice detection system     |          | X        |
| Blade heating system                |          | X        |
| Hot-Climate                         |          | X        |
| Shadow shutdown                     |          | X        |
| ENERCON SCADA bat protection        |          | X        |
| STATCOM                             |          | X        |
| Inertia Emulation                   |          | X        |
| Sector management for wind farms    |          | X        |
| Beacon management for wind farms    |          | X        |

### ANNUAL ENERGY YIELD



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO SERGIO FAREDES GARCIA Colegiado nº 0026543

VISADO

\* 3,500 kW nominal power / HH 111 m ST

# Technical data sheet

## General design conditions

### ENERCON E-138 EP3 E2 / 4200 kW wind energy converter

|   |  |               |
|---|--|---------------|
| <br><b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> | Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0<br>SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543 | <b>VISADO</b> |
|---|--|---------------|

**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 Directors: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
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**

|                    |  |            |   |
|--------------------|--|------------|---|
| <b>Document ID</b> | D0749291/6.1-en  |            |   |
| <b>Note</b>        | Original document. Source document of this translation: D0745910/6.0-de/2023-01-31 |            |   |
| <b>Date</b>        | <b>Language</b>  | <b>DCC</b> | <b>Plant/department</b>   |
| 2023-02-02         | en   | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

### Applicable documents

The titles of the documents listed are the titles of the original language versions, with translations of these titles in brackets where applicable. The titles of superordinate standards and guidelines are indicated in the original language or as an English translation. Document IDs always refer to the original language versions. If the document ID does not contain a revision, the most recent revision of the document applies. This list contains documents concerning optional components if necessary.

### Higher-level standards and guidelines

| Document ID              | Document  |
|--------------------------|---|
| DIBt 2012                | Guideline on wind energy converters, influences and stability analyses for tower and foundation, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin, October 2012 version |
| DIN EN ISO 12944         | Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems   |
| IEC 61400-1:2005+A1:2010 | Wind turbines – Part 1: Design requirements   |

### Associated documents

| Document ID | Document   |
|-------------|--|
| D0160496    | Technische Beschreibung Option Cold Climate (Technical description of Cold Climate option) |
| D0178786    | Technische Beschreibung Sturmregelung (Technical description of storm control)             |



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE MADRID**

SERGIO PAREDES GARCÍA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

**VISADO**

## Table of contents

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Introduction .....                                      | 6  |
| 2   | Technical specifications of wind energy converter ..... | 7  |
| 3   | Wind energy converter design .....                      | 8  |
| 3.1 | Certified/target design requirements .....              | 8  |
| 3.2 | Other site requirements .....                           | 11 |
| 3.3 | Application of modified design parameters .....         | 11 |
| 4   | Configurations for extreme temperatures .....           | 12 |
| 4.1 | Cold Climate option .....                               | 12 |
| 4.2 | Hot Climate option .....                                | 12 |

  
**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## List of abbreviations

|     |                    |
|-----|--------------------|
| HST | Hybrid steel tower |
| HT  | Hybrid tower       |
| ST  | Steel tower        |

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

# 1 Introduction

This document lists the main design parameters based on the official applicable standards. In addition, it lays out the main requirements for potential installation sites with respect to the structural stability of the wind energy converter.

The parameters and values listed in this document do not make any statements with respect to the general or site-specific power performance and/or noise emissions of the wind energy converter. This information is available in separate documentation.

|   |
|---|
|                            |
| <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b>  |
| Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0 |
| SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543   |
| <b>VISADO</b>   |



### 3 Wind energy converter design

#### 3.1 Certified/target design requirements

The E-138 EP3 E2 / 4200 kW has been/will be certified for the following design requirements laid out in DIBt 2012 and IEC 61400-1:2005-08+A1:2010 (3rd edition). These design requirements must be taken into consideration for the intended installation site.

Tab. 3: Certified/target design requirements, tower-specific

| Parameter  | E-138<br>EP3 E2-<br>ST-81-<br>FB-<br>C-01/02 | E-138<br>EP3 E2-<br>ST-96-<br>FB-C-01 | E-138<br>EP3 E2-<br>ST-111-<br>FB-C-01 | E-138<br>EP3 E2-<br>ST-131-<br>FB-<br>C-01/02 | E-138<br>EP3 E2-<br>HST-13<br>1-FB-<br>C-01 | E-138<br>EP3 E2-<br>HT-149-<br>ES-C-02 | E-138<br>EP3 E2-<br>HT-160-<br>ES-C-01 |
|--|--|---------------------------------------|--|---|---|--|--|
| IEC wind class (3rd Edition)   | S  | S                                     | S                                      | S   | S   | S                                      | III                                    |
| Turbulence category acc. to IEC (3rd edition)  | A  | A                                     | A                                      | A   | A   | A                                      | A                                      |
| DIBt wind zone/ terrain category   | WZ S<br>GK II                                | WZ S<br>GK II                         | WZ S<br>GK II                          | -   | WZ S<br>GK II                               | WZ S<br>GK II                          | WZ 2 GK<br>II                          |
| 50-year extreme wind speed at hub height (10-minute mean) acc. to IEC (3rd edition) in m/s | 37.50  | 37.50                                 | 37.50                                  | 37.50   | 37.50                                       | 37.50                                  | 37.50                                  |
| Corresponds to a load equivalent of approx. (3-second gust) in m/s                         | 52.50  | 52.50                                 | 52.50                                  | 52.50   | 52.50                                       | 52.50                                  | 52.50                                  |
| 50-year extreme wind speed at hub height (10-minute mean) acc. to DIBt 2012 in m/s         | 34.90  | 35.90                                 | 36.69                                  | -   | 37.69                                       | 38.52                                  | 38.96                                  |
| Annual average wind speed at hub height acc. to IEC (3rd edition) in m/s                   | 6.60 <sup>5</sup>                            | 6.60 <sup>5</sup>                     | 6.60 <sup>5</sup>                      | 6.60 <sup>5</sup>                             | 6.60 <sup>5</sup>                           | 7.63                                   | 7.50                                   |

<sup>5</sup> Although the tower configuration is designed for a reduced mean wind speed, the suitability of the site for higher mean wind speeds can be demonstrated by means of load calculation depending on the site conditions. Taking into account a generic wind direction distribution, the design target is 7.50 m/s.


**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Parameter  | E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01/02 | E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01/02 | E-138 EP3 E2-HST-13-1-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02 | E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01 |
|--|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Annual average wind speed at hub height acc. to DIBt 2012 in m/s | 6.60 <sup>5</sup>             | 6.60 <sup>5</sup>          | 6.60 <sup>5</sup>           | -                              | 6.60 <sup>5</sup>             | 6.00 <sup>6</sup>           | 7.71                        |
| Wind shear   | 0.0 to 0.2                    | 0.0 to 0.2                 | 0.0 to 0.2                  | 0.0 to 0.2                     | 0.0 to 0.2                    | 0.0 to 0.2                  | 0.0 to 0.2                  |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

<sup>6</sup> Although the tower configuration is designed for a reduced mean wind speed, the suitability of the site for higher mean wind speeds can be demonstrated by means of load calculation depending on the site conditions. Taking into account a generic wind direction distribution, the design target is 7.63 m/s.

Tab. 4: General certified/target design requirements

| Parameter                 | Value                           |                           |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Turbulence intensity      | Wind speed at hub height in m/s | Turbulence intensity in % |
|                           | 2                               | 56.80                     |
|                           | 4                               | 34.40                     |
|                           | 6                               | 26.93                     |
|                           | 8                               | 23.20                     |
|                           | 10                              | 20.96                     |
|                           | 12                              | 19.47                     |
|                           | 14                              | 18.40                     |
|                           | 16                              | 17.60                     |
|                           | 18                              | 16.98                     |
|                           | 20                              | 16.48                     |
|                           | 22                              | 16.07                     |
|                           | 24                              | 15.73                     |
| 26                        | 15.45                           |                           |
| 28                        | 15.20                           |                           |
| Flow inclination          | 8°                              |                           |
| Normal temperature range  | -10 °C to +40 °C                |                           |
| Extreme temperature range | -20 °C to +50 °C                |                           |
| Relative air humidity     | ≤ 95 %                          |                           |
| Maximum solar irradiance  | 1000 W/m <sup>2</sup>           |                           |
| Standard air density      | 1.225 kg/m <sup>3</sup>         |                           |

The load calculations (operating and extreme loads) include a safety factor which corresponds to the load case group. As ENERCON wind energy converters are equipped with sensors that detect any rotor blade unbalance and stop the wind energy converter if necessary, unsymmetrical icing (different amounts of ice on the rotor blades) does not need to be considered.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 3.2 Other site requirements

Tab. 5: Other site requirements

| Parameter   | Value   |
|---|---|
| Distance between wind energy converters on the wind farm <sup>7</sup> | ≥ 5 x rotor diameter in main wind direction (Turbulence category A)   |
|   | ≥ 3 x rotor diameter in less frequent wind directions (Turbulence category A)                                   |
| Maximum elevation above sea level <sup>8</sup>                        | 800 m   |
| Survival temperature <sup>9</sup>                                     | -40 °C  |
| Site acc. to corrosion protection class                               | Steel tower, outside: C4, optional C5 (acc. to DIN EN ISO 12944)  |
|   | All interior components not directly exposed to the weather: comparable to C3 'high' (acc. to DIN EN ISO 12944) |

### 3.3 Application of modified design parameters

The site conditions specified in this document are general reference values. It is also possible to install and operate the wind energy converter at sites where conditions are different. However, this requires additional project-specific assessments.

The wind energy converter is equipped with an internal closed-loop control system consisting of various monitoring sensors and mechanisms (e.g. sensors for temperature, vibrations, oscillations and loads). If the closed-loop control system determines that the site conditions are outside the acceptable range, the main control system of the wind energy converter automatically takes the appropriate protective measures (e.g. transition to a power-reduced operating mode or stopping operation).



**Madrid**  
**Industriales de Madrid**  
**Ingenieros Técnicos**  
**Colegio Oficial de**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
 A9EF0  
 SERGIO PABLOS GARCÍA con el número de registro nº 0026543

**VISADO**

<sup>7</sup> These specifications are to be considered general reference values. The influence of the wake effect must be assessed for each individual project.  
<sup>8</sup> Sites at higher elevations are generally also feasible; however, a project-specific assessment is required.  
<sup>9</sup> For situations with limited stress.

## 4 Configurations for extreme temperatures

### 4.1 Cold Climate option

For sites where temperatures drop below  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  on more than 9 days per year on average, ENERCON offers wind energy converters with Cold Climate option.

For further information on the Cold Climate option, refer to the ENERCON document D0160496 'Technische Beschreibung Option Cold Climate' (Technical description of Cold Climate option).

### 4.2 Hot Climate option

Wind energy converters with appropriately modified components are available for selected high-temperature sites upon request.



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

# Technical data sheet

Operating modes 0 s, I s, II s and power-reduced operation

ENERCON E-138 EP3 E2 / 4200 kW wind energy converter with TES (Trailing Edge Serrations)

**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**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 Directors: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle  
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**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Document ID</b> | D0749845/12.0-en  |
| <b>Note</b>        | Original document. Source document of this translation: D0748822/12.1-de/2022-03-01 |

| <b>Date</b> | <b>Language</b> | <b>DCC</b> | <b>Plant/department</b>   |
|-------------|-----------------|------------|---|
| 2022-03-04  | en              | DA         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

### Applicable documents

The titles of the documents listed are the titles of the original language versions, with translations of these titles in brackets where applicable. The titles of superordinate standards and guidelines are indicated in the original language or as an English translation. Document IDs always refer to the original language versions. If the document ID does not contain a revision, the most recent revision of the document applies. This list contains documents concerning optional components if necessary.

### Higher-level standards and guidelines

| Document ID         | Document   |
|---------------------|--|
| IEC 61400-11:2012   | Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques   |
| IEC 61400-12-1:2017 | Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurement of electricity producing wind turbines |

### Associated documents

| Document ID | Document  |
|-------------|---|
| various     | Garantie des Leistungsverhaltens für ENERCON Windenergieanlagen (Power performance Warranty for ENERCON Wind Energy Converters) |



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE MADRID**

AGEPF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

## Table of contents

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Available operating modes</b> .....                              | <b>7</b>  |
| <b>2</b>  | <b>General information</b> .....                                    | <b>8</b>  |
| 2.1       | Power Performance .....   | 8         |
| 2.2       | Information on sound power levels .....                             | 8         |
| 2.3       | Operating parameters .....  | 8         |
| 2.4       | Site properties .....   | 9         |
| 2.5       | Turbulence intensity .....  | 10        |
| <b>3</b>  | <b>Operating mode 0 s</b> .....                                     | <b>12</b> |
| 3.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode 0 s .....       | 12        |
| 3.2       | Calculated sound power levels – operating mode 0 s .....            | 15        |
| <b>4</b>  | <b>Operating mode I s</b> .....                                     | <b>17</b> |
| 4.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode I s .....       | 17        |
| 4.2       | Calculated sound power levels – operating mode I s .....            | 20        |
| <b>5</b>  | <b>Operating mode II s</b> .....                                    | <b>22</b> |
| 5.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode II s .....      | 22        |
| 5.2       | Calculated sound power levels – operating mode II s .....           | 25        |
| <b>6</b>  | <b>Operating mode 4000 kW s</b> .....                               | <b>27</b> |
| 6.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode 4000 kW s ..... | 27        |
| 6.2       | Calculated sound power levels – operating mode 4000 kW s .....      | 30        |
| <b>7</b>  | <b>Operating mode 3500 kW s</b> .....                               | <b>32</b> |
| 7.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode 3500 kW s ..... | 32        |
| 7.2       | Calculated sound power levels – operating mode 3500 kW s .....      | 35        |
| <b>8</b>  | <b>Operating mode 3000 kW s</b> .....                               | <b>37</b> |
| 8.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode 3000 kW s ..... | 37        |
| 8.2       | Calculated sound power levels – operating mode 3000 kW s .....      | 40        |
| <b>9</b>  | <b>Operating mode 2500 kW s</b> .....                               | <b>42</b> |
| 9.1       | Calculated power, cp and ct values – operating mode 2500 kW s ..... | 42        |
| 9.2       | Calculated sound power levels – operating mode 2500 kW s .....      | 45        |
| <b>10</b> | <b>Operating mode 2000 kW s</b> .....                               | <b>47</b> |
| 10.1      | Calculated power, cp and ct values – operating mode 2000 kW s ..... | 47        |
| 10.2      | Calculated sound power levels – operating mode 2000 kW s .....      | 50        |
| <b>11</b> | <b>Operating mode 1500 kW s</b> .....                               | <b>52</b> |
| 11.1      | Calculated power, cp and ct values – operating mode 1500 kW s ..... | 52        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

11.2 Calculated sound power levels – operating mode 1500 kW s ..... 55

12 Operating mode 1000 kW s ..... 57

12.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode 1000 kW s ..... 57

12.2 Calculated sound power levels – operating mode 1000 kW s ..... 60

13 Operating mode 500 kW s ..... 62

13.1 Calculated power, cp and ct values – operating mode 500 kW s ..... 62

13.2 Calculated sound power levels – operating mode 500 kW s ..... 62



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## List of abbreviations

### Abbreviations

|     |                    |
|-----|--------------------|
| HH  | Hub height         |
| HST | Hybrid steel tower |
| HT  | Hybrid tower       |
| ST  | Steel tower        |

### Variables, units, formulas

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| $L_{WA}$   | Sound power level          |
| $v_H$      | Wind speed at hub height   |
| $v_s$      | Standardised wind speed    |
| $\sigma_P$ | Serial product variation   |
| $\sigma_R$ | Uncertainty in measurement |



**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

# 1 Available operating modes

The following table shows which operating modes are available for which tower versions or hub heights.

Tab. 1: Available operating modes

| Operating mode | Tower version or hub height (HH) |                            |                            |                              |                              |                              |                               |                              |                              |    |
|----------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----|
|                | E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01       | E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02 | E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-ST-11-1-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-ST-13-1-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-ST-13-1-FB-C-02 | E-138 EP3 E2-HST-1-31-FB-C-01 | E-138 EP3 E2-HT-14-9-ES-C-02 | E-138 EP3 E2-HT-14-9-ES-C-01 | HH |
|                | 81 m                             | 81 m                       | 96 m                       | 111 m                        | 131 m                        | 131 m                        | 131 m                         | 149 m                        | 160 m                        |    |
| 0 s            | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| I s            | x                                | x                          | x                          | x                            | -                            | -                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| II s           | x                                | x                          | x                          | x                            | -                            | -                            | -                             | x                            | x                            | x  |
| 4000 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| 3500 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| 3000 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| 2500 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| 2000 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |
| 1500 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | -                            | -                            | -                             | x                            | x                            | x  |
| 1000 kW s      | x                                | x                          | x                          | x                            | -                            | -                            | -                             | x                            | x                            | x  |
| 500 kW s       | x                                | x                          | x                          | x                            | x                            | x                            | x                             | x                            | x                            | x  |

x = Available

- = Not available



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 2 General information

In addition to the technical properties of the wind energy converter listed in this document, it is imperative to note the supplement to this document. An overview of the supplements is available to Sales (D0950052 'Übersicht Beiblätter zu den Schall- und Leistungsdatenblättern' (Overview of supplements to the sound and performance data sheets)).

### 2.1 Power Performance

The power values, power coefficients ( $c_p$  values) and thrust coefficients ( $c_t$  values) given in this document are predicted values. Based on the current development status of this wind energy converter type, ENERCON considers it sufficiently likely that these values will be reached. The power performance of the wind energy converter is only guaranteed under the conditions described in the document 'Power Performance Warranty for ENERCON Wind Energy Converters'.

### 2.2 Information on sound power levels

Allocation of the sound power levels ( $L_{WA}$ ) to the standardised wind speed ( $v_s$ ) at a height of 10 m is valid only if based on a logarithmic wind shear law with a roughness length of 0.05 m. Allocation of the sound power levels to the wind speed at hub height ( $v_H$ ) is valid for all hub heights (HH). During measurements, the wind speed is determined based on the power output and the power curve.

Due to uncertainties in sound measurements ( $\sigma_R$ ) and series product variations ( $\sigma_P$ ), the sound power level values indicated in this document allow for an uncertainty of  $\sigma_R = 0.5$  dB(A) and  $\sigma_P = 1.2$  dB(A). The 90 % confidence interval applies:

$$L_{e,max} = L_W + 1,28 \cdot \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}$$

If, during measurement, the difference between total noise and extraneous noise is less than 6 dB(A), a greater uncertainty should be assumed. The guideline is IEC 61400-11:2012.

The sound power levels are calculated for the conditions stated in tab. 2, p. 9. A prevailing turbulence intensity distribution of 6 % to 12 % is assumed.

This data sheet does not constitute a warranty of compliance with project-specific or site-specific sound power levels.

### 2.3 Operating parameters

The settings of the wind energy converter's reactive power generation and wind farm open-loop and closed-loop control systems influence the power performance. The calculated power curves,  $c_p$  and  $c_t$  curves listed in this document apply only to operation without limitations.

## 2.4 Site properties

The power,  $c_p$  and  $c_t$  curves and sound power levels listed in this document have been calculated for the conditions described in tab. 2, p. 9 with undamaged leading edges and clean rotor blades. The calculations are based on experience with wind energy converters in a wide variety of locations.

**Tab. 2: Site conditions**

| Parameter  | Value (10-minute mean)           |  |
|--|----------------------------------|--|
| Standard air density   | 1.225 kg/m <sup>3</sup>          |  <b>Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid</b> |
| Relative air humidity  | 70 %                             |  |
| Temperature  | 15 °C                            |  |
| Turbulence intensity   | According to sect. 2.5, p. 10    |  |
| Wind shear exponent  | 0.0 to 0.3                       |  |
| Maximum difference of wind direction between upper and lower blade tip | 10°                              |  |
| Maximum flow inclination   | ±2°                              |  |
| Terrain  | According to IEC 61400-12-1:2017 |  |
| Snow/ice   | No                               |  |
| Rain   | No                               |  |

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

Otherwise, the framework conditions according to IEC 61400-12-1:2017 apply.

## 2.5 Turbulence intensity

The table below defines the range of validity for the power curves,  $c_p$  and  $c_t$  curves with regard to the turbulence intensities that may prevail on site. See tab. 2, p. 9 for further restrictions.

**Tab. 3: Turbulence intensity**

| Wind speed in m/s | Lower limit of turbulence intensity in % | Upper limit of turbulence intensity in % |
|-------------------|--|--|
| 0.00              | 20.00                                    | 40.00                                    |
| 0.50              | 20.00                                    | 40.00                                    |
| 1.00              | 20.00                                    | 40.00                                    |
| 1.50              | 20.00                                    | 40.00                                    |
| 2.00              | 20.00                                    | 40.00                                    |
| 2.50              | 20.00                                    | 40.00                                    |
| 3.00              | 18.32                                    | 34.02                                    |
| 3.50              | 16.45                                    | 30.55                                    |
| 4.00              | 15.05                                    | 27.95                                    |
| 4.50              | 13.96                                    | 25.93                                    |
| 5.00              | 13.09                                    | 24.31                                    |
| 5.50              | 12.38                                    | 22.99                                    |
| 6.00              | 11.78                                    | 21.88                                    |
| 6.50              | 11.28                                    | 20.95                                    |
| 7.00              | 10.85                                    | 20.15                                    |
| 7.50              | 10.48                                    | 19.46                                    |
| 8.00              | 10.15                                    | 18.85                                    |
| 8.50              | 9.86                                     | 18.31                                    |
| 9.00              | 9.61                                     | 17.84                                    |
| 9.50              | 9.38                                     | 17.41                                    |
| 10.00             | 9.17                                     | 17.03                                    |
| 10.50             | 8.98                                     | 16.68                                    |
| 11.00             | 8.81                                     | 16.37                                    |
| 11.50             | 8.66                                     | 16.08                                    |
| 12.00             | 8.52                                     | 15.82                                    |
| 12.50             | 8.39                                     | 15.57                                    |
| 13.00             | 8.27                                     | 15.35                                    |
| 13.50             | 8.15                                     | 15.14                                    |
| 14.00             | 8.05                                     | 14.95                                    |
| 14.50             | 7.95                                     | 14.77                                    |
| 15.00             | 7.86                                     | 14.60                                    |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

| Wind speed in m/s | Lower limit of turbulence intensity in % | Upper limit of turbulence intensity in % |
|-------------------|--|--|
| 15.50             | 7.78                                     | 14.45                                    |
| 16.00             | 7.70                                     | 14.30                                    |
| 16.50             | 7.63                                     | 14.16                                    |
| 17.00             | 7.56                                     | 14.03                                    |
| 17.50             | 7.49                                     | 13.91                                    |
| 18.00             | 7.43                                     | 13.79                                    |
| 18.50             | 7.37                                     | 13.69                                    |
| 19.00             | 7.31                                     | 13.58                                    |
| 19.50             | 7.26                                     | 13.48                                    |
| 20.00             | 7.21                                     | 13.39                                    |
| 20.50             | 7.16                                     | 13.30                                    |
| 21.00             | 7.12                                     | 13.22                                    |
| 21.50             | 7.07                                     | 13.14                                    |
| 22.00             | 7.03                                     | 13.06                                    |
| 22.50             | 6.99                                     | 12.99                                    |
| 23.00             | 6.95                                     | 12.92                                    |
| 23.50             | 6.92                                     | 12.85                                    |
| 24.00             | 6.88                                     | 12.78                                    |
| 24.50             | 6.85                                     | 12.72                                    |
| 25.00             | 6.82                                     | 12.66                                    |
| 25.50             | 6.79                                     | 12.60                                    |
| 26.00             | 6.76                                     | 12.55                                    |
| 26.50             | 6.73                                     | 12.50                                    |
| 27.00             | 6.70                                     | 12.45                                    |
| 27.50             | 6.68                                     | 12.40                                    |
| 28.00             | 6.65                                     | 12.35                                    |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

### 3 Operating mode 0 s

#### 3.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 0 s

Tab. 4: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 0 s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 541           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 722           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 936           | 0.47        | 0.86        |
| 6.50                | 1183          | 0.47        | 0.84        |
| 7.00                | 1461          | 0.46        | 0.81        |
| 7.50                | 1765          | 0.45        | 0.78        |
| 8.00                | 2086          | 0.44        | 0.74        |
| 8.50                | 2414          | 0.43        | 0.71        |
| 9.00                | 2738          | 0.41        | 0.66        |
| 9.50                | 3045          | 0.38        | 0.62        |
| 10.00               | 3323          | 0.36        | 0.57        |
| 10.50               | 3563          | 0.33        | 0.53        |
| 11.00               | 3759          | 0.31        | 0.48        |
| 11.50               | 3909          | 0.28        | 0.43        |
| 12.00               | 4018          | 0.25        | 0.39        |
| 12.50               | 4092          | 0.23        | 0.35        |
| 13.00               | 4139          | 0.20        | 0.31        |
| 13.50               | 4168          | 0.18        | 0.28        |
| 14.00               | 4184          | 0.17        | 0.25        |
| 14.50               | 4193          | 0.15        | 0.22        |
| 15.00               | 4197          | 0.14        | 0.20        |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.50               | 4199          | 0.12        | 0.18        |
| 16.00               | 4200          | 0.11        | 0.17        |
| 16.50               | 4200          | 0.10        | 0.15        |
| 17.00               | 4200          | 0.09        | 0.14        |
| 17.50               | 4200          | 0.09        | 0.13        |
| 18.00               | 4200          | 0.08        | 0.12        |
| 18.50               | 4200          | 0.07        | 0.11        |
| 19.00               | 4200          | 0.07        | 0.10        |
| 19.50               | 4198          | 0.06        | 0.09        |
| 20.00               | 4186          | 0.06        | 0.09        |
| 20.50               | 4160          | 0.05        | 0.08        |
| 21.00               | 4115          | 0.05        | 0.07        |
| 21.50               | 4041          | 0.04        | 0.07        |
| 22.00               | 3933          | 0.04        | 0.06        |
| 22.50               | 3783          | 0.04        | 0.06        |
| 23.00               | 3591          | 0.03        | 0.05        |
| 23.50               | 3357          | 0.03        | 0.05        |
| 24.00               | 3088          | 0.02        | 0.04        |
| 24.50               | 2799          | 0.02        | 0.04        |
| 25.00               | 2214          | 0.02        | 0.03        |
| 25.50               | 1878          | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 1585          | 0.01        | 0.02        |
| 26.50               | 1314          | 0.01        | 0.02        |
| 27.00               | 1069          | 0.01        | 0.01        |
| 27.50               | 854           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 708           | 0.00        | 0.01        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

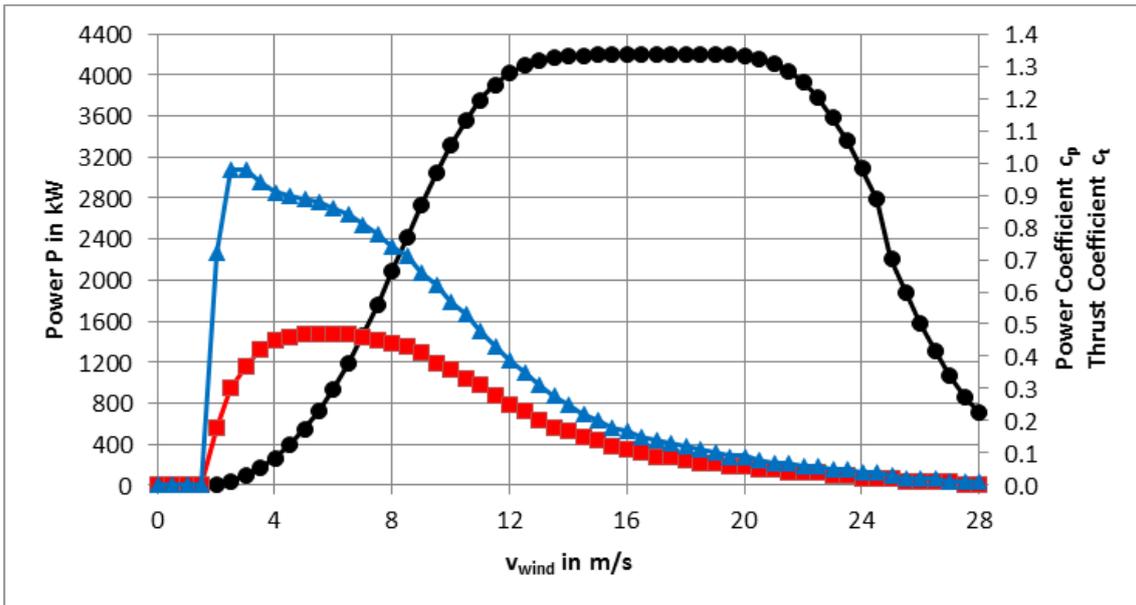


Fig. 1: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 0 s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

### 3.2 Calculated sound power levels – operating mode 0 s

In operating mode 0 s the wind energy converter operates in a power-optimised mode to achieve optimum yield. The highest expected sound power level is 106.0 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

**Tab. 5: Technical specifications**

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 4200  | kW   |
| Nominal wind speed             | 15.0  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 11.1  | rpm  |

**Tab. 6: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at height of 10 m**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | 97.4     | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | 100.3    | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | 102.4    | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.1    | 103.2    | 103.2    | 103.3    |
| 5.5 m/s                   | 103.3                      | 103.5   | 103.6    | 103.7    | 103.8    | 103.8    |
| 6 m/s                     | 103.8                      | 103.9   | 104.1    | 104.2    | 104.3    | 104.4    |
| 6.5 m/s                   | 104.3                      | 104.5   | 104.7    | 104.8    | 104.8    | 104.9    |
| 7 m/s                     | 104.8                      | 104.9   | 105.0    | 105.2    | 105.2    | 105.3    |
| 7.5 m/s                   | 105.2                      | 105.3   | 105.4    | 105.5    | 105.6    | 105.7    |
| 8 m/s                     | 105.5                      | 105.7   | 105.8    | 105.9    | 106.0    | 106.0    |
| 8.5 m/s                   | 105.9                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 9 m/s                     | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0025543  
**VISADO**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 10 m/s                    | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 10.5 m/s                  | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 11 m/s                    | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 11.5 m/s                  | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 12 m/s                    | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |
| 95 % $P_n$                | 106.0                      | 106.0   | 106.0    | 106.0    | 106.0    | 106.0    |

Tab. 7: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.2                      |
| 8 m/s    | 103.6                      |
| 8.5 m/s  | 103.9                      |
| 9 m/s    | 104.3                      |
| 9.5 m/s  | 104.7                      |
| 10 m/s   | 104.9                      |
| 10.5 m/s | 105.2                      |
| 11 m/s   | 105.4                      |
| 11.5 m/s | 105.7                      |
| 12 m/s   | 106.0                      |
| 12.5 m/s | 106.0                      |
| 13 m/s   | 106.0                      |
| 13.5 m/s | 106.0                      |
| 14 m/s   | 106.0                      |
| 14.5 m/s | 106.0                      |
| 15 m/s   | 106.0                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 4 Operating mode I s

### 4.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode I s

 Tab. 8: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode I s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 166           | 0.42        | 0.93        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 540           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 719           | 0.47        | 0.89        |
| 6.00                | 930           | 0.47        | 0.87        |
| 6.50                | 1174          | 0.46        | 0.86        |
| 7.00                | 1450          | 0.46        | 0.84        |
| 7.50                | 1754          | 0.45        | 0.81        |
| 8.00                | 2079          | 0.44        | 0.77        |
| 8.50                | 2413          | 0.43        | 0.73        |
| 9.00                | 2744          | 0.41        | 0.69        |
| 9.50                | 3058          | 0.39        | 0.64        |
| 10.00               | 3344          | 0.36        | 0.59        |
| 10.50               | 3590          | 0.34        | 0.54        |
| 11.00               | 3790          | 0.31        | 0.49        |
| 11.50               | 3944          | 0.28        | 0.45        |
| 12.00               | 4055          | 0.25        | 0.40        |
| 12.50               | 4130          | 0.23        | 0.36        |
| 13.00               | 4178          | 0.21        | 0.32        |
| 13.50               | 4200          | 0.19        | 0.28        |
| 14.00               | 4200          | 0.17        | 0.25        |
| 14.50               | 4200          | 0.15        | 0.23        |
| 15.00               | 4200          | 0.14        | 0.21        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

MADRID

A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.50               | 4200          | 0.12        | 0.19        |
| 16.00               | 4200          | 0.11        | 0.17        |
| 16.50               | 4200          | 0.10        | 0.15        |
| 17.00               | 4200          | 0.09        | 0.14        |
| 17.50               | 4200          | 0.09        | 0.13        |
| 18.00               | 4200          | 0.08        | 0.12        |
| 18.50               | 4200          | 0.07        | 0.11        |
| 19.00               | 4200          | 0.07        | 0.10        |
| 19.50               | 4200          | 0.06        | 0.09        |
| 20.00               | 4200          | 0.06        | 0.09        |
| 20.50               | 4187          | 0.05        | 0.08        |
| 21.00               | 4131          | 0.05        | 0.08        |
| 21.50               | 4043          | 0.04        | 0.07        |
| 22.00               | 3917          | 0.04        | 0.06        |
| 22.50               | 3747          | 0.04        | 0.06        |
| 23.00               | 3533          | 0.03        | 0.05        |
| 23.50               | 3280          | 0.03        | 0.05        |
| 24.00               | 2994          | 0.02        | 0.04        |
| 24.50               | 2692          | 0.02        | 0.04        |
| 25.00               | 2135          | 0.02        | 0.03        |
| 25.50               | 1818          | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 1537          | 0.01        | 0.02        |
| 26.50               | 1276          | 0.01        | 0.02        |
| 27.00               | 1040          | 0.01        | 0.01        |
| 27.50               | 832           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 827           | 0.00        | 0.01        |



**Collegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

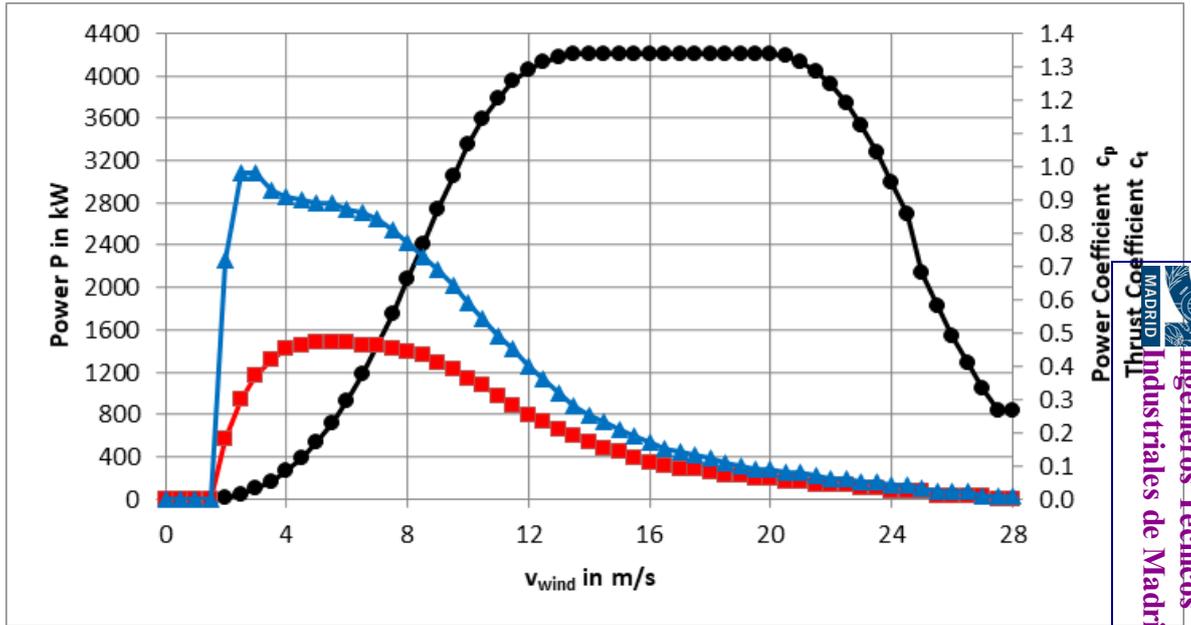


Fig. 2: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode I s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 4.2 Calculated sound power levels – operating mode I s

In operating mode I s the wind energy converter operates with reduced sound emission. The highest expected sound power level is 105.0 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 9: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 4200  | kW   |
| Nominal wind speed             | 15.0  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.6  | rpm  |

Tab. 10: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 91.7                       | 92.1    | 92.5     | 92.9     | 93.2     | 93.4     |
| 3.5 m/s                   | 94.8                       | 95.3    | 95.7     | 96.2     | 96.6     | 96.8     |
| 4 m/s                     | 97.8                       | 98.3    | 98.8     | 99.3     | 99.6     | 99.9     |
| 4.5 m/s                   | 100.6                      | 101.1   | 101.6    | 102.1    | 102.6    | 102.8    |
| 5 m/s                     | 103.3                      | 103.6   | 103.8    | 104.1    | 104.3    | 104.4    |
| 5.5 m/s                   | 104.5                      | 104.8   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 6 m/s                     | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 6.5 m/s                   | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 7 m/s                     | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 7.5 m/s                   | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 8 m/s                     | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 8.5 m/s                   | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 9 m/s                     | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |



Madrid  
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 10 m/s                    | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 10.5 m/s                  | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 11 m/s                    | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 11.5 m/s                  | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 12 m/s                    | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |
| 95 % $P_n$                | 105.0                      | 105.0   | 105.0    | 105.0    | 105.0    | 105.0    |

 Tab. 11: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$ 

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 95.3                       |
| 5.5 m/s  | 97.5                       |
| 6 m/s    | 99.5                       |
| 6.5 m/s  | 101.4                      |
| 7 m/s    | 103.4                      |
| 7.5 m/s  | 104.2                      |
| 8 m/s    | 105.0                      |
| 8.5 m/s  | 105.0                      |
| 9 m/s    | 105.0                      |
| 9.5 m/s  | 105.0                      |
| 10 m/s   | 105.0                      |
| 10.5 m/s | 105.0                      |
| 11 m/s   | 105.0                      |
| 11.5 m/s | 105.0                      |
| 12 m/s   | 105.0                      |
| 12.5 m/s | 105.0                      |
| 13 m/s   | 105.0                      |
| 13.5 m/s | 105.0                      |
| 14 m/s   | 105.0                      |
| 14.5 m/s | 105.0                      |
| 15 m/s   | 105.0                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

## 5 Operating mode II s

### 5.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode II s

Tab. 12: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode II s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 166           | 0.42        | 0.93        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 538           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 716           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 926           | 0.46        | 0.87        |
| 6.50                | 1168          | 0.46        | 0.85        |
| 7.00                | 1438          | 0.45        | 0.83        |
| 7.50                | 1730          | 0.44        | 0.79        |
| 8.00                | 2032          | 0.43        | 0.75        |
| 8.50                | 2331          | 0.41        | 0.70        |
| 9.00                | 2617          | 0.39        | 0.65        |
| 9.50                | 2883          | 0.36        | 0.59        |
| 10.00               | 3124          | 0.34        | 0.54        |
| 10.50               | 3338          | 0.31        | 0.49        |
| 11.00               | 3521          | 0.29        | 0.45        |
| 11.50               | 3672          | 0.26        | 0.41        |
| 12.00               | 3790          | 0.24        | 0.37        |
| 12.50               | 3877          | 0.22        | 0.33        |
| 13.00               | 3939          | 0.19        | 0.30        |
| 13.50               | 3980          | 0.18        | 0.27        |
| 14.00               | 4000          | 0.16        | 0.24        |
| 14.50               | 4000          | 0.14        | 0.22        |
| 15.00               | 4000          | 0.13        | 0.20        |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.50               | 4000          | 0.12        | 0.18        |
| 16.00               | 4000          | 0.11        | 0.16        |
| 16.50               | 4000          | 0.10        | 0.15        |
| 17.00               | 4000          | 0.09        | 0.14        |
| 17.50               | 4000          | 0.08        | 0.12        |
| 18.00               | 4000          | 0.07        | 0.11        |
| 18.50               | 4000          | 0.07        | 0.11        |
| 19.00               | 4000          | 0.06        | 0.10        |
| 19.50               | 4000          | 0.06        | 0.09        |
| 20.00               | 4000          | 0.05        | 0.08        |
| 20.50               | 3990          | 0.05        | 0.08        |
| 21.00               | 3938          | 0.05        | 0.07        |
| 21.50               | 3855          | 0.04        | 0.07        |
| 22.00               | 3737          | 0.04        | 0.06        |
| 22.50               | 3577          | 0.03        | 0.06        |
| 23.00               | 3376          | 0.03        | 0.05        |
| 23.50               | 3137          | 0.03        | 0.05        |
| 24.00               | 2867          | 0.02        | 0.04        |
| 24.50               | 2581          | 0.02        | 0.04        |
| 25.00               | 2052          | 0.01        | 0.03        |
| 25.50               | 1751          | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 1482          | 0.01        | 0.02        |
| 26.50               | 1232          | 0.01        | 0.02        |
| 27.00               | 1006          | 0.01        | 0.01        |
| 27.50               | 806           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 671           | 0.00        | 0.01        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

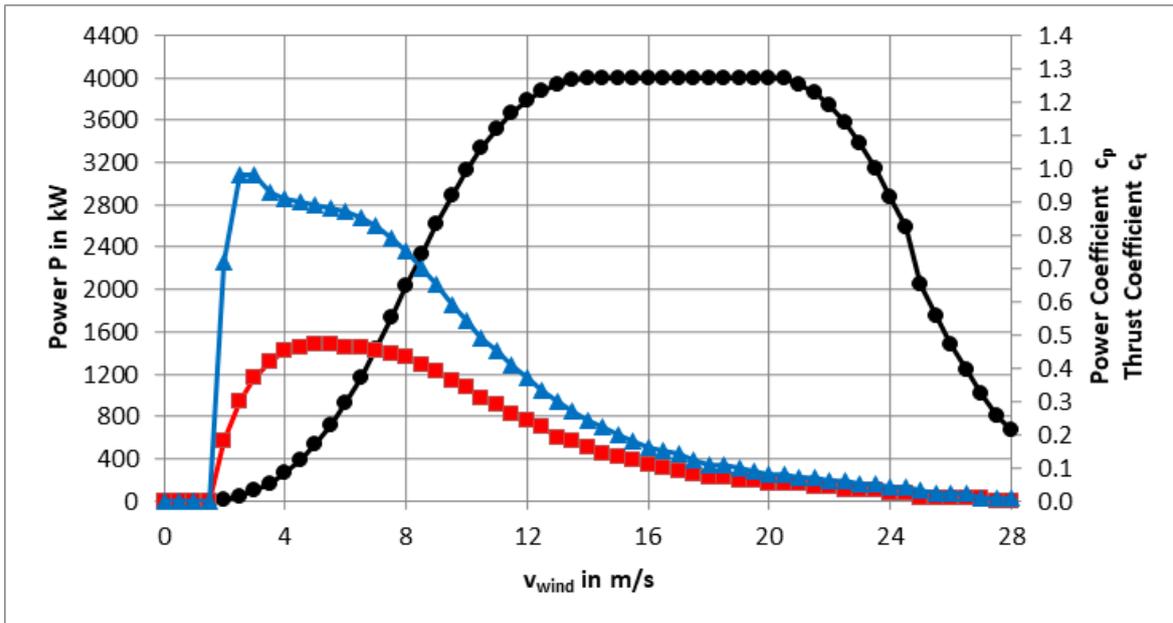


Fig. 3: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode II s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

## 5.2 Calculated sound power levels – operating mode II s

In operating mode II s the wind energy converter operates with reduced sound emission and reduced power. The highest expected sound power level is 104.0 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 13: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 4000  | kW   |
| Nominal wind speed             | 15.5  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.1  | rpm  |

Tab. 14: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 91.7                       | 92.1    | 92.5     | -        | 93.2     | 93.4     |
| 3.5 m/s                   | 94.8                       | 95.3    | 95.7     | -        | 96.6     | 96.8     |
| 4 m/s                     | 97.8                       | 98.3    | 98.8     | -        | 99.6     | 99.8     |
| 4.5 m/s                   | 100.5                      | 101.0   | 101.5    | -        | 102.5    | 102.8    |
| 5 m/s                     | 103.3                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.6    | 103.6    |
| 5.5 m/s                   | 103.6                      | 103.7   | 103.7    | -        | 103.8    | 103.8    |
| 6 m/s                     | 103.8                      | 103.8   | 103.9    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 6.5 m/s                   | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 7 m/s                     | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 7.5 m/s                   | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 8 m/s                     | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 8.5 m/s                   | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 9 m/s                     | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |



Colegio Oficial de  
 Ingenieros Técnicos  
 Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
 A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0025543

VISADO

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 10 m/s                    | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 10.5 m/s                  | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 11 m/s                    | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 11.5 m/s                  | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 12 m/s                    | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |
| 95 % $P_n$                | 104.0                      | 104.0   | 104.0    | -        | 104.0    | 104.0    |

Tab. 15: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 95.3                       |
| 5.5 m/s  | 97.5                       |
| 6 m/s    | 99.5                       |
| 6.5 m/s  | 101.3                      |
| 7 m/s    | 103.4                      |
| 7.5 m/s  | 103.6                      |
| 8 m/s    | 103.7                      |
| 8.5 m/s  | 103.8                      |
| 9 m/s    | 104.0                      |
| 9.5 m/s  | 104.0                      |
| 10 m/s   | 104.0                      |
| 10.5 m/s | 104.0                      |
| 11 m/s   | 104.0                      |
| 11.5 m/s | 104.0                      |
| 12 m/s   | 104.0                      |
| 12.5 m/s | 104.0                      |
| 13 m/s   | 104.0                      |
| 13.5 m/s | 104.0                      |
| 14 m/s   | 104.0                      |
| 14.5 m/s | 104.0                      |
| 15 m/s   | 104.0                      |



COLEGIO OFICIAL DE  
INGENIEROS TÉCNICOS  
INDUSTRIALES DE MADRID

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

## 6 Operating mode 4000 kW s

### 6.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 4000 kW s

 Tab. 16: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 4000 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 541           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 722           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 936           | 0.47        | 0.86        |
| 6.50                | 1183          | 0.47        | 0.84        |
| 7.00                | 1461          | 0.46        | 0.81        |
| 7.50                | 1765          | 0.45        | 0.78        |
| 8.00                | 2086          | 0.44        | 0.74        |
| 8.50                | 2413          | 0.43        | 0.71        |
| 9.00                | 2732          | 0.41        | 0.66        |
| 9.50                | 3029          | 0.38        | 0.62        |
| 10.00               | 3290          | 0.36        | 0.57        |
| 10.50               | 3506          | 0.33        | 0.52        |
| 11.00               | 3673          | 0.30        | 0.47        |
| 11.50               | 3795          | 0.27        | 0.42        |
| 12.00               | 3878          | 0.24        | 0.37        |
| 12.50               | 3931          | 0.22        | 0.33        |
| 13.00               | 3964          | 0.20        | 0.30        |
| 13.50               | 3982          | 0.18        | 0.26        |
| 14.00               | 3992          | 0.16        | 0.24        |
| 14.50               | 3997          | 0.14        | 0.21        |



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EPF0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.00               | 3999          | 0.13        | 0.19        |
| 15.50               | 4000          | 0.12        | 0.17        |
| 16.00               | 4000          | 0.11        | 0.16        |
| 16.50               | 4000          | 0.10        | 0.14        |
| 17.00               | 4000          | 0.09        | 0.13        |
| 17.50               | 4000          | 0.08        | 0.12        |
| 18.00               | 4000          | 0.07        | 0.11        |
| 18.50               | 4000          | 0.07        | 0.10        |
| 19.00               | 4000          | 0.06        | 0.10        |
| 19.50               | 3999          | 0.06        | 0.09        |
| 20.00               | 3989          | 0.05        | 0.08        |
| 20.50               | 3966          | 0.05        | 0.08        |
| 21.00               | 3925          | 0.05        | 0.07        |
| 21.50               | 3859          | 0.04        | 0.07        |
| 22.00               | 3761          | 0.04        | 0.06        |
| 22.50               | 3623          | 0.03        | 0.06        |
| 23.00               | 3445          | 0.03        | 0.05        |
| 23.50               | 3227          | 0.03        | 0.05        |
| 24.00               | 2975          | 0.02        | 0.04        |
| 24.50               | 2703          | 0.02        | 0.04        |
| 25.00               | 2146          | 0.02        | 0.03        |
| 25.50               | 1824          | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 1542          | 0.01        | 0.02        |
| 26.50               | 1280          | 0.01        | 0.02        |
| 27.00               | 1043          | 0.01        | 0.01        |
| 27.50               | 835           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 693           | 0.00        | 0.01        |



**COLEGIO OFICIAL DE  
 INGENIEROS TÉCNICOS  
 INDUSTRIALES DE MADRID**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
 A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

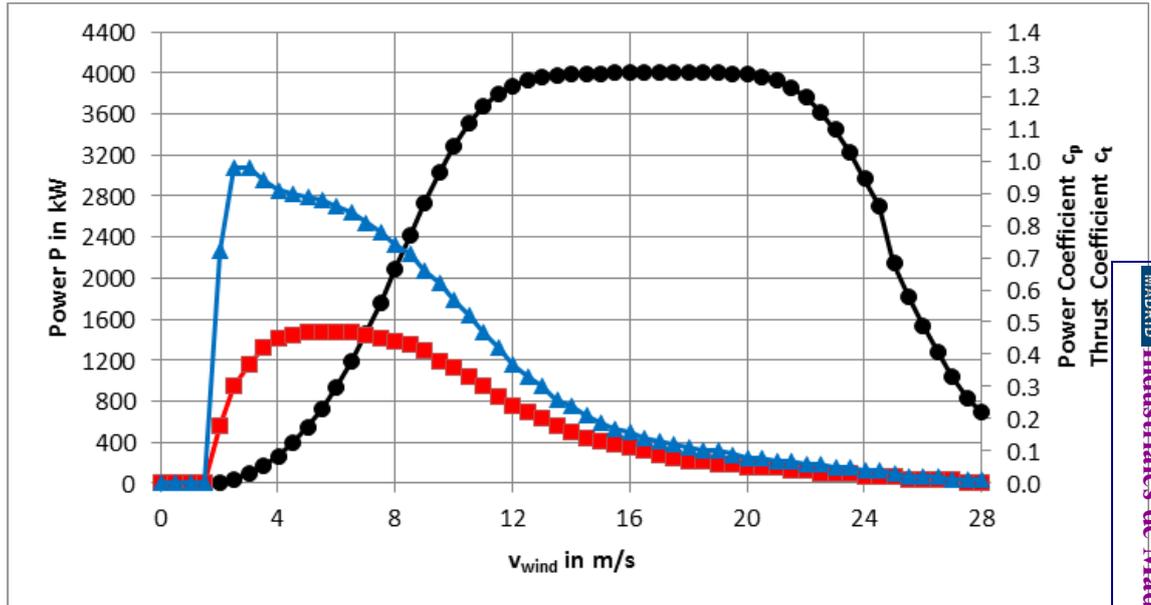


Fig. 4: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 4000 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

**Madrid**  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 6.2 Calculated sound power levels – operating mode 4000 kW s

In operating mode 4000 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 105.9 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 17: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 4000  | kW   |
| Nominal wind speed             | 14.5  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 11.1  | rpm  |

Tab. 18: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | 97.4     | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | 100.3    | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | 102.4    | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.1    | 103.2    | 103.2    | 103.3    |
| 5.5 m/s                   | 103.3                      | 103.5   | 103.6    | 103.7    | 103.8    | 103.8    |
| 6 m/s                     | 103.8                      | 103.9   | 104.1    | 104.2    | 104.3    | 104.4    |
| 6.5 m/s                   | 104.3                      | 104.5   | 104.7    | 104.8    | 104.8    | 104.9    |
| 7 m/s                     | 104.8                      | 104.9   | 105.0    | 105.2    | 105.2    | 105.3    |
| 7.5 m/s                   | 105.2                      | 105.3   | 105.4    | 105.6    | 105.8    | 105.8    |
| 8 m/s                     | 105.6                      | 105.8   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 8.5 m/s                   | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 9 m/s                     | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |



Madrid  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 10 m/s                    | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 10.5 m/s                  | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 11 m/s                    | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 11.5 m/s                  | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 12 m/s                    | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |
| 95 % $P_n$                | 105.9                      | 105.9   | 105.9    | 105.9    | 105.9    | 105.9    |

 Tab. 19: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$ 

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.2                      |
| 8 m/s    | 103.6                      |
| 8.5 m/s  | 103.9                      |
| 9 m/s    | 104.3                      |
| 9.5 m/s  | 104.7                      |
| 10 m/s   | 104.9                      |
| 10.5 m/s | 105.2                      |
| 11 m/s   | 105.5                      |
| 11.5 m/s | 105.9                      |
| 12 m/s   | 105.9                      |
| 12.5 m/s | 105.9                      |
| 13 m/s   | 105.9                      |
| 13.5 m/s | 105.9                      |
| 14 m/s   | 105.9                      |
| 14.5 m/s | 105.9                      |
| 15 m/s   | 105.9                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

## 7 Operating mode 3500 kW s

### 7.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 3500 kW s

Tab. 20: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 3500 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 541           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 722           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 936           | 0.47        | 0.86        |
| 6.50                | 1183          | 0.47        | 0.84        |
| 7.00                | 1461          | 0.46        | 0.81        |
| 7.50                | 1764          | 0.45        | 0.78        |
| 8.00                | 2080          | 0.44        | 0.74        |
| 8.50                | 2392          | 0.42        | 0.70        |
| 9.00                | 2681          | 0.40        | 0.65        |
| 9.50                | 2929          | 0.37        | 0.60        |
| 10.00               | 3125          | 0.34        | 0.54        |
| 10.50               | 3268          | 0.31        | 0.48        |
| 11.00               | 3365          | 0.27        | 0.42        |
| 11.50               | 3426          | 0.24        | 0.37        |
| 12.00               | 3462          | 0.22        | 0.33        |
| 12.50               | 3482          | 0.19        | 0.29        |
| 13.00               | 3493          | 0.17        | 0.26        |
| 13.50               | 3497          | 0.15        | 0.23        |
| 14.00               | 3499          | 0.14        | 0.20        |
| 14.50               | 3500          | 0.12        | 0.18        |


**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.00               | 3500          | 0.11        | 0.16        |
| 15.50               | 3500          | 0.10        | 0.15        |
| 16.00               | 3500          | 0.09        | 0.14        |
| 16.50               | 3500          | 0.08        | 0.12        |
| 17.00               | 3500          | 0.08        | 0.11        |
| 17.50               | 3500          | 0.07        | 0.10        |
| 18.00               | 3500          | 0.07        | 0.10        |
| 18.50               | 3500          | 0.06        | 0.09        |
| 19.00               | 3500          | 0.06        | 0.08        |
| 19.50               | 3499          | 0.05        | 0.08        |
| 20.00               | 3493          | 0.05        | 0.07        |
| 20.50               | 3475          | 0.04        | 0.07        |
| 21.00               | 3443          | 0.04        | 0.06        |
| 21.50               | 3391          | 0.04        | 0.06        |
| 22.00               | 3313          | 0.03        | 0.05        |
| 22.50               | 3201          | 0.03        | 0.05        |
| 23.00               | 3055          | 0.03        | 0.05        |
| 23.50               | 2874          | 0.02        | 0.04        |
| 24.00               | 2662          | 0.02        | 0.04        |
| 24.50               | 2432          | 0.02        | 0.03        |
| 25.00               | 1948          | 0.01        | 0.03        |
| 25.50               | 1668          | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 1416          | 0.01        | 0.02        |
| 26.50               | 1180          | 0.01        | 0.01        |
| 27.00               | 965           | 0.01        | 0.01        |
| 27.50               | 775           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 648           | 0.00        | 0.01        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

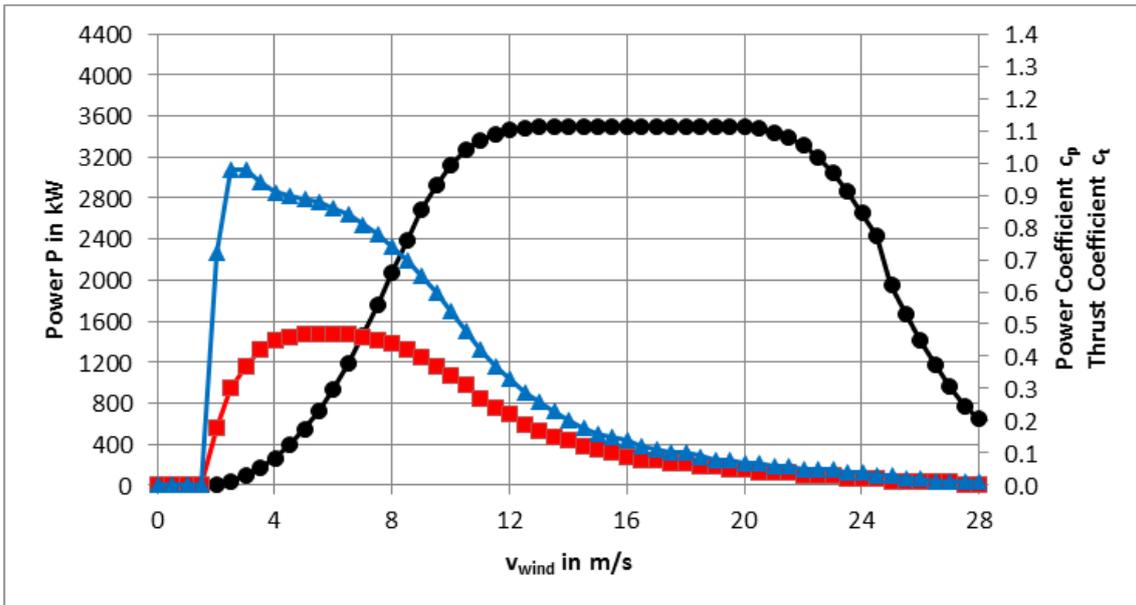


Fig. 5: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 3500 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

MADRID  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 7.2 Calculated sound power levels – operating mode 3500 kW s

In operating mode 3500 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 105.5 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

**Tab. 21: Technical specifications**

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 3500  | kW   |
| Nominal wind speed             | 13.5  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.9  | rpm  |

**Tab. 22: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | 97.4     | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | 100.3    | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | 102.4    | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.1    | 103.2    | 103.2    | 103.3    |
| 5.5 m/s                   | 103.3                      | 103.5   | 103.6    | 103.7    | 103.8    | 103.8    |
| 6 m/s                     | 103.8                      | 103.9   | 104.1    | 104.2    | 104.3    | 104.4    |
| 6.5 m/s                   | 104.3                      | 104.5   | 104.7    | 104.9    | 105.0    | 105.1    |
| 7 m/s                     | 105.0                      | 105.2   | 105.3    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 7.5 m/s                   | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 8 m/s                     | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 8.5 m/s                   | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 9 m/s                     | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFP0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0025543  
**VISADO**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 10 m/s                    | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 10.5 m/s                  | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 11 m/s                    | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 11.5 m/s                  | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 12 m/s                    | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |
| 95 % $P_n$                | 105.5                      | 105.5   | 105.5    | 105.5    | 105.5    | 105.5    |

Tab. 23: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.2                      |
| 8 m/s    | 103.6                      |
| 8.5 m/s  | 103.9                      |
| 9 m/s    | 104.3                      |
| 9.5 m/s  | 104.7                      |
| 10 m/s   | 105.2                      |
| 10.5 m/s | 105.5                      |
| 11 m/s   | 105.5                      |
| 11.5 m/s | 105.5                      |
| 12 m/s   | 105.5                      |
| 12.5 m/s | 105.5                      |
| 13 m/s   | 105.5                      |
| 13.5 m/s | 105.5                      |
| 14 m/s   | 105.5                      |
| 14.5 m/s | 105.5                      |
| 15 m/s   | 105.5                      |



Madrid  
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

## 8 Operating mode 3000 kW s

### 8.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 3000 kW s

 Tab. 24: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 3000 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 541           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 722           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 936           | 0.47        | 0.86        |
| 6.50                | 1183          | 0.47        | 0.84        |
| 7.00                | 1459          | 0.46        | 0.81        |
| 7.50                | 1751          | 0.45        | 0.77        |
| 8.00                | 2041          | 0.43        | 0.73        |
| 8.50                | 2308          | 0.41        | 0.68        |
| 9.00                | 2533          | 0.38        | 0.62        |
| 9.50                | 2706          | 0.34        | 0.55        |
| 10.00               | 2827          | 0.31        | 0.48        |
| 10.50               | 2905          | 0.27        | 0.42        |
| 11.00               | 2951          | 0.24        | 0.37        |
| 11.50               | 2977          | 0.21        | 0.32        |
| 12.00               | 2990          | 0.19        | 0.28        |
| 12.50               | 2997          | 0.17        | 0.24        |
| 13.00               | 2999          | 0.15        | 0.22        |
| 13.50               | 3000          | 0.13        | 0.19        |
| 14.00               | 3000          | 0.12        | 0.17        |
| 14.50               | 3000          | 0.11        | 0.15        |



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE MADRID**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EP0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | c <sub>p</sub> value | c <sub>t</sub> value |
|---------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 15.00               | 3000          | 0.10                 | 0.14                 |
| 15.50               | 3000          | 0.09                 | 0.13                 |
| 16.00               | 3000          | 0.08                 | 0.12                 |
| 16.50               | 3000          | 0.07                 | 0.11                 |
| 17.00               | 3000          | 0.07                 | 0.10                 |
| 17.50               | 3000          | 0.06                 | 0.09                 |
| 18.00               | 3000          | 0.06                 | 0.08                 |
| 18.50               | 3000          | 0.05                 | 0.08                 |
| 19.00               | 3000          | 0.05                 | 0.07                 |
| 19.50               | 3000          | 0.04                 | 0.07                 |
| 20.00               | 2996          | 0.04                 | 0.06                 |
| 20.50               | 2984          | 0.04                 | 0.06                 |
| 21.00               | 2961          | 0.04                 | 0.05                 |
| 21.50               | 2923          | 0.03                 | 0.05                 |
| 22.00               | 2865          | 0.03                 | 0.05                 |
| 22.50               | 2779          | 0.03                 | 0.04                 |
| 23.00               | 2665          | 0.02                 | 0.04                 |
| 23.50               | 2521          | 0.02                 | 0.04                 |
| 24.00               | 2349          | 0.02                 | 0.03                 |
| 24.50               | 2160          | 0.02                 | 0.03                 |
| 25.00               | 1750          | 0.01                 | 0.02                 |
| 25.50               | 1511          | 0.01                 | 0.02                 |
| 26.00               | 1289          | 0.01                 | 0.02                 |
| 26.50               | 1079          | 0.01                 | 0.01                 |
| 27.00               | 886           | 0.01                 | 0.01                 |
| 27.50               | 714           | 0.00                 | 0.01                 |
| 28.00               | 603           | 0.00                 | 0.01                 |



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

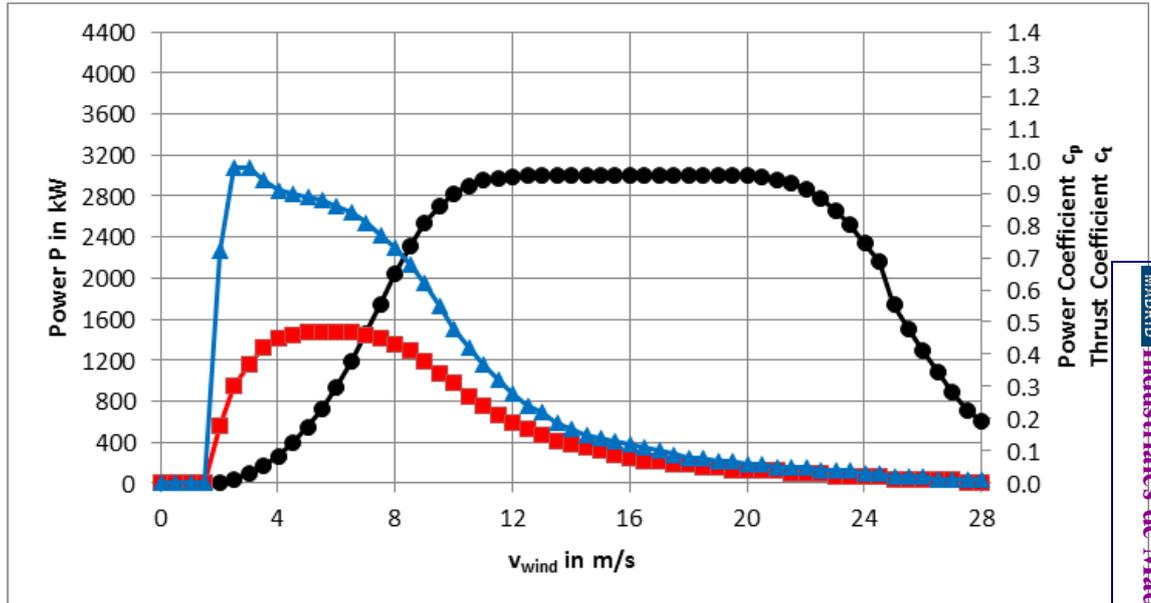


Fig. 6: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 3000 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

## 8.2 Calculated sound power levels – operating mode 3000 kW s

In operating mode 3000 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 105.2 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 25: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 3000  | kW   |
| Nominal wind speed             | 13.0  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.7  | rpm  |

Tab. 26: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | 97.4     | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | 100.3    | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | 102.4    | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.1    | 103.2    | 103.2    | 103.3    |
| 5.5 m/s                   | 103.3                      | 103.5   | 103.6    | 103.8    | 104.0    | 104.1    |
| 6 m/s                     | 104.0                      | 104.3   | 104.4    | 104.6    | 104.8    | 104.8    |
| 6.5 m/s                   | 104.8                      | 105.0   | 105.1    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 7 m/s                     | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 7.5 m/s                   | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 8 m/s                     | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 8.5 m/s                   | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 9 m/s                     | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |



Madrid  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 10 m/s                    | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 10.5 m/s                  | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 11 m/s                    | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 11.5 m/s                  | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 12 m/s                    | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |
| 95 % $P_n$                | 105.2                      | 105.2   | 105.2    | 105.2    | 105.2    | 105.2    |

 Tab. 27: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$ 

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.2                      |
| 8 m/s    | 103.6                      |
| 8.5 m/s  | 104.2                      |
| 9 m/s    | 104.7                      |
| 9.5 m/s  | 105.2                      |
| 10 m/s   | 105.2                      |
| 10.5 m/s | 105.2                      |
| 11 m/s   | 105.2                      |
| 11.5 m/s | 105.2                      |
| 12 m/s   | 105.2                      |
| 12.5 m/s | 105.2                      |
| 13 m/s   | 105.2                      |
| 13.5 m/s | 105.2                      |
| 14 m/s   | 105.2                      |
| 14.5 m/s | 105.2                      |
| 15 m/s   | 105.2                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

**VISADO**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

## 9 Operating mode 2500 kW s

### 9.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 2500 kW s

Tab. 28: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 2500 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 541           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 722           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 936           | 0.47        | 0.86        |
| 6.50                | 1180          | 0.47        | 0.84        |
| 7.00                | 1442          | 0.46        | 0.80        |
| 7.50                | 1703          | 0.44        | 0.75        |
| 8.00                | 1939          | 0.41        | 0.69        |
| 8.50                | 2134          | 0.38        | 0.62        |
| 9.00                | 2278          | 0.34        | 0.55        |
| 9.50                | 2375          | 0.30        | 0.47        |
| 10.00               | 2435          | 0.26        | 0.41        |
| 10.50               | 2468          | 0.23        | 0.35        |
| 11.00               | 2486          | 0.20        | 0.30        |
| 11.50               | 2495          | 0.18        | 0.26        |
| 12.00               | 2499          | 0.16        | 0.23        |
| 12.50               | 2500          | 0.14        | 0.20        |
| 13.00               | 2500          | 0.12        | 0.18        |
| 13.50               | 2500          | 0.11        | 0.16        |
| 14.00               | 2500          | 0.10        | 0.14        |
| 14.50               | 2500          | 0.09        | 0.13        |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PAREDES GARCIA**, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.00               | 2500          | 0.08        | 0.12        |
| 15.50               | 2500          | 0.07        | 0.11        |
| 16.00               | 2500          | 0.07        | 0.10        |
| 16.50               | 2500          | 0.06        | 0.09        |
| 17.00               | 2500          | 0.06        | 0.08        |
| 17.50               | 2500          | 0.05        | 0.08        |
| 18.00               | 2500          | 0.05        | 0.07        |
| 18.50               | 2500          | 0.04        | 0.07        |
| 19.00               | 2500          | 0.04        | 0.06        |
| 19.50               | 2500          | 0.04        | 0.06        |
| 20.00               | 2498          | 0.03        | 0.05        |
| 20.50               | 2491          | 0.03        | 0.05        |
| 21.00               | 2475          | 0.03        | 0.05        |
| 21.50               | 2449          | 0.03        | 0.04        |
| 22.00               | 2407          | 0.02        | 0.04        |
| 22.50               | 2344          | 0.02        | 0.04        |
| 23.00               | 2259          | 0.02        | 0.04        |
| 23.50               | 2149          | 0.02        | 0.03        |
| 24.00               | 2016          | 0.02        | 0.03        |
| 24.50               | 1867          | 0.01        | 0.03        |
| 25.00               | 1533          | 0.01        | 0.02        |
| 25.50               | 1337          | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 1148          | 0.01        | 0.02        |
| 26.50               | 966           | 0.01        | 0.01        |
| 27.00               | 797           | 0.00        | 0.01        |
| 27.50               | 645           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 550           | 0.00        | 0.01        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

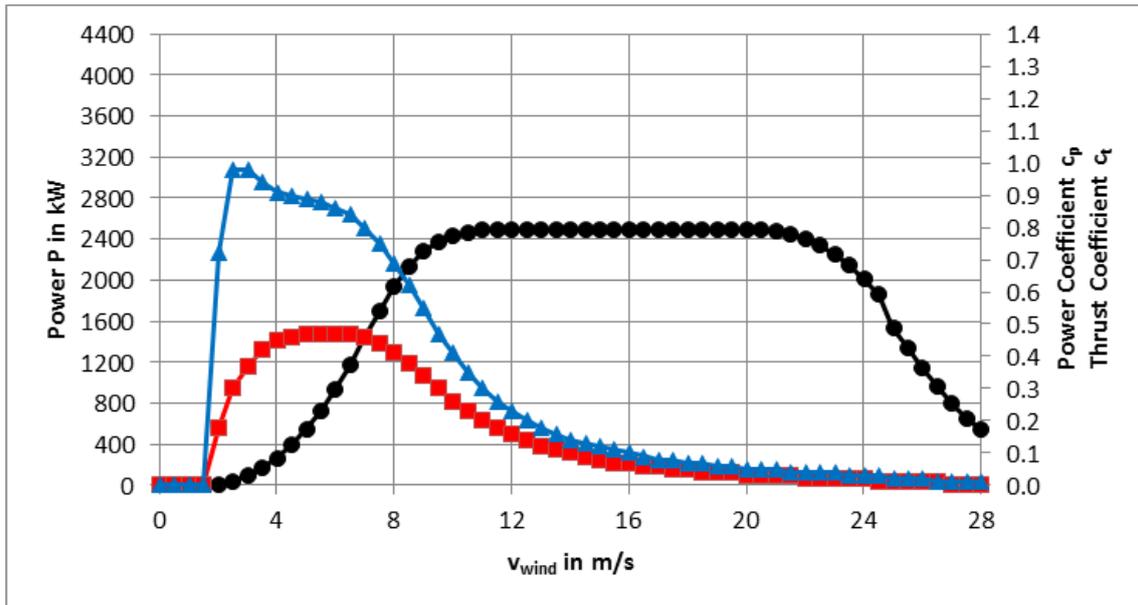


Fig. 7: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 2500 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

## 9.2 Calculated sound power levels – operating mode 2500 kW s

In operating mode 2500 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 104.7 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 29: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 2500  | kW   |
| Nominal wind speed             | 12.0  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.5  | rpm  |

Tab. 30: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | 97.4     | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | 100.3    | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | 102.4    | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.1    | 103.2    | 103.2    | 103.3    |
| 5.5 m/s                   | 103.3                      | 103.5   | 103.6    | 103.8    | 104.0    | 104.1    |
| 6 m/s                     | 104.0                      | 104.3   | 104.4    | 104.6    | 104.7    | 104.7    |
| 6.5 m/s                   | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 7 m/s                     | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 7.5 m/s                   | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 8 m/s                     | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 8.5 m/s                   | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 9 m/s                     | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFP0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0025543  
**VISADO**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 10 m/s                    | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 10.5 m/s                  | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 11 m/s                    | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 11.5 m/s                  | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 12 m/s                    | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |
| 95 % $P_n$                | 104.7                      | 104.7   | 104.7    | 104.7    | 104.7    | 104.7    |

Tab. 31: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.2                      |
| 8 m/s    | 103.6                      |
| 8.5 m/s  | 104.2                      |
| 9 m/s    | 104.7                      |
| 9.5 m/s  | 104.7                      |
| 10 m/s   | 104.7                      |
| 10.5 m/s | 104.7                      |
| 11 m/s   | 104.7                      |
| 11.5 m/s | 104.7                      |
| 12 m/s   | 104.7                      |
| 12.5 m/s | 104.7                      |
| 13 m/s   | 104.7                      |
| 13.5 m/s | 104.7                      |
| 14 m/s   | 104.7                      |
| 14.5 m/s | 104.7                      |
| 15 m/s   | 104.7                      |



Madrid  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

## 10 Operating mode 2000 kW s

### 10.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 2000 kW s

 Tab. 32: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 2000 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 390           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 541           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 722           | 0.47        | 0.88        |
| 6.00                | 932           | 0.47        | 0.86        |
| 6.50                | 1158          | 0.46        | 0.83        |
| 7.00                | 1383          | 0.44        | 0.77        |
| 7.50                | 1583          | 0.41        | 0.71        |
| 8.00                | 1740          | 0.37        | 0.62        |
| 8.50                | 1851          | 0.33        | 0.54        |
| 9.00                | 1922          | 0.29        | 0.46        |
| 9.50                | 1962          | 0.25        | 0.39        |
| 10.00               | 1984          | 0.22        | 0.33        |
| 10.50               | 1994          | 0.19        | 0.28        |
| 11.00               | 1998          | 0.16        | 0.24        |
| 11.50               | 2000          | 0.14        | 0.21        |
| 12.00               | 2000          | 0.13        | 0.18        |
| 12.50               | 2000          | 0.11        | 0.16        |
| 13.00               | 2000          | 0.10        | 0.14        |
| 13.50               | 2000          | 0.09        | 0.13        |
| 14.00               | 2000          | 0.08        | 0.12        |
| 14.50               | 2000          | 0.07        | 0.11        |



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE MADRID**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EPF0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | c <sub>p</sub> value | c <sub>t</sub> value |
|---------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 15.00               | 2000          | 0.06                 | 0.10                 |
| 15.50               | 2000          | 0.06                 | 0.09                 |
| 16.00               | 2000          | 0.05                 | 0.08                 |
| 16.50               | 2000          | 0.05                 | 0.07                 |
| 17.00               | 2000          | 0.04                 | 0.07                 |
| 17.50               | 2000          | 0.04                 | 0.06                 |
| 18.00               | 2000          | 0.04                 | 0.06                 |
| 18.50               | 2000          | 0.03                 | 0.05                 |
| 19.00               | 2000          | 0.03                 | 0.05                 |
| 19.50               | 2000          | 0.03                 | 0.05                 |
| 20.00               | 1999          | 0.03                 | 0.05                 |
| 20.50               | 1995          | 0.03                 | 0.04                 |
| 21.00               | 1985          | 0.02                 | 0.04                 |
| 21.50               | 1968          | 0.02                 | 0.04                 |
| 22.00               | 1941          | 0.02                 | 0.04                 |
| 22.50               | 1898          | 0.02                 | 0.03                 |
| 23.00               | 1839          | 0.02                 | 0.03                 |
| 23.50               | 1761          | 0.02                 | 0.03                 |
| 24.00               | 1664          | 0.01                 | 0.03                 |
| 24.50               | 1554          | 0.01                 | 0.02                 |
| 25.00               | 1297          | 0.01                 | 0.02                 |
| 25.50               | 1148          | 0.01                 | 0.02                 |
| 26.00               | 992           | 0.01                 | 0.01                 |
| 26.50               | 840           | 0.01                 | 0.01                 |
| 27.00               | 697           | 0.00                 | 0.01                 |
| 27.50               | 567           | 0.00                 | 0.01                 |
| 28.00               | 490           | 0.00                 | 0.01                 |



**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

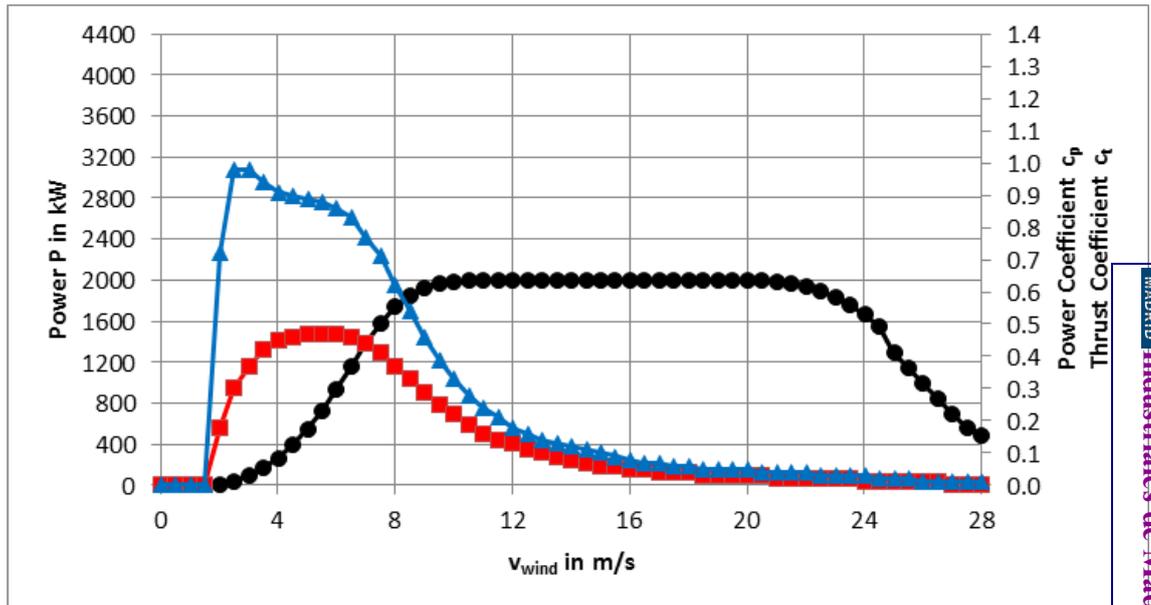


Fig. 8: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 2000 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

**Madrid**  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 10.2 Calculated sound power levels – operating mode 2000 kW s

In operating mode 2000 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 104.2 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 33: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 2000  | kW   |
| Nominal wind speed             | 11.0  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.3  | rpm  |

Tab. 34: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | 97.4     | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | 100.3    | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | 102.4    | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.1    | 103.2    | 103.2    | 103.3    |
| 5.5 m/s                   | 103.4                      | 103.5   | 103.6    | 103.8    | 104.0    | 104.1    |
| 6 m/s                     | 104.0                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 6.5 m/s                   | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 7 m/s                     | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 7.5 m/s                   | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 8 m/s                     | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 8.5 m/s                   | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 9 m/s                     | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |



Madrid  
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 10 m/s                    | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 10.5 m/s                  | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 11 m/s                    | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 11.5 m/s                  | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 12 m/s                    | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |
| 95 % $P_n$                | 104.2                      | 104.2   | 104.2    | 104.2    | 104.2    | 104.2    |

 Tab. 35: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$ 

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.2                      |
| 8 m/s    | 103.6                      |
| 8.5 m/s  | 104.2                      |
| 9 m/s    | 104.2                      |
| 9.5 m/s  | 104.2                      |
| 10 m/s   | 104.2                      |
| 10.5 m/s | 104.2                      |
| 11 m/s   | 104.2                      |
| 11.5 m/s | 104.2                      |
| 12 m/s   | 104.2                      |
| 12.5 m/s | 104.2                      |
| 13 m/s   | 104.2                      |
| 13.5 m/s | 104.2                      |
| 14 m/s   | 104.2                      |
| 14.5 m/s | 104.2                      |
| 15 m/s   | 104.2                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

## 11 Operating mode 1500 kW s

### 11.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 1500 kW s

Tab. 36: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 1500 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 391           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 540           | 0.47        | 0.89        |
| 5.50                | 714           | 0.46        | 0.87        |
| 6.00                | 899           | 0.45        | 0.83        |
| 6.50                | 1077          | 0.42        | 0.77        |
| 7.00                | 1228          | 0.39        | 0.68        |
| 7.50                | 1340          | 0.34        | 0.59        |
| 8.00                | 1414          | 0.30        | 0.50        |
| 8.50                | 1458          | 0.26        | 0.41        |
| 9.00                | 1481          | 0.22        | 0.35        |
| 9.50                | 1493          | 0.19        | 0.29        |
| 10.00               | 1498          | 0.16        | 0.25        |
| 10.50               | 1500          | 0.14        | 0.21        |
| 11.00               | 1500          | 0.12        | 0.18        |
| 11.50               | 1500          | 0.11        | 0.16        |
| 12.00               | 1500          | 0.09        | 0.14        |
| 12.50               | 1500          | 0.08        | 0.13        |
| 13.00               | 1500          | 0.07        | 0.11        |
| 13.50               | 1500          | 0.07        | 0.10        |
| 14.00               | 1500          | 0.06        | 0.09        |
| 14.50               | 1500          | 0.05        | 0.08        |



**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
**Documentos registrados con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO**  
**SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543**  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.00               | 1500          | 0.05        | 0.08        |
| 15.50               | 1500          | 0.04        | 0.07        |
| 16.00               | 1500          | 0.04        | 0.06        |
| 16.50               | 1500          | 0.04        | 0.06        |
| 17.00               | 1500          | 0.03        | 0.05        |
| 17.50               | 1500          | 0.03        | 0.05        |
| 18.00               | 1500          | 0.03        | 0.05        |
| 18.50               | 1500          | 0.03        | 0.04        |
| 19.00               | 1500          | 0.02        | 0.04        |
| 19.50               | 1500          | 0.02        | 0.04        |
| 20.00               | 1500          | 0.02        | 0.04        |
| 20.50               | 1499          | 0.02        | 0.03        |
| 21.00               | 1495          | 0.02        | 0.03        |
| 21.50               | 1487          | 0.02        | 0.03        |
| 22.00               | 1474          | 0.02        | 0.03        |
| 22.50               | 1451          | 0.01        | 0.03        |
| 23.00               | 1418          | 0.01        | 0.03        |
| 23.50               | 1372          | 0.01        | 0.02        |
| 24.00               | 1311          | 0.01        | 0.02        |
| 24.50               | 1239          | 0.01        | 0.02        |
| 25.00               | 1060          | 0.01        | 0.02        |
| 25.50               | 957           | 0.01        | 0.02        |
| 26.00               | 836           | 0.01        | 0.01        |
| 26.50               | 713           | 0.00        | 0.01        |
| 27.00               | 596           | 0.00        | 0.01        |
| 27.50               | 488           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 430           | 0.00        | 0.01        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

MADRID

A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

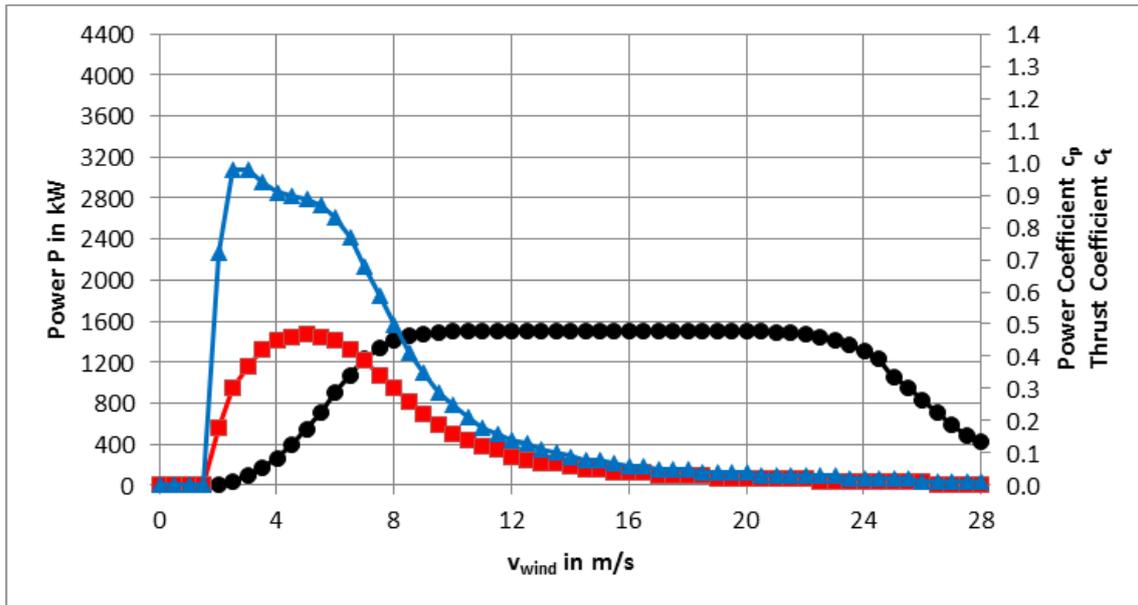


Fig. 9: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 1500 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

## 11.2 Calculated sound power levels – operating mode 1500 kW s

In operating mode 1500 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 103.5 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 37: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 1500  | kW   |
| Nominal wind speed             | 10.0  | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 10.0  | rpm  |

Tab. 38: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | -        | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | -        | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | -        | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.2    | -        | 102.6    | 102.7    |
| 5 m/s                     | 102.9                      | 103.0   | 103.2    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 5.5 m/s                   | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 6 m/s                     | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 6.5 m/s                   | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 7 m/s                     | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 7.5 m/s                   | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 8 m/s                     | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 8.5 m/s                   | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 9 m/s                     | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |


**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFP0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0025543  
**VISADO**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 10 m/s                    | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 10.5 m/s                  | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 11 m/s                    | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 11.5 m/s                  | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 12 m/s                    | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |
| 95 % $P_n$                | 103.5                      | 103.5   | 103.5    | -        | 103.5    | 103.5    |

Tab. 39: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.9                      |
| 7.5 m/s  | 103.5                      |
| 8 m/s    | 103.5                      |
| 8.5 m/s  | 103.5                      |
| 9 m/s    | 103.5                      |
| 9.5 m/s  | 103.5                      |
| 10 m/s   | 103.5                      |
| 10.5 m/s | 103.5                      |
| 11 m/s   | 103.5                      |
| 11.5 m/s | 103.5                      |
| 12 m/s   | 103.5                      |
| 12.5 m/s | 103.5                      |
| 13 m/s   | 103.5                      |
| 13.5 m/s | 103.5                      |
| 14 m/s   | 103.5                      |
| 14.5 m/s | 103.5                      |
| 15 m/s   | 103.5                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 12 Operating mode 1000 kW s

### 12.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 1000 kW s

 Tab. 40: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 1000 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.94        |
| 4.00                | 264           | 0.45        | 0.91        |
| 4.50                | 388           | 0.46        | 0.90        |
| 5.00                | 523           | 0.45        | 0.86        |
| 5.50                | 660           | 0.43        | 0.80        |
| 6.00                | 781           | 0.39        | 0.72        |
| 6.50                | 872           | 0.34        | 0.61        |
| 7.00                | 933           | 0.29        | 0.51        |
| 7.50                | 968           | 0.25        | 0.42        |
| 8.00                | 987           | 0.21        | 0.34        |
| 8.50                | 995           | 0.18        | 0.28        |
| 9.00                | 999           | 0.15        | 0.23        |
| 9.50                | 1000          | 0.13        | 0.20        |
| 10.00               | 1000          | 0.11        | 0.17        |
| 10.50               | 1000          | 0.09        | 0.15        |
| 11.00               | 1000          | 0.08        | 0.13        |
| 11.50               | 1000          | 0.07        | 0.11        |
| 12.00               | 1000          | 0.06        | 0.10        |
| 12.50               | 1000          | 0.06        | 0.09        |
| 13.00               | 1000          | 0.05        | 0.08        |
| 13.50               | 1000          | 0.04        | 0.07        |
| 14.00               | 1000          | 0.04        | 0.07        |
| 14.50               | 1000          | 0.04        | 0.06        |



**COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE MADRID**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EP0 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | c <sub>p</sub> value | c <sub>t</sub> value |
|---------------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 15.00               | 1000          | 0.03                 | 0.06                 |
| 15.50               | 1000          | 0.03                 | 0.05                 |
| 16.00               | 1000          | 0.03                 | 0.05                 |
| 16.50               | 1000          | 0.02                 | 0.04                 |
| 17.00               | 1000          | 0.02                 | 0.04                 |
| 17.50               | 1000          | 0.02                 | 0.04                 |
| 18.00               | 1000          | 0.02                 | 0.04                 |
| 18.50               | 1000          | 0.02                 | 0.03                 |
| 19.00               | 1000          | 0.02                 | 0.03                 |
| 19.50               | 1000          | 0.02                 | 0.03                 |
| 20.00               | 1000          | 0.01                 | 0.03                 |
| 20.50               | 1000          | 0.01                 | 0.03                 |
| 21.00               | 999           | 0.01                 | 0.03                 |
| 21.50               | 998           | 0.01                 | 0.02                 |
| 22.00               | 994           | 0.01                 | 0.02                 |
| 22.50               | 986           | 0.01                 | 0.02                 |
| 23.00               | 972           | 0.01                 | 0.02                 |
| 23.50               | 952           | 0.01                 | 0.02                 |
| 24.00               | 923           | 0.01                 | 0.02                 |
| 24.50               | 884           | 0.01                 | 0.02                 |
| 25.00               | 782           | 0.01                 | 0.01                 |
| 25.50               | 727           | 0.01                 | 0.01                 |
| 26.00               | 644           | 0.00                 | 0.01                 |
| 26.50               | 556           | 0.00                 | 0.01                 |
| 27.00               | 469           | 0.00                 | 0.01                 |
| 27.50               | 387           | 0.00                 | 0.01                 |
| 28.00               | 351           | 0.00                 | 0.01                 |

  
**Colégio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

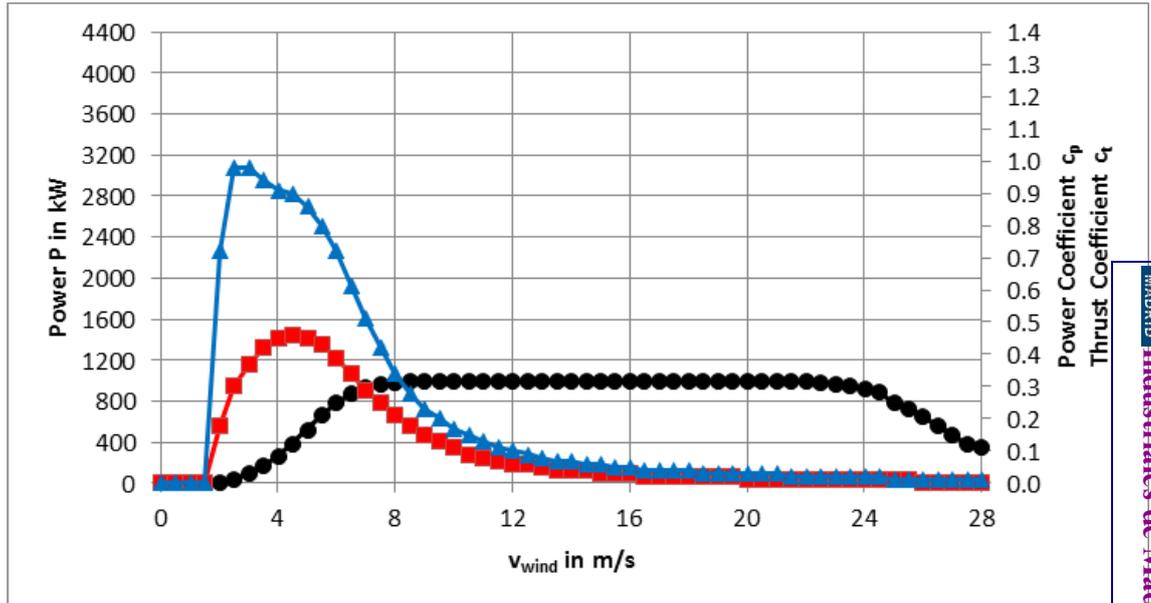


Fig. 10: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 1000 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

**Madrid**  
Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 12.2 Calculated sound power levels – operating mode 1000 kW s

In operating mode 1000 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 102.3 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

Tab. 41: Technical specifications

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 1000  | kW   |
| Nominal wind speed             | 9.0   | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | -     | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 9.4   | rpm  |

Tab. 42: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | -        | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 97.0     | -        | 97.7     | 97.9     |
| 4 m/s                     | 98.9                       | 99.4    | 99.8     | -        | 100.6    | 100.8    |
| 4.5 m/s                   | 101.4                      | 101.8   | 102.1    | -        | 102.2    | 102.2    |
| 5 m/s                     | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 5.5 m/s                   | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 6 m/s                     | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 6.5 m/s                   | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 7 m/s                     | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 7.5 m/s                   | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 8 m/s                     | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 8.5 m/s                   | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 9 m/s                     | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |



Madrid  
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

VISADO

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 10 m/s                    | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 10.5 m/s                  | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 11 m/s                    | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 11.5 m/s                  | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 12 m/s                    | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |
| 95 % $P_n$                | 102.3                      | 102.3   | 102.3    | -        | 102.3    | 102.3    |

 Tab. 43: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$ 

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 98.6                       |
| 6 m/s    | 100.5                      |
| 6.5 m/s  | 102.1                      |
| 7 m/s    | 102.3                      |
| 7.5 m/s  | 102.3                      |
| 8 m/s    | 102.3                      |
| 8.5 m/s  | 102.3                      |
| 9 m/s    | 102.3                      |
| 9.5 m/s  | 102.3                      |
| 10 m/s   | 102.3                      |
| 10.5 m/s | 102.3                      |
| 11 m/s   | 102.3                      |
| 11.5 m/s | 102.3                      |
| 12 m/s   | 102.3                      |
| 12.5 m/s | 102.3                      |
| 13 m/s   | 102.3                      |
| 13.5 m/s | 102.3                      |
| 14 m/s   | 102.3                      |
| 14.5 m/s | 102.3                      |
| 15 m/s   | 102.3                      |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

## 13 Operating mode 500 kW s

### 13.1 Calculated power, $c_p$ and $c_t$ values – operating mode 500 kW s

Tab. 44: Calculated power,  $c_p$  and  $c_t$  values for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 500 kW s

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 0.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 0.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.00                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 1.50                | 0             | 0.00        | 0.00        |
| 2.00                | 13            | 0.18        | 0.72        |
| 2.50                | 43            | 0.30        | 0.98        |
| 3.00                | 93            | 0.37        | 0.98        |
| 3.50                | 165           | 0.42        | 0.93        |
| 4.00                | 254           | 0.43        | 0.88        |
| 4.50                | 337           | 0.40        | 0.78        |
| 5.00                | 405           | 0.35        | 0.66        |
| 5.50                | 452           | 0.29        | 0.54        |
| 6.00                | 478           | 0.24        | 0.42        |
| 6.50                | 492           | 0.19        | 0.33        |
| 7.00                | 497           | 0.16        | 0.26        |
| 7.50                | 499           | 0.13        | 0.21        |
| 8.00                | 500           | 0.11        | 0.17        |
| 8.50                | 500           | 0.09        | 0.14        |
| 9.00                | 500           | 0.07        | 0.12        |
| 9.50                | 500           | 0.06        | 0.11        |
| 10.00               | 500           | 0.05        | 0.09        |
| 10.50               | 500           | 0.05        | 0.08        |
| 11.00               | 500           | 0.04        | 0.07        |
| 11.50               | 500           | 0.04        | 0.06        |
| 12.00               | 500           | 0.03        | 0.06        |
| 12.50               | 500           | 0.03        | 0.05        |
| 13.00               | 500           | 0.03        | 0.05        |
| 13.50               | 500           | 0.02        | 0.04        |
| 14.00               | 500           | 0.02        | 0.04        |
| 14.50               | 500           | 0.02        | 0.04        |


**Collegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Wind speed v in m/s | Power P in kW | $c_p$ value | $c_t$ value |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| 15.00               | 500           | 0.02        | 0.03        |
| 15.50               | 500           | 0.02        | 0.03        |
| 16.00               | 500           | 0.01        | 0.03        |
| 16.50               | 500           | 0.01        | 0.03        |
| 17.00               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 17.50               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 18.00               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 18.50               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 19.00               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 19.50               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 20.00               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 20.50               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 21.00               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 21.50               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 22.00               | 500           | 0.01        | 0.02        |
| 22.50               | 498           | 0.01        | 0.01        |
| 23.00               | 495           | 0.00        | 0.01        |
| 23.50               | 489           | 0.00        | 0.01        |
| 24.00               | 479           | 0.00        | 0.01        |
| 24.50               | 463           | 0.00        | 0.01        |
| 25.00               | 419           | 0.00        | 0.01        |
| 25.50               | 412           | 0.00        | 0.01        |
| 26.00               | 369           | 0.00        | 0.01        |
| 26.50               | 321           | 0.00        | 0.01        |
| 27.00               | 271           | 0.00        | 0.01        |
| 27.50               | 223           | 0.00        | 0.01        |
| 28.00               | 218           | 0.00        | 0.00        |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

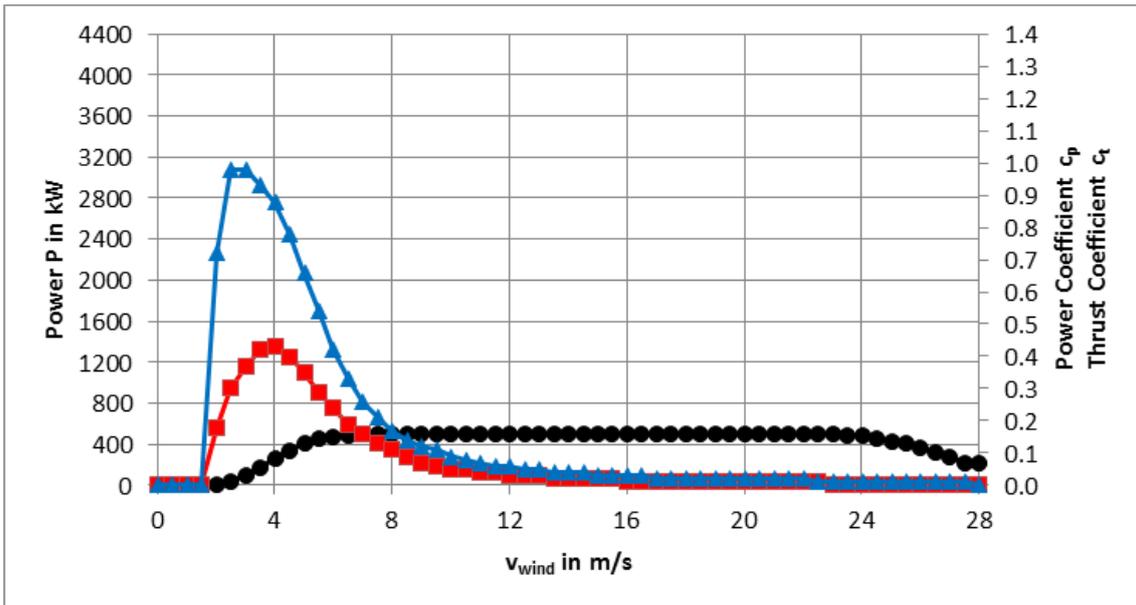


Fig. 11: Power,  $c_p$  and  $c_t$  curve for E-138 EP3 E2 / 4200 kW – operating mode 500 kW s

|  |               |
|--|---------------|
|  | Power P in kW |
|  | $c_t$ value   |
|  | $c_p$ value   |

## 13.2 Calculated sound power levels – operating mode 500 kW s

In operating mode 500 kW s the wind energy converter operates with reduced power. The highest expected sound power level is 98.0 dB(A) in the nominal power range. All the sound power levels indicated apply taking into account the uncertainties described in sect. 2.2, p. 8. After reaching the nominal power, the sound power level will not increase further.

**Tab. 45: Technical specifications**

| Parameter                      | Value | Unit |
|--------------------------------|-------|------|
| Nominal power ( $P_n$ )        | 500   | kW   |
| Nominal wind speed             | 7.5   | m/s  |
| Minimum operating speed        |       |      |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-01   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-81-FB-C-02   | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-96-FB-C-01   | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-111-FB-C-01  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-01  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-ST-131-FB-C-02  | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HST-131-FB-C-01 | 4.4   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-149-ES-C-02  | 5.0   | rpm  |
| ■ E-138 EP3 E2-HT-160-ES-C-01  | 5.0   | rpm  |
| Speed setpoint                 | 7.7   | rpm  |

**Tab. 46: Calculated sound power level in dB(A), based on standardised wind speed  $v_s$  at a height of 10 m**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 3 m/s                     | 92.3                       | 92.9    | 93.4     | 93.9     | 94.3     | 94.5     |
| 3.5 m/s                   | 96.0                       | 96.6    | 96.8     | 97.1     | 97.3     | 97.4     |
| 4 m/s                     | 97.8                       | 97.9    | 97.9     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 4.5 m/s                   | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 5 m/s                     | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 5.5 m/s                   | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 6 m/s                     | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 6.5 m/s                   | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 7 m/s                     | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 7.5 m/s                   | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 8 m/s                     | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 8.5 m/s                   | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 9 m/s                     | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0025543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-

**VISADO**

| $v_s$ at a height of 10 m | Sound power level in dB(A) |         |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                           | HH 81 m                    | HH 96 m | HH 111 m | HH 131 m | HH 149 m | HH 160 m |
| 9.5 m/s                   | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 10 m/s                    | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 10.5 m/s                  | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 11 m/s                    | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 11.5 m/s                  | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 12 m/s                    | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |
| 95 % $P_n$                | 98.0                       | 98.0    | 98.0     | 98.0     | 98.0     | 98.0     |

Tab. 47: Calculated sound power level in dB(A), based on wind speed at hub height  $v_H$

| $v_H$    | Sound power level in dB(A) |
|----------|----------------------------|
| 5 m/s    | 96.6                       |
| 5.5 m/s  | 97.8                       |
| 6 m/s    | 98.0                       |
| 6.5 m/s  | 98.0                       |
| 7 m/s    | 98.0                       |
| 7.5 m/s  | 98.0                       |
| 8 m/s    | 98.0                       |
| 8.5 m/s  | 98.0                       |
| 9 m/s    | 98.0                       |
| 9.5 m/s  | 98.0                       |
| 10 m/s   | 98.0                       |
| 10.5 m/s | 98.0                       |
| 11 m/s   | 98.0                       |
| 11.5 m/s | 98.0                       |
| 12 m/s   | 98.0                       |
| 12.5 m/s | 98.0                       |
| 13 m/s   | 98.0                       |
| 13.5 m/s | 98.0                       |
| 14 m/s   | 98.0                       |
| 14.5 m/s | 98.0                       |
| 15 m/s   | 98.0                       |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

# Technical description

## ENERCON E-138 EP3 E2 wind energy converter

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

**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 Directors: Dr. Jürgen Zeschky, Dr. Martin Prillmann, Dr. Michael Jaxy  
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

|                    |   |            |   |
|--------------------|---|------------|---|
| <b>Document ID</b> | D0755385/10.1-en  |            |   |
| <b>Note</b>        | Original document. Source document of this translation: D0745897/10.0-de/2022-05-09 |            |   |
| <b>Date</b>        | <b>Language</b>   | <b>DCC</b> | <b>Plant/department</b>   |
| 2023-01-10         | en  | DB         | WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department |

  
**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## Table of contents

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Overview of the ENERCON wind energy converter .....</b>                  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>ENERCON wind energy converter concept .....</b>                          | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>Components of the ENERCON wind energy converter .....</b>                | <b>7</b>  |
| 3.1      | Rotor blades .....  | 7         |
| 3.2      | Nacelle .....   | 8         |
| 3.2.1    | Annular generator .....   | 8         |
| 3.3      | Tower .....   | 9         |
| <b>4</b> | <b>Grid management system .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>5</b> | <b>Safety system .....</b>  | <b>12</b> |
| 5.1      | Safety equipment .....  | 12        |
| 5.2      | Sensor system .....   | 12        |
| <b>6</b> | <b>Open-loop control system .....</b>                                       | <b>15</b> |
| 6.1      | Yaw system .....  | 15        |
| 6.2      | Pitch control .....   | 15        |
| 6.3      | Start of the wind energy converter .....                                    | 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 .....  | 18        |
| 6.4.3    | Idle mode .....   | 19        |
| 6.5      | Safe stopping of the wind energy converter .....                            | 20        |
| <b>7</b> | <b>Remote monitoring .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>8</b> | <b>Maintenance .....</b>  | <b>22</b> |
| <b>9</b> | <b>Technical data of ENERCON wind energy converter – E-138 EP3 E2 .....</b> | <b>23</b> |



Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9140  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegado nº 0026543  
 VISADO

## List of abbreviations

|                |   |
|----------------|---|
| <b>FACTS</b>   | Flexible Alternating Current Transmission System  |
| <b>FT</b>      | FACTS Transmission (electrical configuration with FACTS properties)   |
| <b>FTQ</b>     | FACTS Transmission with Q+ option (electrical configuration with extended reactive power range)                                       |
| <b>FTQS</b>    | FACTS Transmission with Q+ option and STATCOM option (electrical configuration with extended reactive power range and STATCOM option) |
| <b>FTS</b>     | FACTS Transmission with STATCOM option (electrical configuration with STATCOM option)   |
| <b>GRP</b>     | Glass-fibre reinforced plastic  |
| <b>HH</b>      | Hub height  |
| <b>SCADA</b>   | Supervisory Control and Data Acquisition  |
| <b>STATCOM</b> | Static compensator  |

  
**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

# 1 Overview of the ENERCON wind energy converter

The ENERCON wind energy converter is a direct-driven wind energy converter with a three-bladed rotor, active pitch control, variable speed operation and a nominal power of 4200 kW. It has a rotor diameter of 138.25 m and is available with hub heights from approximately 81 m to 160 m.



Fig. 1: General view of the ENERCON E-138 EP3 E2 wind energy converter

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO

SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 2 ENERCON wind energy converter concept

### Gearless

The wind energy converter 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

Active pitch control comprises a rotor main distribution system and 3 pitch control cabinets each with a connected asynchronous pitch motor. Pitch control limits rotor speeds and the level of power extracted from the wind. The maximum output of the wind energy converter can then be limited to nominal power, even at short notice. Pitching the rotor blades into the feathered position stops the rotor without having to stress the drive train through mechanical braking. The energy supply for 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.

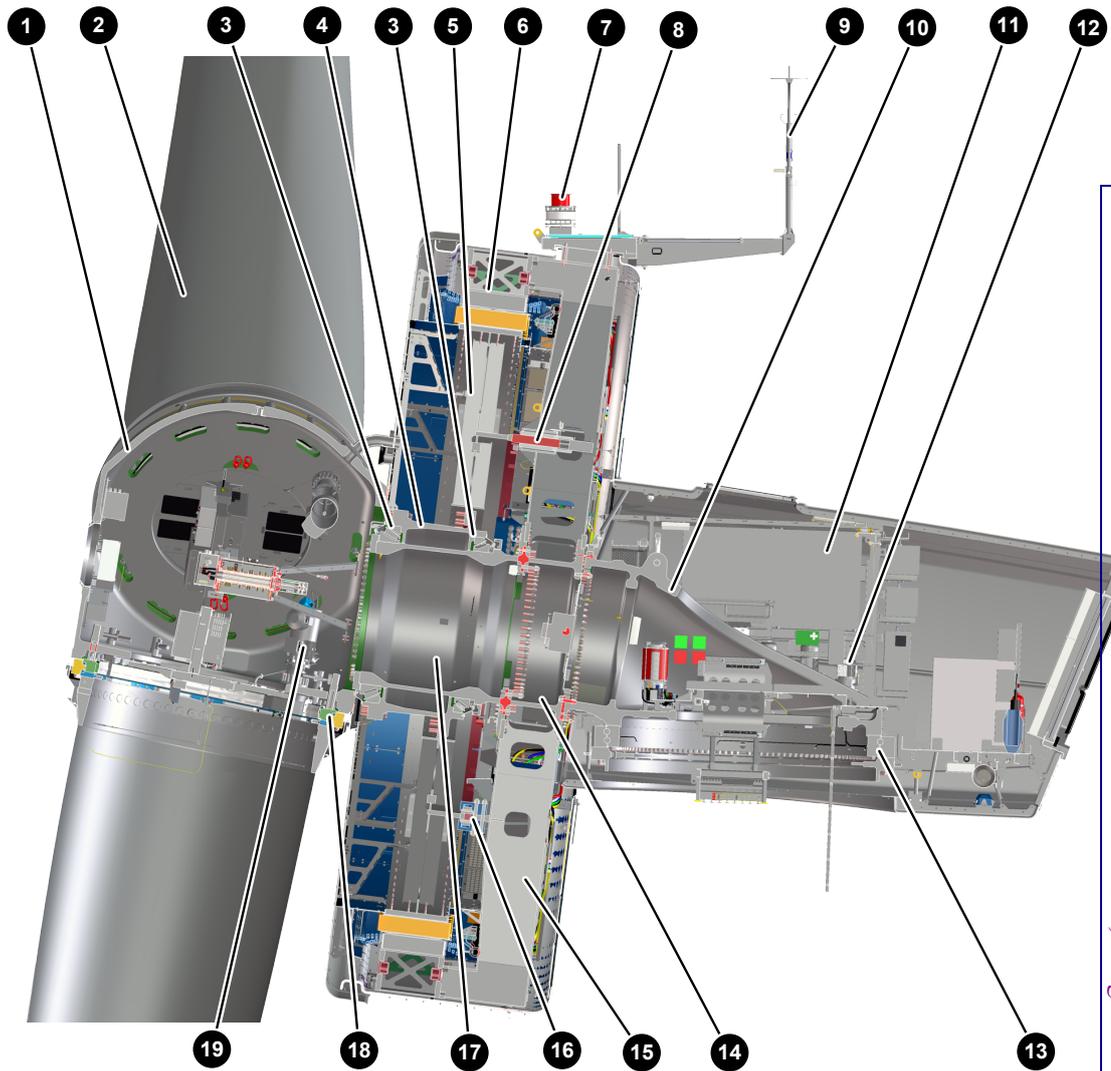


**Colegio Oficial de  
Ingenieros Técnicos  
Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### 3 Components of the ENERCON wind energy converter



**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 holding brake  |
| 17 | Axle pin                                | 18 | Blade flange bearing |
| 19 | Pitch drive                             |    |                      |


**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

## 3.1 Rotor blades

The rotor blades are made of GRP, balsa wood and foam and are a major factor in the wind energy converter's yield and sound emissions. A rotor blade is manufactured using the half-shell construction and 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 sound emissions
- Low mechanical loads
- Efficient use of material

The rotor blades of a wind energy converter have been specifically designed to operate with variable pitch control and at variable speeds. A polyurethane-based surface coating protects the rotor blades from environmental influences such as UV radiation and erosion. This coating is visco-hard and highly resistant to abrasion.

Microprocessor-controlled pitch units adjust each of the 3 rotor blades independently of each other. 2 blade angle measurements each constantly monitor the set blade angle and the 3 blade angles are synchronised with each other. This enables quick and precise setting of the blade angles according to the prevailing wind conditions.

The rotor blades are equipped with a serrated profile on part of the trailing edge. This trailing edge serration reduces the turbulence on the trailing edge and thus lowers the sound 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, separately-excited synchronous generator (annular generator). The wind energy converter operates at variable speeds in order to optimally exploit the wind energy potential at all wind speeds. The annular generator therefore produces alternating current with fluctuating voltage, frequency and amplitude.

  
**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

The windings in the stator of the annular generator form several three-phase systems that are independent of each other. These systems are actively rectified in the nacelle. The inverters then reconvert them into three-phase current whose voltage, frequency and phase position conform to the grid. The transformer in the nacelle converts the voltage generated to the level of the grid into which the current is fed. The transformer is connected to the receiving grid via the medium-voltage switchgear in the tower base.

Consequently, the annular generator is not directly connected to the receiving grid of the utility; instead, it is completely decoupled from the grid by the full-scale converter.

The generator casing is made of GRP. It is composed of multiple sections and attached to the stator support, generator stator and generator rotor by means of steel profiles.

### 3.3 Tower

The tower of the wind energy converter is a tubular steel tower, hybrid steel tower or hybrid tower.

All towers receive the final paint coat or weather and corrosion protection at the plant, so that no further work of this kind is required after installation.

The tubular steel tower is a sheet steel tube consisting of a small number of large steel sections. Depending on the tower version, the lowermost steel section may be in one piece or subdivided into several longitudinal elements. The longitudinal elements are first joined at the installation site to form a single steel section. Flanges with drill holes for assembly are welded onto the ends of the steel sections. The steel sections are stacked on top of one another and bolted together at the installation site. They are linked to the foundation by means of a foundation basket.

The hybrid steel tower is a sheet steel tube consisting of a small number of large steel sections. The lower steel sections are subdivided into a number of edged section plates. The upper steel sections are in one piece. The edged section plates are first bolted together to form steel sections at the installation site. The individual steel sections are stacked on top of each other and bolted together at the installation site. This is done for the longitudinally-divided steel sections by connection plates and for the one-piece steel sections by flange joints. They are linked to the foundation by means of a foundation basket.

The lower section of the hybrid tower consists of a prestressed concrete structure made of one-piece or split precast concrete segments; the upper section is a tubular steel construction made from several steel sections. The split precast concrete segments are joined together at the installation site. As a rule, the precast concrete segments are dry-stacked, although a compensatory grout layer can also be applied. The upper steel sections are placed onto the concrete segments and bolted in place. Hybrid towers are prestressed vertically by means of prestressing steel tendons. The prestressing tendons run either vertically through ducts in the precast concrete segments or externally along the interior tower wall. They are anchored to the foundation.

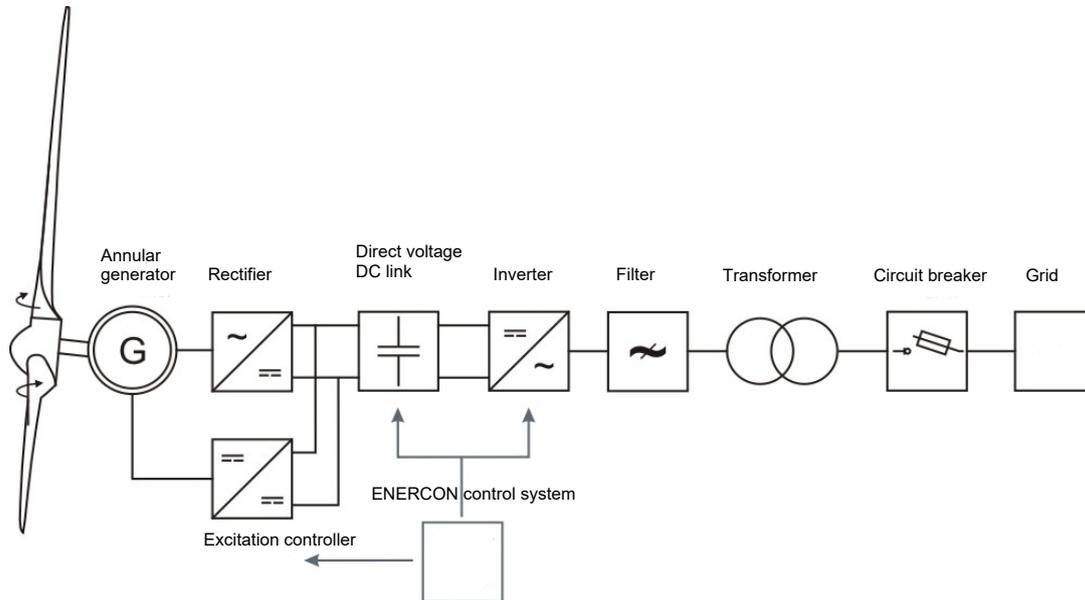
  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
MADRID

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-AOEF0  
SERRANO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 006543

**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.

Optimum power transmission is achieved by decoupling the annular generator from the grid. Any sudden changes in wind speed are translated into controlled changes in the power fed into the grid. In a similar way, any disruptions from the grid have virtually no effect on the mechanics of the wind energy converter. The power fed in by the wind energy converter can be precisely regulated from 0 kW to 4200 kW.

In general, grid operators specify the characteristics required by a wind energy converter or wind farm to be connected to a receiving grid. To meet different requirements, ENERCON wind energy converters are therefore available in a range of configurations.

The inverter system in the tower base is designed according to the particular configuration of the wind energy converter. A transformer inside or near the wind energy converter generally converts 630 V low voltage to the desired medium voltage.

### Reactive power

If necessary, a wind energy converter equipped with the standard FACTS open-loop control system can supply reactive power in order to contribute to the reactive power balance and to maintaining voltage levels in the grid. The full 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: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 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: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO SERGIO PAJEDES GARCIA, Colegiado nº 0026545

**VISADO**

## 5 Safety system

The wind energy converter is equipped with a large number of safety devices, which serve to keep the wind energy converter within a constantly safe operating range. These safety devices include components for safe stopping of the wind energy converter as well as a highly developed system of sensors. The sensor system continuously records all relevant operating states of the wind energy converter and feeds the information into the ENERCON SCADA remote monitoring system.

If any safety-relevant operating parameter moves outside the permitted range, the wind energy converter then either runs at reduced 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 actual status of the wind energy converter and relevant ambient parameters (e.g. rotor speed, temperature, wind speed, blade load, etc.). The open-loop control system analyses the signals and regulates the wind energy converter to optimally exploit the available energy at any given time while simultaneously maintaining operating safety.

  
**Madrid**  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

### Redundant sensors

Redundant sensors are installed to enable plausibility checks for some operating states by comparing recorded values. This applies, for example, to the measurement of the generator temperature, the wind speed or the current rotor blade angle. Defective sensors are reliably detected and can be repaired or replaced through activation of a reserve sensor. The wind energy converter is thus usually able to continue safe operation without the need for immediate service work.

### Checking the sensors

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 wind energy converter's open-loop control system regulates rotor speed by adjusting the blade angle in such a way that nominal speed is not significantly exceeded, even in very strong winds. However, pitch control may not be able to react quickly enough to sudden events, such as strong gusts or a sudden reduction in generator load. If nominal speeds are exceeded by more than 15 %, the open-loop control system stops the wind energy converter. After 3 minutes, the wind energy converter automatically attempts a restart. If such an event occurs more than 5 times within a 24-hour period, a defect is assumed. No further restart will then be attempted.

In addition to the electronic monitoring system, 3 electromechanical overspeed switches are located in the rotor head. They are evenly spaced along the circumference of the rotor. Each of these switches can stop the wind energy converter by means of emergency pitching. The switches respond when rotor speeds exceed the nominal speed by more than 25 %. To restart the wind energy converter, the overspeed switches must be reset manually after identifying and eliminating the cause of overspeed.

### Air gap monitoring

The width of the air gap between generator rotor and generator stator is monitored using microswitches distributed around the circumference of the rotor.

If one of the microswitches is triggered due to the gap falling below the minimum width, the wind energy converter is stopped and restarted after a short time.

If this fault occurs again within 24 hours, the wind energy converter remains stopped until the cause has been eliminated.

### Oscillation monitoring

Oscillation monitoring detects excessive oscillation or excursion at the top of wind energy converter tower. Sensors record the acceleration of the nacelle towards the hub axis (longitudinal oscillation) and transverse to this axis (transverse oscillation). The open-loop control system uses this input to continuously calculate tower excursion relative to its idle position.

Furthermore, excessive vibrations and shocks such as those that can be caused by a fault in the converter are detected by an integrated oscillation monitoring function. If the oscillations or excursions exceed permissible limits, the wind energy converter stops. It restarts automatically after a short delay. If impermissible vibrations are detected or if impermissible tower oscillations occur repeatedly, the wind energy converter stops and will not attempt any further restarts.

MADRID  
**Industriales de Madrid**  
**Ingenieros Técnicos**  
**Colegio Oficial de**

Documentos registrados con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
**SERGIO PARRON GARCIA, Colegiado nº 0026543**

**VISADO**

### Temperature monitoring system

Some components of the wind energy converter are cooled. Temperature sensors also continuously measure components that need to be protected from high temperatures.

In the event of high temperatures, the wind energy converter's power is reduced or stopped if necessary. 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 which can also stop the wind energy converter when temperatures exceed a specific limit value, and in certain situations without automatic restart after cooling down.

At low temperatures, some assemblies are heated to keep them operational, e.g. the energy storage system for the hazard beacon and the generator.

### Noise monitoring inside the nacelle

There are sensors located in the rotor head of wind energy converters with nacelle-internal noise monitoring, which 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 of noise (mainly the impact of hail), the status messages from all wind energy converters in a wind farm are compared with each other. For stand-alone wind energy converters, a noise sensor in the machine house is also used. If the sensors in multiple wind energy converters or the noise sensor in the machine house detect(s) 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 have to stop.

### Cable twisting monitoring

The tower cables have so much slack in the upper tower area that the nacelle can be turned left and right by 3 turns without damaging and/or overheating the tower cables. Depending on the degree of twisting and level of the wind speed, the control system of the wind energy converter decides when the tower cables are to be untwisted.

The cable twist monitoring system 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día  
29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-  
A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 6 Open-loop control system

The wind energy converter control system is based on a microprocessor system developed by ENERCON and uses sensors to query all wind energy converter 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 wind energy converter 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 a gear rim is located on the tower head. The yaw bearing allows the nacelle to rotate, thus allowing yaw control of the nacelle.

When the difference between the wind direction and the rotor axis direction exceeds the maximum permissible value, the yaw drives are switched on and align the nacelle with the wind direction. The yaw motor open-loop control system ensures smooth starting and stopping. The open-loop control system monitors the yaw control. If it detects any irregularities, yaw control is deactivated and the wind energy converter is stopped.

### 6.2 Pitch control

#### Functional principle

The pitch unit changes the position of the rotor blades and thus the angle of attack at which the air strikes the blade profile. Changes to the blade angle change the lift at the rotor blade and therefore also the force with which the rotor turns.

In automatic mode (normal operation), the blade angle is adjusted to ensure optimal exploitation of the wind's energy while avoiding overload of the wind energy converter. Any boundary conditions, such as noise optimisation, are also observed. In addition, the pitch unit is used to decelerate the rotor aerodynamically.

If the wind energy converter achieves its nominal power and the wind speed continues to increase, the pitch unit 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 values.

#### Structure

Rotor blade pitch control consists of a main rotor distribution system and 3 pitch control cabinets, each with a connected asynchronous pitch motor. The main rotor distribution system distributes power from a slip ring unit to the pitch control cabinets and to a surge protection device. Each pitch control cabinet contains a pitch converter for the pitch motor and a capacitor unit. The capacitor units store the energy required for emergency pitching. During wind energy converter operation, they are kept charged and undergo constant testing. The pitch motor is installed on a multi-stage gear and is designed as a braking motor.



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARRIGA Colegiado nº 0066543

**VISADO**

### Blade angle

Special rotor blade positions (blade angle):

- A: 0° Normal position during partial load operation: maximum exploitation of available wind.
- B:  $\geq 60^\circ$  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: 92° 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.

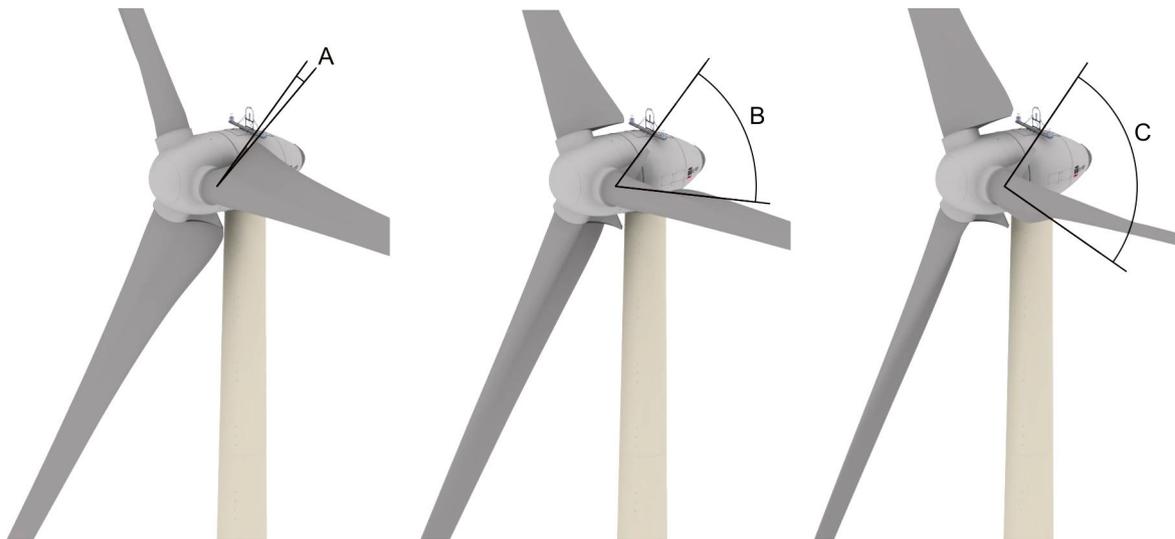


Fig. 4: Special rotor blade positions

## 6.3 Start of the wind energy converter

### 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 process is initiated. If certain boundary conditions for start-up, e.g. charging of the emergency stop capacitors, have not been fulfilled yet, 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 open-loop 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 pitched slowly into the wind while a check is performed on the emergency stop capacitors.

If the wind energy converter is equipped with rotor blade load control sensors, the rotor blades stop at an angle of 70° and adjust the rotor blade load control sensors, which may take several minutes. During this time, the 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 (approx. 2.0 m/s), the start-up process 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 required for the wind energy converter’s own power consumption is taken from the grid.

**6.3.3 Generator excitation**

Once the rotor reaches a certain speed that depends on the wind energy converter type generator excitation is initiated. The current required for this is temporarily taken from the grid. Once the generator reaches a sufficient speed, the wind energy converter supplies itself with current. The current for self-excitation is then taken from the rectifier DC link and 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 coupled to the grid, grid feed is initiated. When the speed increases due to sufficient wind and the power setpoint > 0 kW, line contactors on the low-voltage side are closed and the wind energy converter starts feeding power into the grid at approx. 5 rpm.

Power control regulates the stator currents and the excitation current so that the grid feed is 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 open-loop control system within a certain range. For more detailed information, see the grid performance data sheet for the particular wind energy converter type.



MADRID

**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

C/ALCAZAR DE S. JUAN, 10026543

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-49EFO

MERCADO DE VALORES DE MADRID S.A. (Bolsa de Madrid)

**VISADO**

## 6.4 Operating modes

After completion of the start-up process, 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, aligns the nacelle position with the wind direction and records all sensor states.

In order to optimise power generation under diverse wind conditions when in automatic mode, the wind energy converter changes between 3 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 flickering). In addition, the utility into whose grid the generated energy is being fed can be given the option to directly influence the behaviour 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 $v \geq 15 \text{ m/s}$

At wind speeds at and above nominal speeds, the wind energy converter uses pitch control to maintain the rotor speed at the setpoint (approx. 11.1 rpm), thereby limiting power to a nominal value of 4200 kW.

#### Storm control enabled (normal case)

Storm control enables wind energy converter operation even at very high wind speeds; however, the rotor speed and the power are reduced.

If the wind speed exceeds approx. 22 m/s (12-second mean) and keeps increasing, the rotational speed will be reduced linearly from 11.1 rpm to idle speed at about 28 m/s (10-minute mean) by pitching the rotor blades out of the wind accordingly. The power fed into the grid decreases in accordance with the speed/power curve in the process.

At wind speeds above 28 m/s (10-minute mean), the rotor blades are almost in the feathered position. The wind energy converter runs in idle mode without any power output; it does, however, remain connected to the receiving power grid. Once the wind speed falls below 28 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.

### 6.4.2 Partial load operation

#### Wind speed $2 \text{ m/s} \leq v < 15 \text{ m/s}$

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. The 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**  
 **$v < 2 \text{ m/s}$**

At wind speeds below 2 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  $\geq 60^\circ$ ) 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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
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.

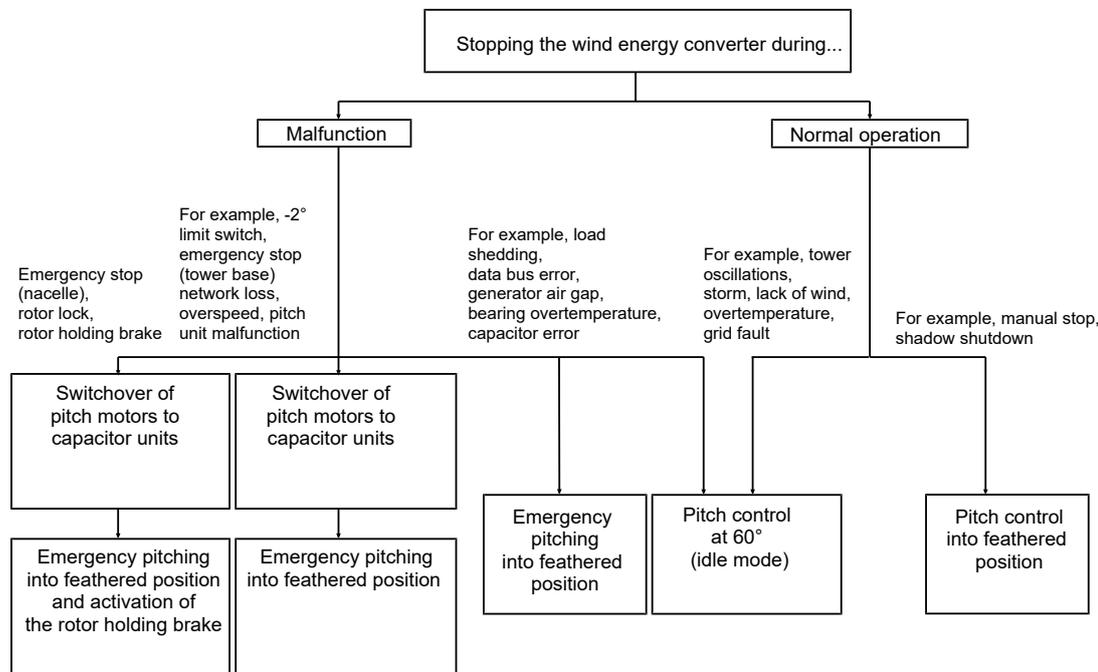


Fig. 5: Overview of wind energy converter stop

### Stopping the wind energy converter by means of pitch control

In the event of a malfunction that is not safety-relevant, the wind energy converter open-loop 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 emergency stop capacitors store the energy required for emergency pitching and are kept charged and undergo continuous testing during wind energy converter operation. For emergency pitching, each pitch motor is supplied with energy by the associated emergency stop capacitors. The rotor blades move in a controlled manner into a position in which no lift is generated; 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 holding 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.

MADRID  
Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid  
Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
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 malfunctions.

All status messages are also sent via the ENERCON SCADA system to Technical Service Dispatch, where they are permanently stored. Practical experience gained from long-term operation can then be incorporated into the further development of ENERCON wind energy converters.

Connection of the individual wind energy converters is through the ENERCON SCADA Server that is usually located in the substation or the transmission substation of a wind farm. An ENERCON SCADA Server is installed in every wind farm.

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**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 8 Maintenance

To ensure long-term safe and optimum operation of the wind energy converter, maintenance is required at regular intervals.

Wind energy converters are regularly serviced, at least once a year according to requirements.

During maintenance, all safety-relevant components and functions are checked, e.g. the pitch unit, yaw control, safety systems, lightning protection system, anchorage points and safety ladder. The bolt connections on load-bearing connections (main components) are checked. All other components are subjected to a visual inspection to check for any irregularities or damage. Any lubricants that have been used up are refilled.

The maintenance intervals and scopes may vary, depending on regional directives and standards.

  
**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFP0  
SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

## 9 Technical data of ENERCON wind energy converter – E-138 EP3 E2

| General   |  |
|---|--|
| Manufacturer  | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Germany  |
| Type designation  | E-138 EP3 E2   |
| Nominal power   | 4200 kW  |
| Design service life   | 25 years   |
| Rotor diameter  | 138.25 m   |
| IEC wind class <sup>1,2</sup>   | IIIA (HH 160 m)<br>SA (HH 81 m, HH 96 m, HH 111 m, HH 131 m, HH 149 m)                           |
| Extreme wind speed at hub height (10-minute mean)                       | 37.50 m/s<br>Corresponds to a load equivalent of approx. 52.50 m/s (3-second gust)               |
| Annual average wind speed at hub height According to IEC <sup>1,2</sup> | 6.60 m/s (HH 81 m, HH 96 m, HH 111 m and HH 131 m)<br>7.50 m/s (HH 160 m)<br>7.63 m/s (HH 149 m) |
| Rotor with pitch unit   |  |
| Type  | Upwind rotor with active pitch unit  |
| Rotational direction  | Clockwise  |
| Number of rotor blades  | 3  |
| Rotor blade length  | 67.795 m   |
| Swept area  | 15011.36 m <sup>2</sup>  |
| Rotor blade material  | GRP (glass fibre + epoxy resin)/balsa wood/foam  |
| Maximum idle speed  | 2.5 rpm  |
| Lower power-feed speed <sup>2</sup>                                     | 4.4 rpm (HH 81 m and HH 131 m)<br>5.0 rpm (HH 96 m, HH 111 m, HH 149 m and HH 160 m)             |
| Nominal speed   | 10.8 rpm   |
| Speed setpoint  | 11.1 rpm   |
| Tip speed at nominal speed  | 80.5 m/s   |
| Power reduction wind speed (with ENERCON storm control)                 | 22 (12-second mean) – 28 (10-minute mean) m/s  |
| Conical angle   | 2.5°   |

<sup>1</sup> Issue of the directive Edition 3

<sup>2</sup> Hub height (HH) from tower designation



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215- A9EFO SANTIAGO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

| <b>Rotor with pitch unit</b> |   |
|------------------------------|---|
| Rotor axis angle             | 7°  |
| Pitch unit                   | One independent electrical pitch unit per rotor blade with dedicated emergency power supply |

| <b>Drive train with generator</b> |   |
|-----------------------------------|---|
| Wind energy converter concept     | Gearless, variable speed, full-scale converter                |
| Hub                               | Rigid connection with generator rotor                         |
| Bearing                           | 2 tapered roller bearings                                     |
| Generator                         | Direct-driven, externally excited synchronous generator       |
| Grid feed                         | ENERCON inverter with high clock speed and sinusoidal current |
| IP Code/insulation class          | At least IP 23/F  |

| <b>Brake system</b> |   |
|---------------------|---|
| Aerodynamic brake   | Three independent pitch units with emergency power supply |
| Rotor holding brake | Hydraulic   |
| Rotor lock          | Latching in 10° steps                                     |

| <b>Yaw control</b> |                              |
|--------------------|------------------------------|
| Yaw system         | Electromechanical yaw system |

| <b>Wind energy converter control system</b> |                      |
|---|----------------------|
| Type  | Microprocessor       |
| Remote monitoring system                    | ENERCON SCADA system |
| Uninterruptible power supply (UPS)          | Integrated           |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**  
 Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EFO  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543  
**VISADO**

| Tower types             |                     |                             |                                      |                             |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Hub height <sup>2</sup> | Type                | IEC wind class <sup>1</sup> | Turbulence category IEC <sup>1</sup> | DIBt wind zone <sup>3</sup> |
| 81 m                    | Tubular steel tower | S                           | A                                    | WZS TC II                   |
| 96 m                    | Tubular steel tower | S                           | A                                    | WZS TC II                   |
| 111 m                   | Tubular steel tower | S                           | A                                    | WZS TC II                   |
| 131 m                   | Tubular steel tower | S                           | A                                    | -                           |
| 131 m                   | Hybrid steel tower  | S                           | A                                    | WZS TC II                   |
| 149 m                   | Hybrid tower        | S                           | A                                    | WZS TC II                   |
| 160 m                   | Hybrid tower        | III                         | A                                    | WZ2 GK II                   |



**Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid**

Documento registrado con el número: 2300599/01 el día 29/02/2024. Puede validar el documento FV13030215-A9EF0  
 SERGIO PAREDES GARCIA, Colegiado nº 0026543

**VISADO**

<sup>3</sup> Issue of the directive 2012