



ESTUDIO Y PLANIFICACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

CURSO ACADÉMICO 2017/2018

ALUMNOS:

Gabriel González Rial

Neftalí Barreto Martín

TUTOR:

Ginés Fernando Coll Barbuzano

ABSTRACT

The project that you are going to analyze next is a viability study of a wind farm, near a town in the north east of Fuerteventura, one of the Canary Islands.

We have done different studies of the wind force, the turbines that we can use in a future farm and the final selection between them, establishing a budget with the elements that we have chosen and the civil work.

First, we did a study of the location. We decided to do it near a town called Tuineje. We checked that the territory was good for our project and we decided to go on, doing an analysis of the wind on that zone at different heights. Once we found out about the national and local laws, we confirmed that we could create a wind farm in this place.

For this aim, we needed to compare three of the most relevant wind turbines used in the Canary Islands. We analyzed the characteristics of each one and we also did a study of their impact in the zone where we wanted to install the wind farm. When we knew which turbine we had to put, we considered the different uses of our farm in the island.

Once we decided the main objective of the project, we wrote down the infrastructures that were part of the farm, and we did the budget, realizing all what we needed in a civil work, the costs of the turbines, and, in general, the creation of a such a significant element.

For the calculation memory we have studied the cables in each part of the installation (the warehouse, the control building and the turbine itself). Moreover, we have taken into account security measures in case of fire for the warehouse and the safety of the building.

In conclusion, we did a study of the environmental impact, highlighting the most affected section and proposing measures to avoid or reduce the problems of the installation.

CONTENIDO DEL PROYECTO.

MEMORIA DESCRIPTIVA.....	9
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO.....	10
1.2. PETICIONARIO	11
1.3. EMPLAZAMIENTO	11
1.3.1. Justificación del emplazamiento.....	12
1.3.2. Características del suelo.....	12
1.4. INSTALACIONES QUE CONSTITUYEN EL PARQUE EÓLICO	12
1.5. ELECCIÓN Y DES. DE LAS INFRAESTRUCTURAS EÓLICAS.....	13
1.6. REGLAMENTACIÓN.....	13
1.7. DESCRIPCIÓN DE LOS AEROGENERADORES	17
1.7.1. Características generales.....	17
1.7.1.1. Enercon E44/900	17
1.7.1.2. Enercon E48/800	21
1.7.1.3. Enercon E70/2300	23
1.7.1.4. Condiciones climáticas	25
1.7.1.5. Distancia entre aerogeneradores	25
1.7.2. Parámetros de diseño	25
1.7.2.1. Condiciones de viento.....	25
1.7.2.2. Verificaciones de las condiciones de viento.....	32
1.7.3. Equipamiento de alta tensión	35
1.7.3.1. Celda de media tensión.....	35
1.7.3.2. Transformador	36
1.7.4. Mantenimiento de aerogeneradores.....	37
1.7.4.1. Mantenimiento correctivo.....	37
1.7.4.2. Mantenimiento preventivo.....	38

1.7.5. Edificio de mando del parque	39
1.7.5.1. Introducción	39
1.7.5.2. Descripción general	39
1.7.5.3. Estancia de aparamenta eléctrica	40
1.7.5.4. Estancia del ordenador de control.....	40
1.7.5.5. Almacén.....	40
1.7.5.6. Justificación de las medidas contraincendios de la unidad edificatoria.	41
1.7.5.7. Justificación del cumplimiento de las inst. eléctricas interiores de BT	41
1.7.5.8. Otras infraestructuras del edificio de control.....	41
1.7.6. Caminos internos y plataformas de montaje de los aerogeneradores	42
1.7.6.1. Trazado de caminos	42
1.8. EV. DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DEL PARQUE EÓLICO	42
1.8.1. Descripción del emplazamiento	43
1.8.2. Cálculo del potencial del parque	43
1.8.2.1. Potencial eléctrico teórico de un aerogenerador	43
1.8.2.2. Objetivos.....	44
1.8.2.2.1. Autoconsumo	46
1.8.2.2.2. Agricultura y ganadería	47
1.8.2.2.3. Nave industrial.....	48
1.8.3. Elección final del aerogenerador y justificación	49
1.9. HOJA DE DATOS DEL ENERCON E70	50
1.10. RESUMEN DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA	52

MEMORIA DE CÁLCULO.....	57
2.1. INTRODUCCIÓN	58
2.2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	58
2.2.1. Cálculo de la red interna de 20 Kv	58
2.2.1.1. Introducción	58
2.2.1.2. Metodología	58
2.2.1.3. Intensidad máxima admisible en el servicio permanente	59
2.2.1.4. Caída de tensión.....	68
2.2.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito	73
2.3. CÁLCULO JUSTIFICACIÓN DE MEDIDAS CONTRAINCENDIOS DEL EDIFICIO DE CONTROL Y ALMACÉN	75
2.3.1. Compartimentación.....	75
2.3.2. Ocupación del edificio	75
2.3.3. Evacuación	75
2.3.4. Señalización	75
2.3.5. Cálculos de la protección contra incendios	76
2.3.6. Medidas contra incendios.....	79
PLANOS.....	80
3.1. PLANOS DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	81
3.2. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PARCELA	83
3.3. REPRESENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN EÓLICA	84
3.4. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL	85

MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	86
4.1. AEROGENERADORES Y SISTEMAS DE CONTROL.....	87
4.2. LISTA DE PRECIOS ELEMENTALES DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.....	88
4.2.1. Mano de obra	88
4.2.2. Maquinaria.....	89
4.2.3. Materiales elementales estimados	90
4.3. ELÉCTRICA: PUESTA A TIERRA DE LOS AEROGENERADORES Y CONEXIONADO	92
4.3.1. Aerogeneradores	92
4.3.2. Conductores.....	93
4.3.3. Tendido y montaje	94
4.3.4. Transformadores	94
4.4. OBRA CIVIL.....	95
4.4.1. Zapatas	97
4.4.2. Plataformas	99
4.4.3. Zanjas	100
4.4.4. Caminos	101
4.5. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	103
4.5.1. Albañilería.....	103
4.5.2. Hormigones	104
4.5.3. Estructuras metálicas	104
4.5.4. Aceros.....	105
4.5.5. Saneamiento	105
4.5.6. Movimiento de tierras	106
4.5.7. Aparamenta e instalación de BT: aparellaje y equipos del centro de transformación.....	109

4.5.8. Aparamenta e instalación de MT: aparellaje y equipos del centro de transformación	111
4.5.9. Montaje y puesta a punto	112
4.6. EDIFICIO DE MANDO	112
4.7. INGENIERÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA	113
4.8. CONTROL DE CALIDAD	113
4.9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	113
4.10. DESCOMPOSICIÓN DE PRECIOS	114
4.10.1. Aerogeneradores	114
4.10.2. Conductores	115
4.10.3. Tendido y montaje	117
4.10.4. Transformadores 0,69/20kV	118
4.10.5. Obra civil	119
4.10.5.1. Zapatas	119
4.10.5.2. Plataformas	121
4.10.5.3. Zanjas.....	122
4.10.5.4. Caminos	123
4.10.6. Centro de transformación	124
4.10.6.1. Albañilería	124
4.10.6.2. Hormigones.....	125
4.10.6.3. Estructuras metálicas	126
4.10.6.4. Aceros	126
4.10.6.5. Red de saneamiento	127
4.10.7. Centro de transformación	128
4.10.7.1. Movimientos de tierras	128
4.10.8. Aparamenta e instalación de baja tensión	130

4.10.8.1. Aparellaje y centro de transformación.....	130
4.10.9. Aparamenta e instalación de alta tensión.....	133
4.10.9.1. Aparellaje y equipos del centro de transformación	133
4.10.10. Montaje y puesta a punto.....	137
4.10.11. Edificio de mando	138
4.10.12. Ingeniería y dirección de obra	138
4.10.13. Control de calidad.....	138
4.10.14. Estudio de seguridad y salud	139
4.11. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	139
4.12. PRESUPUESTO FINAL	140
IMPACTO AMBIENTAL.....	142
5.1. INTRODUCCIÓN.....	143
5.1.1. Antecedentes.....	143
5.1.2. Legislación	143
5.1.3. Impactos en la fase de construcción	152
5.1.4. Impactos en la fase de explotación	152
5.2. MATRIZ DE LEOPOLD	153
5.2.1. Medidas.....	162
5.2.2. Explicación de los valores obtenidos en la matriz de Leopold.....	163
CONCLUSIONES.....	172
BIBLIOGRAFÍA.....	176

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Antecedentes y objeto del proyecto

La energía eólica es un tipo de energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, convertida en otras formas útiles para las actividades humanas.

Es el tipo de energía renovable con mayor solidez y eficacia para una futura respuesta a una demanda energética que parece crecer en los últimos tiempos.

Comparte multitud de características con el resto de renovables, como la reducción de emisiones del CO₂, el apoyo de un recurso ilimitado como es el viento, o la reducción de la vulnerabilidad eléctrica de las comunidades mundiales. Sin embargo, se diferencia del resto por su carácter industrial, su largo período de maduración (creación de proyectos), mayor inversión, y una actitud competitiva a nivel económico, ya que estamos hablando de un sistema maduro y un aprendizaje desarrollado¹.

Las Islas Canarias cuentan con un enorme potencial de cara a este tipo de suministro energético, destacando además la energía fotovoltaica, la energía hidráulica, la geotérmica, la mareomotriz, etc.

Dos de las compañías de mayor relevancia en el sector de la energía eólica en Canarias son el Instituto Tinerfeño de Energías Renovables (ITER), que cuenta con dos parques eólicos en el sur de Tenerife, y el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), perteneciente al Gobierno de Canarias, cuyos estudios le han otorgado por derecho propio al más alto nivel de la Ingeniería de Energías Renovables, siendo pionero en la innovación de las islas.

En total, en la comunidad autónoma existen 56 parques eólicos, siendo Gran Canaria la isla con mayor número (32). En el caso de Fuerteventura, sólo posee 4, a pesar de la cantidad de viento de la que dispone durante un alto porcentaje de los 365 días del año².

Tras realizar un análisis profundo de mercado entre los fabricantes de torretas eólicas, podemos definir que la empresa con más experiencia y variedad de aerogeneradores en España es Gamesa, que desde que se centró en 2006 en tecnologías de sostenibilidad eléctrica, ha conseguido una cuota del 18% en el sector eólico mundial, sólo superada por la compañía danesa Vesta, que ostenta el 34% de este. Actualmente trabaja sobre el nombre de Siemens Gamesa, fruto de la unión en abril de 2007 de Gamesa Corporation y Siemens Wind Power³.

El objeto del proyecto es el estudio de viabilidad de un parque eólico en la isla de Fuerteventura, en el que se analizan los posibles objetivos y metas de este, considerando la normativa oficial y teniendo en cuenta todos los factores con los que contamos en la isla, haciendo los cálculos pertinentes, y proponiendo los modelos necesarios para su implementación.

1.2. Peticionario

Tratamos con un proyecto de carácter académico. Por lo tanto, el peticionario es, en sí, la Universidad de La Laguna.

1.3. Emplazamiento

La situación elegida es una parcela de 2 km², en el municipio de Tuineje, isla de Fuerteventura, cuyas coordenadas geográficas son:

Latitud: 28° 19' 20,77" NORTE

Longitud: 14° 01' 14,82" OESTE

1.3.1. Justificación del emplazamiento

Se escoge como localización dichas coordenadas debido al gran terreno que tenemos para la implantación de nuestro parque, por su cercanía con un pueblo de tamaño medio como es Tuineje, por sus registros de viento anuales y por la ausencia de impedimentos legales de carácter urbanístico, terrenal o geográfico que dificulten la creación de este proyecto, siendo un espacio con nula existencia de urbanizaciones, considerable distancia con las respectivas carreteras y caminos, y por el interés general de desarrollar una actividad económica en un Término Municipal menos favorecido.

1.3.2. Características del suelo

Estamos tratando con un tipo de suelo denominado caliche, un depósito endurecido de carbonato de calcio, que se sedimenta con otros materiales, tales como arcilla, grava o arena. También llamada Costra Caliza, es común encontrarla en toda la isla debido a su carácter árido. Su mayor uso es el de la agricultura, pero tiene cualidades que se pueden utilizar como cementante⁴.

1.4. Instalaciones que constituyen el parque eólico

Los diferentes elementos que formarán nuestro parque eólico son:

- El parque donde se sitúan los aerogeneradores.
- Un complejo principal, donde se alberga:
 - El centro de transformación con sus respectivos transformadores.
 - El almacén de repuestos y herramientas necesarios para el mantenimiento de nuestro parque eólico.
 - La oficina de control, mando y telemando del parque.
- La red interna de baja tensión (B.T) a la tensión de 690V, conectando cada aerogenerador con el centro de transformación correspondiente.
- La red externa de media tensión (M.T) a la tensión de 20 kV, conectando el parque con el centro de transformación de la red de distribución pública.

1.5. Elección y descripción de las infraestructuras eólicas

Se realiza un estudio de los diferentes objetivos a los que se puede destinar la creación de una obra de tales magnitudes, y se proponen tres modelos de aerogeneradores, que comparten entre sí al fabricante: todos son de la marca Enercon, empresa de gran relevancia en el mercado de energía eólica, y presente en diferentes parques de las Islas Canarias.

1.6. Reglamentación

El proyecto que nos ocupa está creado en función de la siguiente normativa:

- Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo, por el que se establecen normas sobre las condiciones de los suministros de energía eléctrica y la calidad de este servicio, publicado en el BOE. de 6 de junio de 1986.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), (Ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, BOE núm. 269 de 10/11/95), y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción (BOE núm. 256 de 25/10/97) y modificaciones posteriores.
- Decreto 129/1999, de 17 de junio, por el que se aprueban las normas provisionales para la inmediata puesta en funcionamiento de la Agencia de Protección del Medio Urbano y Natural
- Ley 9/1999, de 13 de mayo, de Ordenación del Territorio de Canarias (LOTIC), publicada en el Boletín Oficial de Canarias el 14 de mayo de 1999, ha entrado en vigor, a tenor de la Disposición Final Tercera, al día siguiente de su publicación en dicho Diario Oficial.
- 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 (BOE núm. 310 de 27/12/00).

- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (BOE núm. 148 de 21/06/2001), y el resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo, que adopta la norma UNE 12464.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (BOE 224 del 18 de septiembre).
- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOE núm. 38 de 13/02/2008).
- Ley 8/2007 de 28 de mayo Ley del suelo.
- Ley 1/1999 de 29 de enero de Residuos de Canarias.
- Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Decreto 141/2009 de 10 de noviembre, actualizado por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones eléctricas en Canarias (BOC núm. 230 de 24/11/2009).

- Orden de 16 de abril de 2010, por la que se aprueban las Normas Particulares para las Instalaciones de Enlace, en el ámbito de suministro de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. y Distribuidora Eléctrica del Puerto de La Cruz, S.A.U., en el territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- ORDEN de 19 de mayo de 2010, por la que se rectifica error por omisión existente en la Orden de 16 de abril de 2010, que aprueba las Normas Particulares para las Instalaciones de Enlace, en el ámbito de suministro de Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U. y Distribuidora Eléctrica del Puerto de la Cruz, S.A.U., en el territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- Decreto 133/2011, de 17 de mayo, sobre el dimensionamiento de las acometidas eléctricas y las extensiones de redes de distribución en función de la previsión de carga simultánea (BOC núm. 111 de 07/06/2011).
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos, en sus correspondientes actualizaciones efectuadas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Normas UNE que sin ser de obligado cumplimiento, definan características de los elementos integrantes de las instalaciones.
- Normas europeas (EN) que, sin ser de obligado cumplimiento, definan características de los elementos integrantes de las instalaciones.
- Normas internacionales (CEI) que, sin ser de obligado cumplimiento, definan características de los elementos integrantes de las instalaciones.
- Instrucciones Técnicas de Endesa, según NNA-105 Gestión de Residuos Sólidos Urbanos asimilables a urbanos e inertes v1.
- Norma Técnica Particular de Redes de Distribución de Baja tensión. En trámite de audiencia en su texto definitivo.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- La Directiva 2009/28/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- 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.
- Orden Ministerial IET/1045/2014, de 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
- Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.
- Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.
- Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Real Decreto 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial.
- Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.
- Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

- Decreto 6/2015, del 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento que regula la instalación y explotación de los Parques Eólicos en Canarias.

1.7. Descripción de los aerogeneradores

Utilizaremos varios modelos de aerogenerador para hacer un estudio de mercado y plantear los diferentes objetivos de nuestro parque, definiendo así las diferentes características de cada uno.

Para los valores de producción anual y potencia utilizaremos el motor del Instituto de Tecnología de Canarias, que nos permite establecer las coordenadas de nuestro parque, así como el modelo de torreta y la altura a la que se dispondrá. Pondremos una altitud de 50 metros para nuestros aerogeneradores, ya que es el punto medio en el que se suelen encontrar (40/60 metros, salvo para el E70).

Usaremos aerogeneradores de la marca Enercon.

1.7.1. Características generales

1.7.1.1. Enercon E44/900

El E44 es un aerogenerador de la empresa Enercon con una potencia nominal de 900 kW. Las velocidades de corte de viento mínima y máxima son de 28 m/s y 34 m/s, respectivamente, con control para tormentas, mientras que su velocidad nominal alcanza los 16,5 m/s. Está disponible para vientos de clase IEC/Ia, con una velocidad de supervivencia de 59,5 m/s.

El rotor cuenta con tres aspas, que poseen un diámetro de 44 m y un área de barrido de 1521 m², girando a sotavento y con una dirección rotacional en sentido de las agujas del reloj. La velocidad rotacional de este es variable. La mínima desciende hasta los 16 rpm, y la máxima asciende hasta los 31,5 rpm, siendo 78 m/s su velocidad periférica. Dicho elemento es del tipo AERO E-44, compuesto por GRP (resina epóxica), construido con protección contra rayos. El control de campo está basado en la tecnología ENERCON single blade pitch system, que trabaja con un sistema de campo independiente por cada aspa de rotor, con un suministro de emergencia asignado. La densidad de potencia que aporta se puede ver de dos formas:

- 591.7 W/m²
- 1,7 m²/kW

El E44 no posee caja de cambios, ya que trabaja con manejo directo.

El generador es síncrono, con una velocidad máxima de 34 U/min y un voltaje de 690V, además de un rodamiento de rodillos cónicos gemelos. La conexión de red se alimenta con un inversor de la misma marca, y una frecuencia de 50Hz.

El sistema de frenado está basado en tres sistemas de control de campo independientes con un suministro de potencia de emergencia. El rotor posee freno y bloqueo. El sistema de guiñada es activo vía engranaje y una amortiguación dependiente de la carga.

La torre cuenta con un buje a una altura posible mínima de 45 metros y una máxima de 55, ideal para nuestro proyecto, ya que se ha planteado una altura que oscile entre los 40 y los 60 metros. Está compuesto por un tubo de acero con forma cónica. La protección a la corrosión es únicamente por pintura⁵.

Viento (m/s)	Potencia (kW)	Coefficiente de potencia Cp(-)
1	0.0	0.00
2	0.0	0.00
3	4.0	0.16
4	20.0	0.34
5	50.0	0.43
6	96.0	0.48
7	156.0	0.49
8	238.0	0.50
9	340.0	0.50
10	466.0	0.50
11	600.0	0.48
12	710.0	0.44
13	790.0	0.39
14	850.0	0.33
15	880.0	0.28
16	905.0	0.24
17	910.0	0.20
18	910.0	0.17
19	910.0	0.14
20	910.0	0.12
21	910.0	0.11
22	910.0	0.09
23	910.0	0.08
24	910.0	0.07
25	910.0	0.06

Tabla 1: Relación de la velocidad de viento con la potencia para $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$

La base de datos de la compañía Enercon nos otorga una **curva de potencia** tal que:

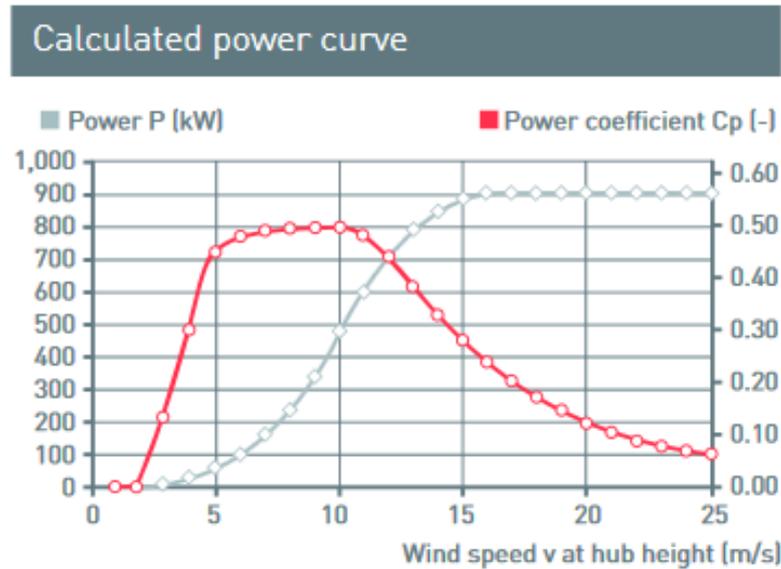


Ilustración 1: Curva de potencia del aerogenerador Enercon E44. Fuente: Enercon

Ya se encuentra actualmente utilizado en la T.M de Fuencaliente (La Gomera, Santa Cruz de Tenerife).

Este aerogenerador en la localización de nuestro parque, a 50 metros de altura nos da los siguientes valores potenciales.

Coordenadas	Cte. Weibull	De	Velocidad media (50 m)	Energía anual estimada	Potencia anual	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,6605		6,5	1.624.967,9 kWh	185,499 kW	1.805,5 h

Tabla 2: Valores obtenidos para el aerogenerador Enercon E44. Fuente: ITC

Recordamos que un año natural cuenta con 365 días, compuestas por 24 horas cada uno, lo que nos da unas 8760 horas anuales. Si dividimos las horas que nos proporciona nuestro E44, entre el total de horas al año, tenemos que este tipo de turbina eólica nos da un factor de utilización del 20,6%.

1.7.1.2. Enercon E48/800

El aerogenerador Enercon E48 es una turbina eólica que posee una potencia nominal de 800 kW. La velocidad nominal de viento es de 12 m/s, mientras que las de corte son 28 m/s de mínima y 34 m/s de máxima, con control de tormenta. Con una velocidad de viento de supervivencia de 59,5 m/s, es apta para vientos de clase IEC/IIa y zona de vientos DIBt/III.

El rotor cuenta con tres aspas y 48 metros de diámetro, junto a un área de barrido de 1809,6 m². Funciona a una velocidad rotacional mínima de 16 rpm y máxima de 31,5 rpm, además de una velocidad periférica de 78 m/s. Este elemento funciona a sotavento con control activo de campo, girando en el sentido de las agujas del reloj. Es de tipo AERO E-48, compuesto por un material denominado GRP (resina epóxica). La densidad de potencia se puede plantear de las siguientes dos maneras:

- 442.1 W/m²
- 2.3 m²/kW

Este aerogenerador tampoco posee caja de cambio, ya que funciona por manejo directo.

El generador es síncrono y posee una velocidad máxima de 31 rpm, con un voltaje de 690 V, y un rodamiento de rodillos cónicos gemelos. La conexión de red se alimenta por un inversor a 50 Hz de frecuencia. El sistema de frenado está basado, al igual que en el E44, en 3 sistemas de control de campo independientes con un suministro de potencia. El rotor cuenta con un freno y bloqueo. El sistema de guiñada está compuesto por un engranaje activo y una amortiguación dependiente a la carga.

La torre tiene varias alturas de buje, que son 50/55/60/65/76 m, compuesto por un tubo de acero, o por un híbrido, con forma cónica y resistencia a la corrosión vía pintura⁶.

Curva de potencia:

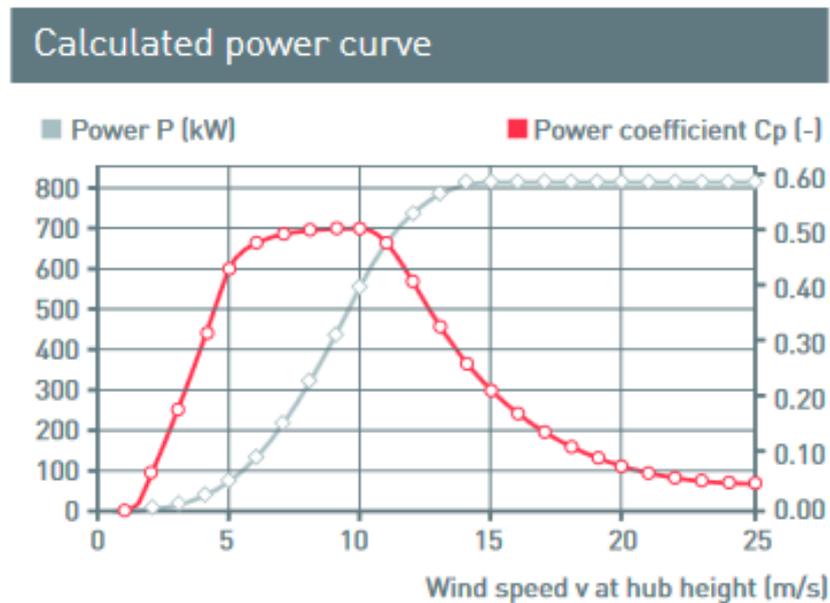


Ilustración 2 :Curva de potencia para el aerogenerador Enercon E48

El potencial aproximado que obtenemos con este aerogenerador es de:

Coordenadas	Cte. Weibull	De	Velocidad media (50 m)	Energía anual estimada	Potencia anual	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,6605		6,5	1.898.869 kWh	2.156,766 kW	2.373 h

Tabla 3: Valores obtenidos para el aerogenerador Enercon 48

Teniendo en cuenta que contamos con 8760 horas al año, el E48 nos proporciona un factor de utilización de 24,6%.

1.7.1.3. Enercon E70/2300

La torreta Enercon E70 es un aerogenerador dotado con una potencia nominal de 2.300 kW. Con unas velocidades de corte de 28 m/s de mínima y 34 m/s de máxima, junto al control contra tormentas, posee una velocidad nominal de viento de 15 m/s. Este modelo es apto para zonas de viento de tipo DIBt/III y clases tipo IEC/Ia.

El rotor cuenta con 3 palas, que giren en sentido de las agujas del reloj a sotavento, con control activo de campo, y 71 metros de diámetro, ocupando un área de barrido de 3959 m². El control de campo está formado por la tecnología ENERCON single blade pitch system, compuesto por un sistema de campo independiente por cada pala del rotor con un suministro de emergencia asignado. La velocidad máxima del rotor es de 21 rpm, siendo la mínima de 6 rpm, y una periférica de 78 m/s. Está compuesto por un material denominado GRP (resina epóxica) y su densidad de potencia se puede medir de dos formas:

- 581.0 W/m²
- 1.7 m²/kW

Su único generador es síncrono y llega a una velocidad máxima de 21 rpm, con un voltaje de salida de 690 V . La conexión a red se alimenta por un inversor a 50 Hz de frecuencia. No posee caja de cambios. Sus rodamientos son de doble fila cónica o rodamientos de rodillo cilíndricos. El sistema de frenado está formado por tres sistemas independientes de control de campo con suministro de potencia de emergencia. Además, el rotor tiene bloqueo y freno. La guiñada se resume en un engranaje activo, con amortiguación dependiente a la carga⁷.

Con una **curva de potencia** de:

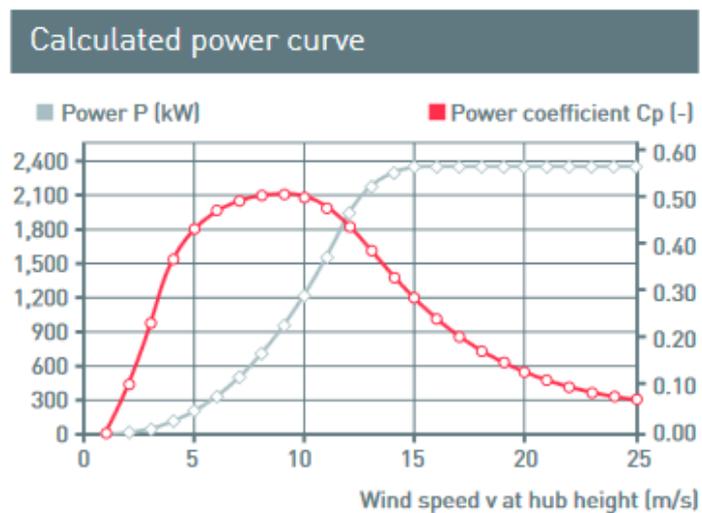


Ilustración 3: Curva de potencia para Enercon E70

Aun así, haremos una evaluación de potencial (a 60 metros), para nuestro proyecto:

Coordenadas	Cte. Weibull	De	Velocidad media (60 m)	Energía anual estimada	Potencia anual	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,629		6,8	4.718.586,4 kWh	538,65 kW	2.051,6 h

Tabla 4: Valores obtenidos para aerogenerador Enercon E70

Al tener el año 8.760 horas, el E70 nos otorga un factor de utilización del 6,15%.

1.7.1.4. Condiciones climáticas

Los tres modelos planteados para el estudio tienen protección a la corrosión mediante la pintura que se coloca en la superficie de la estructura.

1.7.1.5. Distancia entre aerogeneradores

Se establece una distancia entre turbinas de 80 metros, dada su área de barrido.

1.7.2. Parámetros de diseño

1.7.2.1. Condiciones de viento

Las condiciones de viento vienen dadas por la distribución de Weibull. Con ella obtenemos nuestras curvas de potencia.

Para iniciar nuestro estudio para la construcción del parque en Tuineje debemos hacer un estudio modelo simulación del recurso eólico en la superficie sobre la que vamos a diseñar. Para ello tenemos tres herramientas:

- La primera es el Instituto Nacional de Meteorología (AEMET), que nos facilita en su base de datos los valores recogidos con el paso de los días en el municipio que deseemos. Como ejemplo tenemos la semana del 7 de noviembre de 2017. Para ello hemos seleccionado el municipio de Tuineje, ubicación natural de nuestro parque, con las siguientes coordenadas (guiadas por el programa web):

- Latitud: 28° 19' 26" NORTE
- Longitud: 14° 2' 51" OESTE



Ilustración 4: Gráfico eólico de la semana del 07/11/2017

En la imagen podemos observar los datos de cada día en kilómetros hora, así como la dirección del viento (en sentido inverso). Por ejemplo, para el martes 7 de noviembre de 2017, hemos encontrado un viento de 30 km/h orientado hacia el noreste.

El problema que nos surge con este sistema es la ubicación de la estación perteneciente al municipio. Este está situado en Puerto Gran Tarajal, a 13,05 km, pero con una altitud de 1 metro, por lo que los datos no resultan del todo válidos.

- La segunda manera de valorar los vientos que surgen en la zona es el recurso del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), que nos ofrece de forma fidedigna los valores eólicos en cada punto de las siete islas, además de darnoslo de diferentes formas (a 40 metros de altitud, a a 60, a 80, y a las tres distribuciones de la función densidad de probabilidad de Weibull). El sistema utilizado recoge los datos previos en una serie de coordenadas elegidas.



Fuerteventura y Lanzarote. TOMO 9 de 18.
Recurso Eólico de Canarias.

X	Y	V. Viento 40	Weibk 40	V. Viento 60	Weibk 60	V. Viento 80	Weibk 80	¹ Dirección Predominante
600350	3126750	7,240	2,557	7,700	2,482	8,040	2,484	NE
600350	3126650	6,950	2,556	7,460	2,481	7,850	2,483	NE
600350	3126550	6,410	2,556	7,030	2,480	7,510	2,483	NE
600350	3126450	6,030	2,555	6,690	2,479	7,210	2,482	NE
600350	3126350	5,910	2,555	6,570	2,478	7,090	2,481	NE
600350	3126250	5,940	2,554	6,570	2,477	7,060	2,481	NE
600350	3126150	5,940	2,554	6,550	2,477	7,030	2,480	NE
600350	3126050	5,870	2,553	6,490	2,476	6,980	2,480	NE
600350	3125950	5,830	2,553	6,450	2,476	6,930	2,479	NE
600350	3125850	5,780	2,553	6,400	2,475	6,890	2,479	NE
600350	3125750	5,720	2,552	6,340	2,475	6,830	2,479	NE
600350	3125650	5,660	2,552	6,290	2,475	6,780	2,479	NE
600350	3125550	5,620	2,552	6,260	2,475	6,750	2,478	NE
600350	3125450	5,610	2,552	6,240	2,474	6,740	2,478	NE
600350	3125350	5,610	2,552	6,240	2,474	6,740	2,478	NE
600350	3125250	5,650	2,550	6,280	2,473	6,770	2,477	NE
600350	3125150	5,680	2,550	6,300	2,473	6,780	2,477	NE
600350	3125050	5,550	2,550	6,190	2,473	6,700	2,477	NE
600350	3124950	5,370	2,550	6,050	2,473	6,600	2,477	NE
600350	3124850	5,380	2,550	6,080	2,473	6,640	2,477	NE
600350	3124750	5,620	2,550	6,320	2,473	6,880	2,476	NE
600350	3124650	6,160	2,549	6,830	2,473	7,340	2,476	NE
600350	3124550	6,990	2,549	7,520	2,473	7,920	2,476	NE
600350	3124450	7,720	2,549	8,100	2,473	8,380	2,476	NE

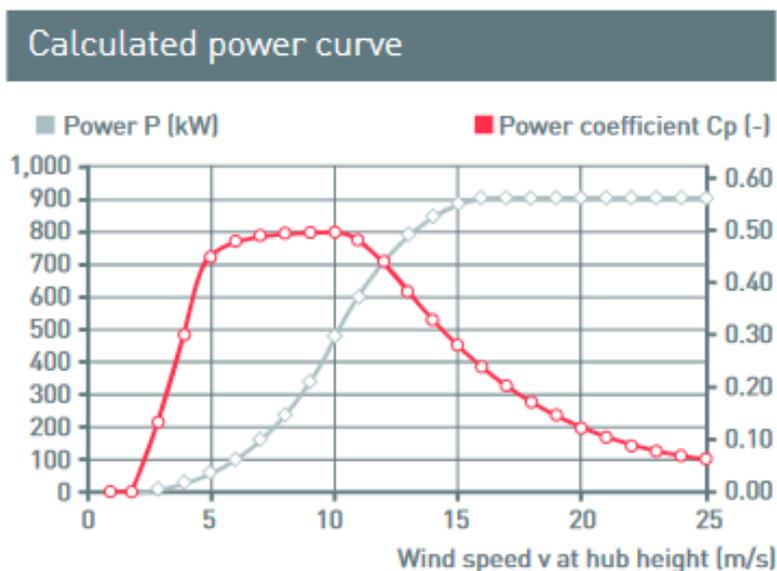
Ilustración 5: Tabla de vientos de la zona de Tuineje por el Instituto Tecnológico de Canarias

Es un método bastante asequible para nuestras pretensiones, ya que poseemos un área de gran tamaño, pero creemos que tiene mayor validez el tercer y último sistema de medida.

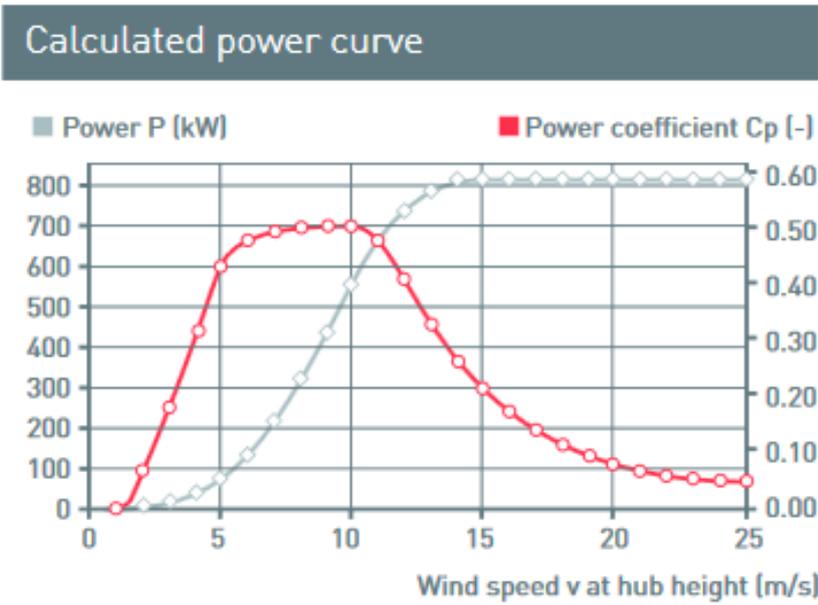
- El visor GRAFCAN es una herramienta creada por el Gobierno de Canarias, concretamente la Infraestructura de Datos Espaciales, con el que podemos observar el terreno de las islas y corroborar diferentes secciones de este, tal y como puede ser el mapa topográfico, urbano o callejero, así como la posibilidad de verlo en alta resolución, medir distancias, etc.

La importancia para nuestro proyecto recae en la capacidad de poder saber los valores del viento medio en cada punto que queramos. Así, seleccionamos varios puntos de la superficie elegida, y hacemos una media aritmética.

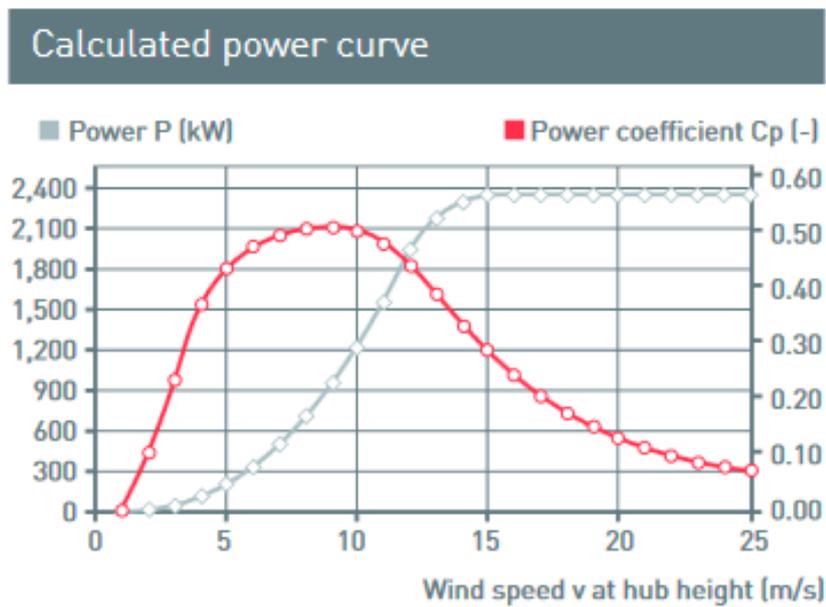
Las curvas de potencia dadas por la distribución de Weibull nos las otorga directamente el fabricante (Enercon) en las fichas de datos de cada uno. Así:



Gráfica 1: Curva de potencia para Enercon E44. Fuente: Enercon.



Gráfica 2: Curva de potencia para Enercon E48. Fuente: Enercon.



Gráfica 3: Curva de potencia para Enercon E70. Fuente: Enercon.

1.7.2.1.1. Datos obtenidos en el estudio

Teniendo en cuenta que la posición elegida para nuestro parque es la siguiente:

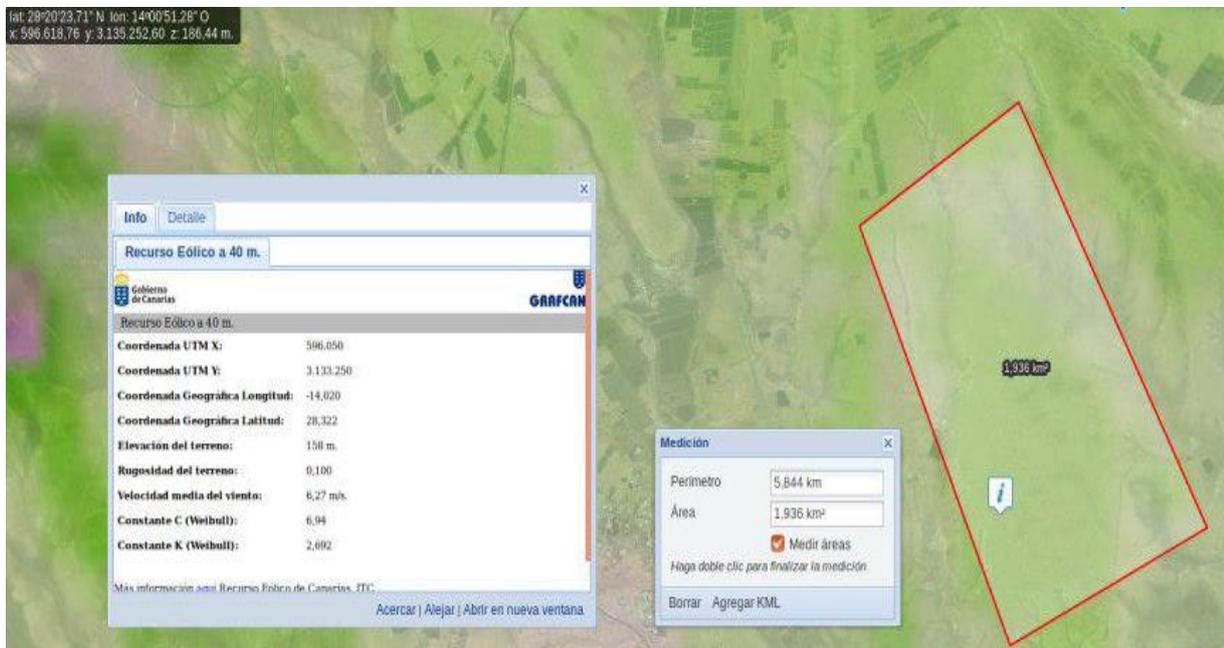


Ilustración 6: Localización de nuestro Parque Eólico (Tuineje)

Escogeremos diez puntos situados en el área descrita a una altura de 40 metros:

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Velocidad
Primero	596050	3133250	6,27 m/s
Segundo	596050	3133650	6,13 m/s
Tercero	595550	3134450	6,06 m/s
Cuarto	596150	3134150	6,01 m/s
Quinto	596450	3133050	6,19 m/s
Sexto	596350	3133750	6,13 m/s
Séptimo	596250	3133450	6,08 m/s
Octavo	595950	3134150	6,15 m/s
Noveno	596050	3133950	6,27 m/s
Décimo	596450	3133450	6,07 m/s

Tabla 5: Puntos aleatorios de la zona de instalación del parque (40 metros). Fuente: propia.

El valor medio que hemos obtenido es:

$$\begin{aligned} \bar{v} (1) &= \frac{6,27 + 6,13 + 6,06 + 6,01 + 6,19 + 6,13 + 6,08 + 6,15 + 6,27 + 6,07}{10} \\ &= 6,136 \frac{m}{s} \cong 6,14 \frac{m}{s} \text{ (moderado)} \end{aligned}$$

Procederemos también a hacer una media aritmética del potencial eólico, pero esta vez a un nivel de 60 metros, utilizando la misma herramienta. Esto lo vamos a realizar debido a que las torretas eólicas se encuentran a una altura (por norma general) entre los 40 y los 60 metros de altura.

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Velocidad
Primero	595550	3134350	6,62 m/s
Segundo	595350	3134250	6,60m/s
Tercero	595750	3134250	6,62 m/s
Cuarto	595850	3133850	6,69 m/s
Quinto	596250	3133950	6,67 m/s
Sexto	596250	3133650	6,68 m/s
Séptimo	596150	3133150	6,77 m/s
Octavo	596450	3133350	6,64 m/s
Noveno	596050	3133050	6,73 m/s
Décimo	596350	3133050	6,72 m/s

Tabla 6: Puntos aleatorios para la instalación del parque (60 metros). Fuente: propia

$$\begin{aligned} \bar{v} (2) &= \frac{6,62 + 6,60 + 6,62 + 6,69 + 6,67 + 6,68 + 6,77 + 6,64 + 6,73 + 6,72}{10} = 6,674 \frac{m}{s} \\ &\cong 6,68 \frac{m}{s} \text{ (moderado)} \end{aligned}$$

En un supuesto ficticio donde contamos con el mismo número de torretas a un nivel de 40 metros y a 60 metros:

$$\bar{v}(3) = \frac{6,136 + 6,674}{2} = 6,405 \frac{m}{s} \cong 6,41 \frac{m}{s} \text{ (moderado)}$$

La normativa⁸ nos expone que, para tener un potencial eólico de nivel alto, el valor medio de la velocidad del viento debe ser mayor a 5,5 m/s, ya que hablamos del valor modal de nuestra distribución de Weibull. Por tanto, cumplimos con tal reglamento, y podemos proceder con el proyecto.

1.7.2.2. Verificaciones de las condiciones de viento

Gracias a la web *tiempo.com* podemos obtener los datos mensuales de la estación meteorológica del Aeropuerto de Fuerteventura, que es la segunda más cercana a Tuineje, ya que las estaciones propias de dicho municipio y del más próximo, que es el de Antigua, no son funcionales desde 2012, por lo que de cara a una previsión futura es inservible. El punto considerado para obtención de datos se encuentra en las coordenadas siguientes:

Latitud: 28,44782

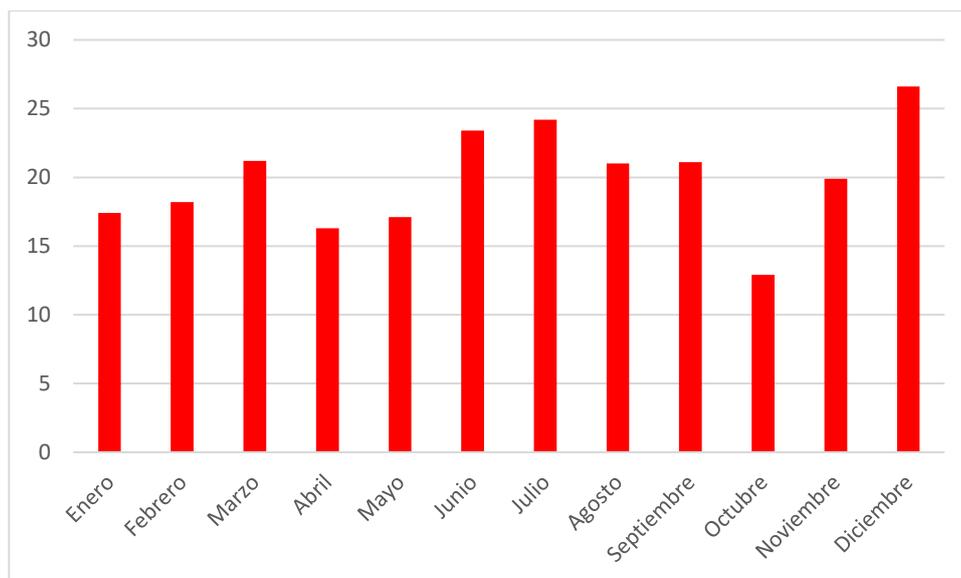
Longitud: -13,8648

Para el año 2017 tenemos los siguientes datos:

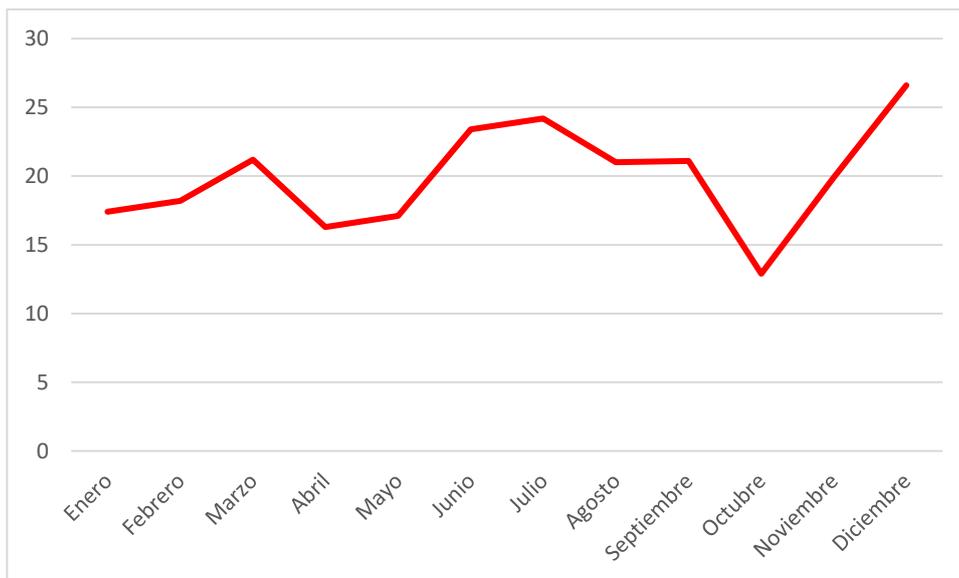
Mes	Velocidad media	Racha máxima
Enero	17,4 km/h	57,4 km/h
Febrero	18,2 km/h	90,7 km/h
Marzo	21,2 km/h	57,4 km/h
Abril	16,3 km/h	63 km/h
Mayo	17,1 km/h	55,6 km/h
Junio	23,4 km/h	61,1 km/h
Julio	24,2 km/h	55,6 km/h
Agosto	21 km/h	57,4 km/h
Septiembre	21,1 km/h	61,1 km/h
Octubre	12,9 km/h	50 km/h
Noviembre	19,9 km/h	42,6 km/h
Diciembre	26,6 km/h	58,52 km/h

Tabla 7: Velocidades medias y rachas máximas de los meses del año 2017. Fuente: tiempo.com

Con estos valores podemos obtener una gráfica que relacione el tiempo con la velocidad media eólica en este punto.

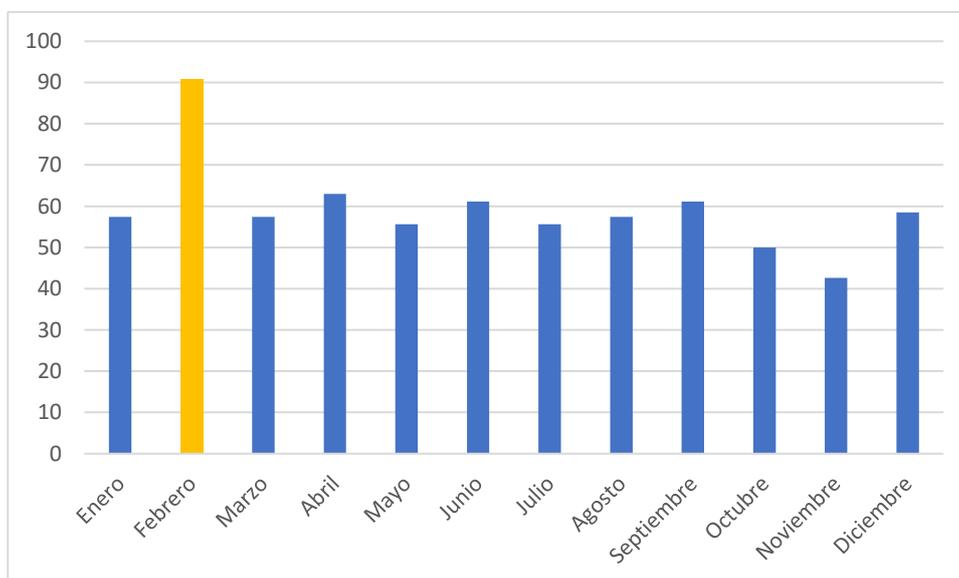


Gráfica 4: Velocidad media por mensualidad (1)



Gráfica 5: Velocidad media por mensualidad (2)

Además, relacionamos las rachas máximas en función del mes que nos ocupa:



Gráfica 6: Racha máxima por mensualidad

Por otra parte, dibujamos la orientación de los vientos mensualmente mediante una rosa de vientos, otorgada por la web *windfinder*⁹:

Distribución de la dirección del viento en (%)

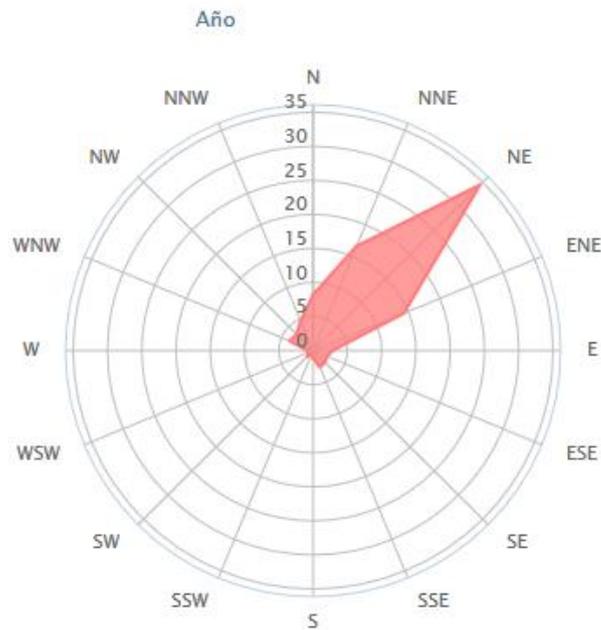


Ilustración 7: Rosa de los vientos en Aeropuerto de Fuerteventura

1.7.3. Equipamiento de alta tensión

1.7.3.1. Celda de media tensión

Para la protección del transformador BT/MT de nuestra instalación y la conexión a los cables de red de MT, se decide utilizar celdas modulares con las características habituales que se corresponden con un proyecto de este calibre.

Tipo	Aparamenta aislada SF6
Servicio	Continuo
Instalación	Interior
Nº de fases	3
Nº embarrados	1
Tensión nominal asignada	24 kV
Tensión del servicio	20 kV
Frecuencia nominal	50 Hz
Intensidad nominal	
Función de protección (P)	200 A
Función de conexión a red (L)	400 A
Nivel de aislamiento	
Sobre distancia de Seccionamiento (frecuencia industrial / tipo rayo)	60 kV / 145 kV
A tierra, entre polos y entre bornas (frecuencia industrial / tipo rayo)	50 kV / 125 kV
Intensidad de cortocircuito	
Admisible de corta duración (1 s)	16 kA
Nominal cresta	40 kA
Voltaje	24 kV
Medidas	
Dimensiones Aproximadas	1200 x 800 x 2090 (alto) mm ³

Tabla 8: Valores de nuestra celda de tensión, equivalente a los habituales. Fuente: GobCan

1.7.3.2. Transformador

El transformador de BT/MT será de tipo seco y aislado con materiales autoextinguibles. Las características mínimas que indicar se muestran en la siguiente tabla, que se trata de un transformador de 2.500 kVA, específico para nuestro modelo de aerogenerador Enercon E70/2300.

Tipo	Trifásico, seco encapsulado	
Relación	20 kV / 690 V	
Potencia nominal	2500 kVA	
Frecuencia	50 Hz	
Grupo de conexión	Dyn11n11	
Tensión de cortocircuito	<=6%	
Clase de aislamiento	F	
Nivel de aislamiento del primario	Frecuencia Industrial	24 kV
	Impulso tipo rayo	125 kV
Nivel de aislamiento del secundario	Frecuencia Industrial	3 kV
Dimensiones Aproximadas	860 x 1720 x 1660 (alto) mm3	
Peso Aproximado	2900-3000 kg	
Norma UNE	UNE 21538	

Tabla 9: Características mínimas a indicar para el transformador de BT/MT. Fuente: GobCan

Para protección contra contactos directos, el transformador irá protegido con una malla metálica.

1.7.4. Mantenimiento de aerogeneradores

1.7.4.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo constará de la recuperación de los posibles fallos o desgastes de la instalación, tales como fallos de maquinaria, errores eléctricos, etc. Los encargados de realizar estas labores serán técnicos contratados exclusivamente para dichos trabajos, o por el contrario, los correspondientes al mantenimiento preventivo de los dispositivos.

1.7.4.2. Mantenimiento preventivo

Son inspecciones programadas de mantenimiento. Se contratará a un personal autorizado que lleve los controles periódicos y conozca las instalaciones de primera mano.

El mantenimiento preventivo cuenta con las siguientes inspecciones:

- Detección de fisuras y control de tornillos del buje.
- Inspección visual de las palas.
- Chequeo y lubricación de los elementos del eje transversal, la biela, el cilindro del pitch, el eje principal, el sistema de amortiguación, la reductora, los frenos, el generador, el motor de orientación y el sistema de rodamiento de orientación.
- Revisión de niveles y cambio del filtro de alta presión del sistema hidráulico.
- Control de material y chequeo de tornillos y soldaduras de la góndola y de la corona.
- Revisión general de la carcasa.
- Chequeo de tornillos y revisión general de la torre tubular.
- Creación de un almacén para los consumibles principales (aceites, grasas, filtros, juntas, fusibles...)

1.7.5. Edificio de mando del parque

1.7.5.1. Introducción

Todo parque eólico necesita de una serie de instalaciones o servicios adicionales a las torretas. Para ello, se necesita disponer de unas protecciones del conjunto del parque, además de unos equipos de medición en bornes de dichas protecciones. Para realizar el telecontrol del aerogenerador, será necesaria la disponibilidad de un ordenador con el respectivo software capacitado para tal labor. Este programa podrá manejar nuestro aerogenerador por vía telefónica o vía satélite.

Es por ello por lo que se precisa de la construcción de un edificio de tamaño pequeño, capaz de albergar los dispositivos de telecontrol y la aparamenta eléctrica. Se creará también un pequeño almacén justo al lado de este edificio para albergar los consumibles y material de reparación.

1.7.5.2. Descripción general

El edificio de control tendrá una superficie de 40 metros cuadrados (dimensiones de 4x10), construidos con hormigón.

El almacén, por su parte, contará con 50 metros cuadrados (dimensiones de 5x10), y su estructura, al igual que el centro de control, será de hormigón.

El centro de transformación tendrá un área de 30 metros cuadrados (dimensiones de 5x6), con estructura de hormigón.

1.7.5.3. Estancia de aparamenta eléctrica

Previo paso a la red eléctrica, la energía generada tendrá que ser transformada en el centro de transformación que situaremos al noreste de nuestra parcela, tal y como se describe en el plano 3.2, donde se situarán el cuadro general de baja tensión, los transformadores, la caja de seccionamiento y la celda de protección de gas SF6. Esta infraestructura tendrá una superficie de 30 metros (dimensiones de 5x6).

1.7.5.4. Estancia del ordenador de control

En nuestro edificio de control se precisará de un escritorio de cierta dimensión, donde se albergará el ordenador con el software predeterminado, un teléfono y los periféricos correspondientes para el funcionamiento preciso del sistema.

1.7.5.5. Almacén

Se propone la creación de un almacén cercano al edificio de control con el fin de guardar todo tipo de consumibles y aparatos de reparación de las instalaciones correspondientes. Hablamos de un espacio de 50 metros cuadrados donde almacenar, en estanterías metálicas, aceites, fusibles, guantes, cascos, arnés, filtros, y demás elementos para evitar extravíos y reunir todos los útiles necesarios en un mismo espacio. Este recinto se ve reflejado en el plano correspondiente (3.2).

1.7.5.6. Justificación de las medidas contraincendios de la unidad edificatoria.

Tanto para el almacén, como para el edificio de control, se precisa únicamente de extintores como medida de protección contra incendios, debido a la altura y dimensiones de ambas infraestructuras.

La diferencia radica en que, para el almacén, utilizaremos extintores tipo ABC para clase de fuego B y eficacia 113B, mientras que, para el edificio de control, al tratarse de sistemas eléctricos, deberemos usar extintores con CO₂, para la misma clase de fuego y eficacia. Las razones de esto se encuentran en los cálculos correspondientes (2.3).

1.7.5.7. Justificación del cumplimiento de las instalaciones eléctricas interiores de baja tensión

Las instalaciones eléctricas interiores de baja tensión se diseñarán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), que se mantenga vigente. Todos estos están justificados en nuestra memoria de cálculo (apartado 2.2).

En el edificio de control y en el almacén se dispondrá de las suficientes tomas de corriente, iluminación y alumbrado de emergencia. Para el sistema informático se suministrará una pequeña UPS.

1.7.5.8. Otras infraestructuras del edificio de control

En nuestras diferentes instalaciones se deberá contar con los siguientes elementos para el correcto funcionamiento y trabajo de los operarios:

- Infraestructuras de comunicaciones
- Saneamiento
- Pluviales
- Aire acondicionado

1.7.6. Caminos internos y plataformas de montaje de los aerogeneradores

1.7.6.1. Trazado de caminos

Se habilitarán unos viales de acceso a nuestro terreno, debido a la ausencia de estos. Creemos necesaria la construcción de un único camino que recorra desde sur a norte por la cara oeste del parque, tal y como se visualiza en los planos de distribución de la parcela, así como los planos de situación (3.1.2, 3.2).

Se decide el uso de una única vía para reducir el impacto visual de la obra, y la alteración del terreno, de manera que se pueda integrar nuestro proyecto, con el paisaje natural. Además, la anchura del camino estará adaptada al espacio que ocupan las grúas (5,5 metros aproximadamente), para agilizar el proceso de construcción, acondicionamiento y transporte.

1.8. Evaluación del potencial eléctrico del parque eólico

El presente documento tiene como objetivo definir el potencial eléctrico de nuestro parque, así como plantear el uso de la energía generada con nuestras torretas.

El emplazamiento elegido tiene como localización el NE de la isla de Fuerteventura, al este de las Islas Canarias, en el Término Municipal de Tuineje, al oeste de la capital, Puerto del Rosario, provincia de Las Palmas de Gran Canaria.

Se plantea de forma teórica, el potencial eléctrico que puede generar un aerogenerador, destacando la fórmula que lo describe y los elementos que la componen.

Se decide, además, realizar los cálculos experimentales en base a los datos de torretas eólicas de la marca Enercon, ya que hablamos de una empresa líder, presente en muchos de los parques que se encuentran en funcionamiento en todo el mundo, y lo que es de mayor importancia, en Canarias. Además, es de las pocas compañías con varios aerogeneradores disponibles para su uso comercial, ya que muchas de las otras, o han quebrado, o sus productos han quedado obsoletos.

1.8.1. Descripción del emplazamiento

La ubicación del nuestro proyecto se encuentra situado en el oeste de la Provincia de Las Palmas de Gran Canaria, en el T.M. de Tuineje, Fuerteventura.

El terreno al que nos enfrentamos está caracterizado por su baja altitud. Tanto es así que disponemos nuestro parque eólico a una altura de 163,45 metros.

1.8.2. Cálculo del potencial del parque

1.8.2.1. Potencial eléctrico teórico de un aerogenerador

El potencial eólico de una turbina se rige por las leyes de potencia eléctrica.

Debemos evaluar la energía cinética que atraviesa al aire en un aerogenerador, así como su masa (por unidad de tiempo). Con esto llegamos a:

$$Potencia = \frac{Trabajo}{t} = \frac{Energía_{cinética}}{t} = \frac{\frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2}{t}$$

Como la masa de aire que atraviesa el área A en un tiempo t es:

$$m = \rho \cdot A \cdot d$$

$$d = V \cdot t$$

Donde:

- $m \equiv$ masa del aire.
- $A \equiv$ área total.
- $d = V \cdot t$.
- $V \equiv$ velocidad del viento.
- $t \equiv$ tiempo.
- $\rho \equiv$ densidad del aire.

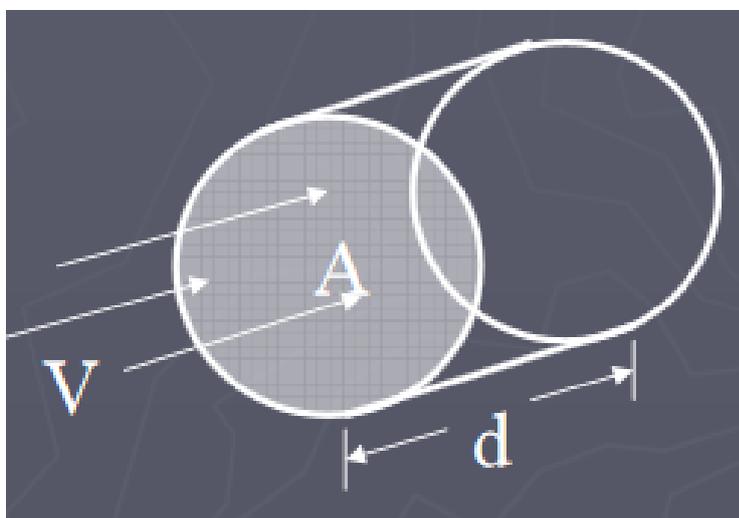


Ilustración 8: Explicación gráfica de la potencia para el aerogenerador

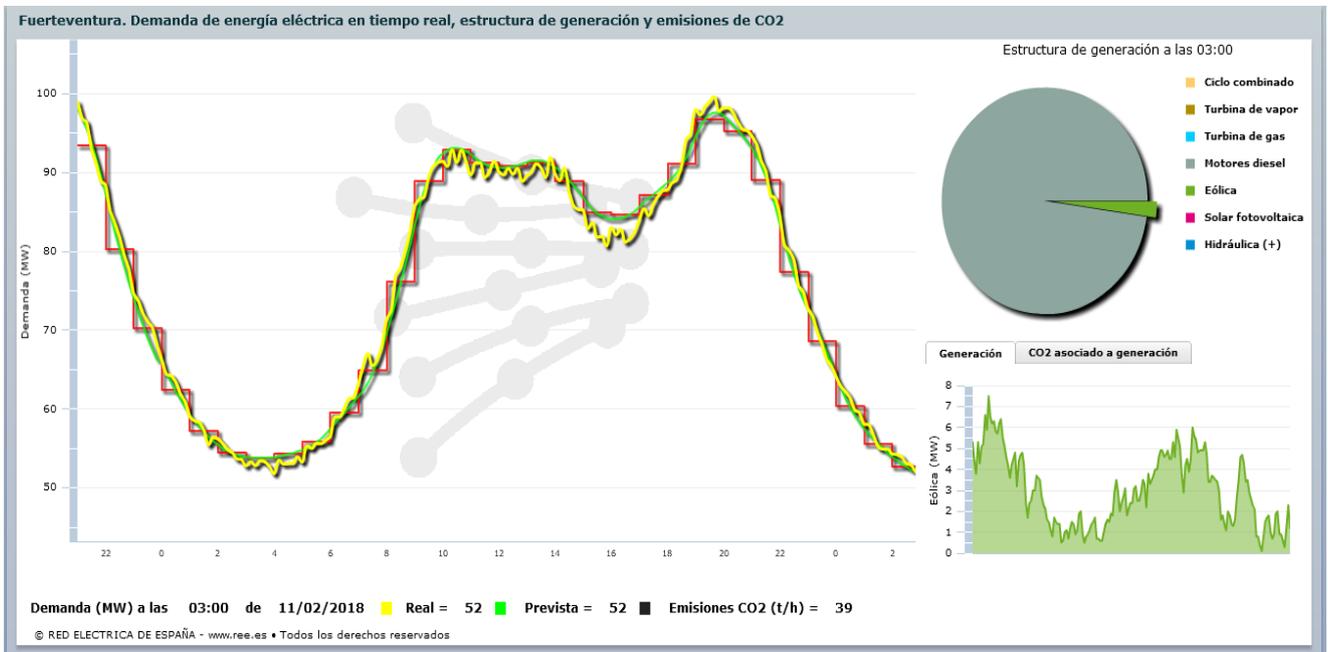
Por tanto:

$$Potencia = \frac{\frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot A \cdot d) \cdot V^2}{t} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

1.8.2.2. Objetivos

Se propondrán diferentes usos para la energía almacenada.

Utilizaremos la producción de energía en tiempo real que nos proporciona la base de datos de la Red Eléctrica de España (REE)¹⁰.



Gráfica 7: Datos de consumo regional en un día real

Estas son las curvas en tiempo real de la demanda de energía eléctrica, estructura de generación y emisiones de CO₂ para la isla de Fuerteventura. Tal y como podemos observar en nuestra leyenda, la línea amarilla crea el consumo real en cada instante de tiempo; el color verde nos proporciona una previsión de lo que se va a necesitar, corrigiéndolo mediante una serie de factores tales como la laboralidad, climatología y actividad económica.

A la derecha podemos observar la generación de energía eólica durante el día 11 de febrero de 2018, donde alcanza unos picos de 7,5 MW y unos mínimos de 0,5 MW. Al final tenemos una media de 2,3 MW, que al terminar el día nos proporciona un 2,3% de toda la energía generada en la isla.

1.8.2.2.1. Autoconsumo

Para el estudio de autoconsumo se accede a los datos del pueblo que nos da el Ayuntamiento de Tuineje en su web oficial. Se hará un caso ficticio en base a los valores reales de población del territorio.

Según datos oficiales¹¹, el municipio tiene 2568 de habitantes, divididos en las siguientes franjas de género:

TOTAL HOMBRES MUJERES

TOTAL MUNICIPIO	2568	1226	1340
--------------------	------	------	------

Tabla 10: Población de la isla dividida por rango de edad

Suponiendo que tenemos unos tres habitantes por vivienda, nos queda que existen 856 casas funcionales en el municipio de Tuineje. Debido a las nuevas tecnologías y al desarrollo de la sociedad actual, se establece un total de 5.500 kWh de media de consumo energético por hogar.

Analizaremos la capacidad que nos otorga nuestro parque eólico en función de los aerogeneradores que utilizaremos.

La turbina eólica E44 nos proporciona una producción anual de 1.624.967,9 kWh. A 5.500 kWh por vivienda, podemos suministrar energía 295 hogares (34,45%). Utilizando 3 aerogeneradores de este modelo, que conformarían nuestro parque, nos daría el rango total de viviendas en la zona.

Para el modelo E48, que nos otorga 1.898.869 kWh, nos puede ocupar el 40,33%, es decir, un total de 345 viviendas. Utilizando 3 ejemplares ocupamos la totalidad del municipio.

Por último, para el E70 de 2.300 kW de potencia nominal, con una producción anual de 4.718.586,4 kWh, nos da suministro para **todo el pueblo** a lo largo del año.

Además, tenemos otros posibles usos relacionados con el autoconsumo. Tenemos varias posibles alternativas tales como:

- Sociedad Agrícola Transformadora.
- Recarga de vehículos eléctricos.

1.8.2.2.2. Agricultura y ganadería

La agricultura en España representa el 3% del consumo eléctrico total¹². Endesa nos proporciona los siguientes datos por islas acerca del gasto anual de energía:

CONSUMO NETO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ISLAS. 2007-2016 (MWh)

	VARIACIÓN INTERANUAL																
	2007	...	2012	2013	2014	2015	2016	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	07-16
GRAN CANARIA	3.441.382	...	3.287.119	3.186.601	3.156.629	3.175.987	3.212.576	0,8	-1,1	-3,6	-0,1	-0,6	-3,1	-0,9	0,6	1,2	-6,6
TENERIFE	3.328.222	...	3.241.699	3.116.620	3.065.566	3.109.492	3.171.356	0,7	-0,3	-3,2	-1,3	1,5	-3,9	-1,6	1,4	2,0	-4,7
LA PALMA	240.423	...	240.788	225.726	225.879	235.976	237.529	5,4	-4,9	-4,3	2,5	1,8	-6,3	0,1	4,5	0,7	-1,2
LA GOMERA	61.939	...	65.523	62.675	61.460	63.450	65.475	12,6	-10,7	-1,9	6,6	0,5	-4,3	-1,9	3,2	3,2	5,7
EL HIERRO	36.689	...	40.600	42.150	39.913	40.352	42.001	12,1	-8,2	-5,1	7,7	5,1	3,8	-5,3	1,1	4,1	14,5
FUERTEVENTURA	626.642	...	600.431	581.118	592.001	604.353	630.777	1,7	-8,1	-0,2	3,1	-0,3	-3,2	1,9	2,1	4,4	0,7
LANZAROTE	810.414	...	789.100	776.678	788.878	799.448	802.215	2,8	-6,0	-0,9	1,5	0,1	-1,6	1,6	1,3	0,3	-1,0
TOTAL	8.545.711	...	8.265.261	7.991.568	7.930.326	8.029.058	8.161.928	1,3	-2,0	-2,9	0,0	0,4	-3,3	-0,8	1,2	1,7	-4,5

Fuente: ENDESA; Elaboración: Confederación Canaria de Empresarios

TABLA 12.2.2

Ilustración 9: Consumo neto de energía eléctrica anual de las islas

Tomamos el último dato anual conocido, que corresponde al de 2016. El consumo de este año fue de 630.777 MWh. El 3% de este valor es de 18.923.31 MWh = 18.923.310 kWh. Para darle un rango mayor a nuestro estudio alargaremos este porcentaje a un 10% (63.077.700 kWh) y estableceremos la cantidad que podremos ocupar.

Para un 3% del consumo general, hablamos de que un aerogenerador del modelo E48 proporcionaría un 10.03% de lo que necesita la agricultura en la zona. Utilizando de 6 a 10 turbinas eólicas podríamos llegar a ocupar desde el 60 al 100% de todo el proceso. Con el E44 cubrimos un 8,59%, por lo que necesitaríamos un total de 12 elementos para cubrir el 100%. Por último, con el E70 tendríamos suministrado el 24,94% de la agricultura en toda la isla. Sólo con 4 unidades podríamos ocupar la necesidad anual agrícola de Fuerteventura.

Para un 10%, el E44 nos proporciona un 2,58% (50 unidades necesarias para el objetivo). El E48 por su parte, nos cubre el 3% (34 aerogeneradores necesarios). Por último, el E70 nos permite suministrar el 7,48% (14 turbinas para cumplir con la agricultura isleña).

Hay momentos donde la existencia de viento se solapa con la ausencia de consumo energético. En estos casos se podría aplicar un segundo uso de la energía generada, almacenándola, por ejemplo, en baterías, o directamente inyectándola a la red.

1.8.2.2.3. Nave industrial

El reglamento electrotécnico de baja tensión nos indica que una nave industrial debe tener 125 W por cada metro cuadrado. Estimaremos una nave industrial de tamaño pequeño/medio para que sea alimentada por el parque eólico.

Estableceremos una potencia de 200 kW y un consumo anual de 209.000 kWh, suficiente para ser suministrado por una turbina eólica durante el año.

Un aerogenerador E48 de 800 kW de potencia nominal nos da una producción anual de 1.898.869 kWh, por lo que nos permitiría alimentar 9 naves industriales como las diseñadas previamente. El Enercon E44, por su parte, podría suministrar 7 naves industriales, y el Enercon E70 podría con 22 de esas características. Nuestro parque eólico podría, por tanto, alimentar un complejo industrial formado por múltiples naves con diferentes potencias de consumo.

1.8.3. Elección final del aerogenerador y justificación

Dada la situación de nuestro parque eólico, así como los valores obtenidos teóricamente y experimentalmente con los aerogeneradores seleccionados, se decide un objetivo de **autoconsumo** para el pueblo de Tuineje, debido al estudio en profundidad que se realiza y el menor uso de hipótesis, donde podremos ocupar entre el 34,45% y el 100% del consumo eléctrico anual del municipio.

La mejor elección sin duda es la de la torreta eólica Enercon E70, que nos aporta un mayor porcentaje de viviendas, con menor número de unidades, para sostener con energías limpias.

Entre la E44 y la E48 se establecen números muy parejos, pero las diferencias aparecen al observar sobre todo la potencia anual, aunque no tanto con la energía anual estimada y las horas anuales equivalentes. Numéricamente se define:

Modelo	Energía anual	Potencia anual	H. anuales equivalentes
E44	1624967,9 kWh	185,499 kW	1.805,5 h
E48	1898869 kWh	2.156,766 kW	2.373 h

Tabla 11: Diferencias entre aerogeneradores Enercon E44 y E48

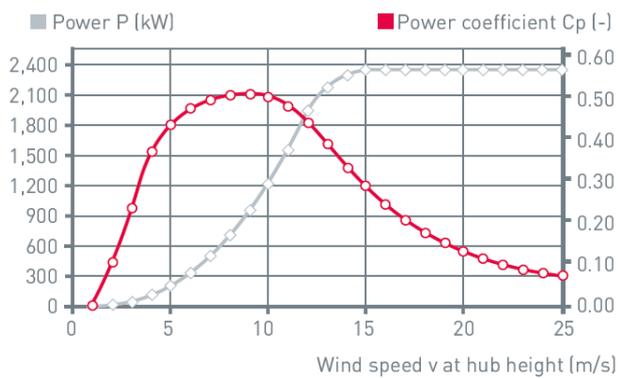
1.9. Hoja de datos del Enercon E70

Tras haber definido la turbina eólica Enercon E70, se dispone a desarrollar los parámetros de nuestro aerogenerador:



Wind (m/s)	Power P (kW)	Power-coefficient Cp (-)
1	0.0	0.00
2	2.0	0.10
3	18.0	0.27
4	56.0	0.36
5	127.0	0.42
6	240.0	0.46
7	400.0	0.48
8	626.0	0.50
9	892.0	0.50
10	1,223.0	0.50
11	1,590.0	0.49
12	1,900.0	0.45
13	2,080.0	0.39
14	2,230.0	0.34
15	2,300.0	0.28
16	2,310.0	0.23
17	2,310.0	0.19
18	2,310.0	0.16
19	2,310.0	0.14
20	2,310.0	0.12
21	2,310.0	0.10
22	2,310.0	0.09
23	2,310.0	0.08
24	2,310.0	0.07
25	2,310.0	0.06

Calculated power curve



Recordamos los datos que obtenemos en la posición de nuestro parque eólico:

Coordenadas	Cte. De Weibull	De Velocidad media (50 m)	Energía anual estimada	Potencia anual	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,629	6,8	4.718.586,4 kWh	538,651 kW	2.051,6 h

Tabla 12: Valores obtenidos para el aerogenerador Enercon E70.

1.10. Resumen de la memoria descriptiva

Como conclusión de nuestra memoria descriptiva, debemos mencionar el potencial que tienen las Islas Canarias para el uso de energías renovables, ya sean energías solares, eólicas o hidráulicas. Las empresas líderes en este sector son el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), y el Instituto Tinerfeño de Energías Renovables (ITER).

En nuestro proyecto trataremos con el estudio de viabilidad y diseño de un parque eólico en la isla de Fuerteventura.

La energía eólica es un tipo de energía obtenida a partir del viento. Esto implica la energía cinética generada por las corrientes de aire, para así convertirlas en formas útiles para las actividades humanas. Hablamos del tipo de energía renovable más sólida y eficiente para la demanda energética, además de poseer un crecimiento progresivo.

En las islas encontramos un total de 56 parques eólicos, de los cuales Gran Canaria cuenta con 32. Nuestro objetivo se centra en la isla de Fuerteventura, donde solamente existen cuatro parques. Es por ello por lo que elegimos este territorio, concretamente el municipio de Tuineje, al este de la isla.

Latitud: 28° 19' 20,77" NORTE

Longitud: 14° 01' 14,82" OESTE

Escogemos este terreno por la amplitud que nos aporta, además de la gran afluencia de vientos en la isla de forma frecuente. La cercanía con un pueblo de tamaño medio como Tuineje es un punto a favor, además de la carencia de carreteras y viviendas que dificulten el diseño de nuestro parque. Nos encontramos con un tipo de suelo llamado Costra Caliza, común en la isla debido a su carácter arenoso, aunque se puede utilizar como cementante.

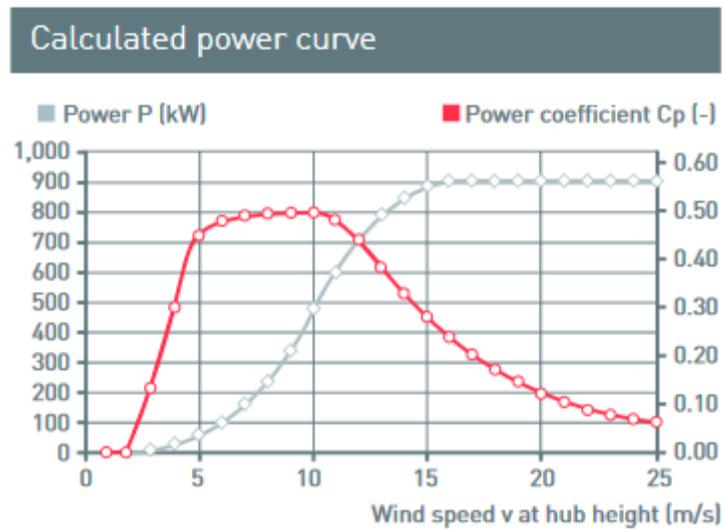
Los reglamentos que se recogen en este proyecto se relacionan directamente con los usos de forma común en los trabajos de energías renovables, autoconsumo, baja tensión y comercio.

Se realiza un estudio técnico del viento donde se concluye que nuestro proyecto se ajusta a la normativa, que nos exige una velocidad media de 5,5 m/s. Se realizan varias pruebas, y se confirma que nuestro parque tendría 6,41 m/s de media mensual. Además, podemos observar cómo diciembre es el mes que mayor promedio tenemos, siendo febrero donde se alcanzó la racha máxima durante el año 2017. La orientación de las corrientes se inclina hacia el noreste de una manera muy clara.



Se explica el concepto teórico de potencial eléctrico de un aerogenerador para proceder a exponer los diferentes valores que obtenemos dependiendo del modelo, siendo todos de la marca Enercon. Estos son tres: el E44, E48 y E70.

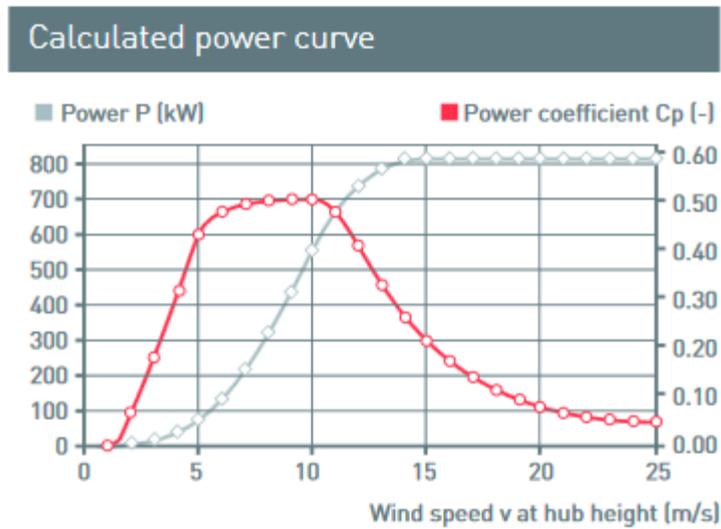
El primero de ellos cuenta con una potencia nominal de 900 kW. Necesita de una velocidad mínima de 3 m/s y una máxima de 25 m/s. Cuenta con una altitud de 44 metros, lo que nos otorga una distancia que se ajusta a lo planeado para este proyecto. Esta es su curva de potencia:



Para la posición en la que nos encontramos tenemos los siguientes resultados:

Coordenadas	Cte. Weibull	De Velocidad media (50 m)	Energía anual estimada	Potencia anual	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,66	6,5	1.624.967,9 kWh	185,5 kW	1.805,5 h

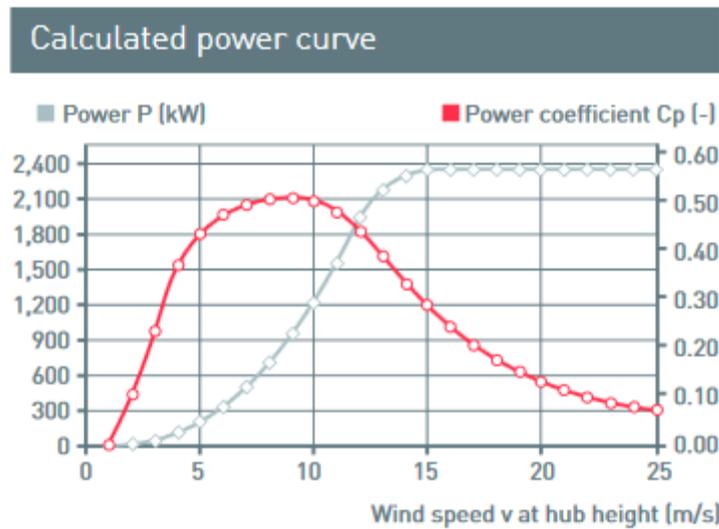
El segundo tipo de aerogenerador es el Enercon E48, que cuenta con 800 kW de potencia nominal, así como una altura mínima de 50, perfecta para el proyecto, y máxima de 76, un poco más alto de lo planeado. Necesita de una velocidad mínima y máxima iguales que la del modelo anterior: 3 y 25 m/s, respectivamente. Su curva de potencia es:



Y los valores obtenidos con esta turbina eólica son:

Coordenadas	Cte. Weibull	De Velocidad media (50 m)	Energía anual estimada	Potencia anual	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,66	6,5	1.898.869 kWh	2.156,77 kW	2373 h

El Enercon E70 es el último de los modelos previstos. Cuenta con 2300 kW nominales, una potencia muy superior a los otros dos ejemplares anteriores. Las alturas mínima y máxima son 57 metros y 113 metros, respectivamente. La velocidad necesaria mínima es de 2 m/s y la máxima de 25 m/s. La curva de potencia que obtenemos con este aerogenerador es:



Los valores resultantes de la utilización del E70/2300 en nuestras coordenadas son:

Coordenadas	Cte. Weibull	De Velocidad media (50 m)	Energía anual estimada kWh	Potencia anual kW	Horas anuales equivalente
596050; 3133250	2,63	6,8	4.718.586,4	538,65	2.051,6 h

Por último, se plantean tres diferentes usos de la energía producida por estos aerogeneradores. Estos son el autoconsumo, la agricultura y la industria. Tras hacer varios estudios se decide que el autoconsumo del pueblo de Tuineje es la mejor opción, y para ello se elige el Enercon E70/2300. Esto se debe a que un solo aerogenerador puede ocupar el 100% del consumo del pueblo a lo largo del año, siendo un porcentaje mayor a los otros dos modelos.

MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Introducción

El documento que nos ocupa tiene como objetivo la descripción gráfica de las afirmaciones dadas en la memoria principal del proyecto, explicando cada paso y analizando matemáticamente los valores de cada elemento. Este archivo está dividido en dos tipos de cálculos. Estos son:

- Cálculos eléctricos, donde se justifica la red interior del parque, el centro de transformación, instalaciones de baja tensión (B.T) del edificio del control y servicios auxiliares.
- Cálculos referidos a la normativa de prevención de incendios, donde evaluaremos el nivel de riesgo de nuestra instalación, medidas de prevención y cálculo de la ventilación del edificio.

2.2. Cálculos eléctricos

2.2.1. Cálculo de la red interna de 20 Kv

2.2.1.1. Introducción

En este apartado nos disponemos a explicar los cálculos relacionados a la red interna, incluyendo las características del cableado. Esto implica la descripción de la sección, intensidades soportadas o material del cable, entre otros.

2.2.1.2. Metodología

Se utilizarán los tres métodos establecidos para el cálculo de sección del cableado:

- Intensidad máxima admisible en servicio permanente.
- Caída de tensión.
- Intensidad máxima admisible en cortocircuito durante un tiempo dado.

2.2.1.3. Intensidad máxima admisible en el servicio permanente

Para los cálculos en baja tensión en servicio permanente, se necesita hallar la intensidad máxima admisible.

Primero de todo, calcularemos la intensidad teórica de funcionamiento de nuestros aerogeneradores, por separado.

La ecuación que define la intensidad admisible de un sistema eléctrico es la siguiente:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi}$$

Tenemos que tener en cuenta que:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

(Valores comunes de intensidad nominal: 6, 10, 16, 25, 40, 63)

Es por tanto que en la tabla correspondiente de la ITC BT-07 debemos buscar un valor de I_z que sea mayor al valor de la intensidad nominal que hemos escogido.

Utilizaremos cableado con estructura de cobre enterrados. Las características de este tipo de elemento son:

- Profundidad de 0,70 metros
- Temperatura del terreno = 25 °C en instalaciones directamente enterradas/ 40°C en instalaciones al aire en galerías ventiladas
- Resistividad térmica media del terreno = 1 km/W

Para nuestro aerogenerador, el Enercon E70/2300, obtenemos los siguientes resultados:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \phi}$$

$$I_B = \frac{2300k}{\sqrt{3} * 690 * 1} = 1.924,5 A$$

Nuestra In deberá tener un valor normalizado de 2500 A, de tal manera que se cumpla el requisito mínimo para las intensidades, mencionado anteriormente.

Procedemos a observar la tabla:

Sección	Instalación directamente enterrada				Instalación al aire en galerías ventiladas			
	Tema de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)		Tema de cables unipolares (1)		Un cable tripolar o tetrapolar (2)	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC
6	72	63	66	56	46	38	44	36
10	96	85	88	75	64	53	61	50
16	125	110	115	97	86	71	82	65
25	160	140	150	125	120	96	110	87
35	190	170	180	150	145	115	135	105
50	230	200	215	180	180	145	165	130
70	280	245	260	220	230	185	210	165
95	335	290	310	265	285	235	260	205
120	380	335	355	305	335	275	300	240
150	425	370	400	340	385	315	350	275
185	480	420	450	385	450	365	400	315
240	550	485	520	445	535	435	475	370
300	620	550	590	505	615	500	545	425
400	705	615	665	570	720	585	645	495
500	790	685	-	-	825	665	-	-
630	885	770	-	-	950	765	-	-

Tabla 13: ITC BT-07

Usaremos 5 cables tripolares con sección de 240 mm² enterrados en cinco tubos diferentes, junto a otro tubo donde se sitúe los dos neutros y la puesta a tierra.

Se utilizará en un principio un único aerogenerador para este modelo, debido a la potencia que aporta y a lo costoso de inversión.

Para la instalación de baja tensión se necesita del consumo de diferentes elementos que se sitúan en el almacén, centro de transformación y edificio de control, como el alumbrado, las tomas de corriente o el control de seguridad.

Para el cálculo de las secciones de estos usaremos la tabla 52-B1 y A1.Bis de la ITC-BT-19 para instalaciones de baja tensión.

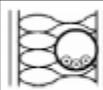
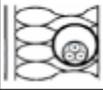
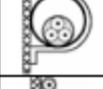
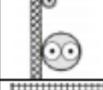
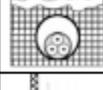
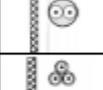
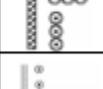
Instalación de referencia		Tabla y columna				
		Intensidad admisible para los circuitos simples				
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE-EPR		
		Número de conductores				
		2	3	2	3	
	Conductores aislados en un conducto en una pared termicamente aislante	A1	columna 4	columna 3	columna 7	columna 6
	Cable multiconductor en un conducto en una pared termicamente aislante	A2	columna 3	columna 2	columna 6	columna 5
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera/ mamp.	B1	columna 6	columna 5	columna 10	columna 8
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera/map.	B2	columna 5	columna 4	columna 8	columna 7
	Cables unipolares; o multipolares sobre una pared de madera/manp.	C	columna 8	columna 6	columna 11	columna 9
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D	columna 3	columna 4	columna 5	columna 6
	Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro \geq a 0,3 veces ϕ del cable	E	columna 9	columna 7	columna 12	columna 10
	Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro \geq ϕ del cable	F	columna 10	columna 8	columna 13	columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre. Distancia entre ellos \geq el ϕ del cable	G	—	Ver UNE 20460-5-523	—	Ver UNE 20460-5-523
XLPE: Polietileno reticulado (90 °) • EPR: Etileno-propileno (90 °) • PVC: Policloruro de vinilo (70 °)						
www.tuveras.com						

Tabla 14: Tabla 52-B1 de la ITC-BT-19

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3	XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S (mm ²)												
Cobre												
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminio												
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25	
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35	
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461
Cu: ρ _{20°} = 1/56	Al: ρ _{20°} = 1/35		ρ_{70°} = 1,2 · ρ_{20°}					ρ_{90°} = 1,28 · ρ_{20°}				
B: 5 · I _n	C: 10 · I _n	D: 20 · I _n	K = I · √t/S		Cu: 115 / 103	Al: 76 / 68	Cu: 143	Al: 94				

Tabla 15: Tabla A.52-1 bis de la ITC-BT-19

En el caso de las **tomas de corriente**, sabemos que se trata de una instalación monofásica, por lo que se usarán cables unipolares de tipo E con aislamiento PVC. Estimaremos una potencia de 3.000W y un factor de potencia = 1:

$$I_B = \frac{3k}{230 * 1} = 13,04 \text{ A}$$

La intensidad de protección I_n es por tanto de 16 A. Buscamos en la tabla el valor de I_Z:

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3			XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm ²)													
Cobre													
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
Cu: ρ _{20°} = 1/56	Al: ρ _{20°} = 1/35		ρ_{70°} = 1,2 · ρ_{20°}					ρ_{90°} = 1,28 · ρ_{20°}					
B: 5 · I _n	C: 10 · I _n	D: 20 · I _n	K = I · √t/S		Cu: 115 / 103		Al: 76 / 68		Cu: 143		Al: 94		

Obtenemos un valor de $I_z = 19$ A con una sección de $1,5$ mm².

Para el **alumbrado** se ejecutará el mismo esquema. Tratamos con una instalación monofásica de 4.000 W, factor de potencia = 1, cables tipo E y protección PVC:

$$I_B = \frac{4k}{230 * 1} = 17,39 \text{ A}$$

$I_n = 25$ A.

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2			XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2					
C					PVC3			PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3						XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm ²)													
Cobre													
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
Cu: ρ _{20°} = 1/56	Al: ρ _{20°} = 1/35			ρ _{70°} = 1,2 · ρ _{20°}					ρ _{90°} = 1,28 · ρ _{20°}				
B: 5 · I _n	C: 10 · I _n	D: 20 · I _n	K = I · √t/S:		Cu: 115 / 103			Al: 76 / 68		Cu: 143		Al: 94	

Obtenemos un cableado con una Iz de 26 A y una sección de 2,5 mm².

Para los **servicios auxiliares de carácter monofásico**, estimaremos un valor de 5.000 W de consumo, con las mismas características que los dos ejemplos anteriores.

$$I_B = \frac{5k}{230 * 1} = 21,74 \text{ A}$$

I_n = 25 A.

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm ²)													
Cobre													
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
Cu: ρ _{20°} = 1/56	Al: ρ _{20°} = 1/35		ρ_{70°} = 1,2 · ρ_{20°}					ρ_{90°} = 1,28 · ρ_{20°}					
B: 5 · I _n	C: 10 · I _n	D: 20 · I _n	K = I · √S		Cu: 115 / 103			Al: 76 / 68		Cu: 143		Al: 94	

Nuestra Iz será de 26 amperios con una sección de 2,5 mm².

La última instalación monofásica es la del **control de seguridad**, que contará con una potencia estimada de 2.500 W. Al igual que el resto, se utilizarán cables tipo E, con protección PVC y factor de potencia = 1.

$$I_B = \frac{2,5k}{230 * 1} = 10,87 \text{ A}$$

I_n = 16 A.

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm ²)													
Cobre													
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
Cu: ρ _{20°} = 1/56	Al: ρ _{20°} = 1/35		ρ_{70°} = 1,2 · ρ_{20°}					ρ_{90°} = 1,28 · ρ_{20°}					
B: 5 · I _n	C: 10 · I _n	D: 20 · I _n	K = I · √S		Cu: 115 / 103			Al: 76 / 68		Cu: 143		Al: 94	

Nuestra Iz es de 19 A con una sección de 1,5 mm².

Por último, se tiene en cuenta los **servicios auxiliares de carácter trifásico**, que ocuparán 9.500 W de potencia, con cables tipo E y protección PVC (factor de potencia = 1):

$$I_B = \frac{9,5k}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 13,71 \text{ A}$$

I_n = 16 A.

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3	PVC2	XLPE3			XLPE2			
E						PVC3	PVC2	XLPE3			XLPE2		
F							PVC3	PVC2	XLPE3			XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm ²)													
Cobre													
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	28	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
Aluminio													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
Cu: $\rho_{20^\circ} = 1/56$	Al: $\rho_{20^\circ} = 1/35$			$\rho_{70^\circ} = 1,2 \cdot \rho_{20^\circ}$				$\rho_{90^\circ} = 1,28 \cdot \rho_{20^\circ}$					
B: $5 \cdot I_n$	C: $10 \cdot I_n$	D: $20 \cdot I_n$	K = I \cdot \sqrt{t/S}	Cu: 115 / 103			Al: 76 / 68			Cu: 143		Al: 94	

El cableado contará con una sección de 2,5 mm² y una Iz = 22 A.

2.2.1.4. Caída de tensión

Para corroborar la validez de nuestras elecciones, se precisa comprobar que la caída de tensión en los cables no es demasiado alta.

La normativa nos exige una caída de tensión máxima del 5%. Esto implica tres resultados.

- 34,5 V para las secciones que van desde un aerogenerador hasta el nodo que los suma.
- 20 V para consumos trifásicos.
- 11,5 V para consumos monofásicos.

Para ello, necesitaremos varios parámetros relacionados con sus fórmulas:

La **temperatura** estimada de trabajo del cableado. Se mide en grados centígrados y la ecuación que la define es:

$$T = T_0 + \Delta T \left(\frac{I_b}{I_z}\right)^2$$

Donde:

T \equiv temperatura estimada de trabajo en °C.

T₀ \equiv temperatura del medio = 25°C, dado que elegimos cableado de cobre enterrado (subterráneo).

ΔT \equiv rango absoluto de temperatura del conductor = 65 °C dado a que utilizamos aislamiento tipo XLPE en condiciones subterráneas.

I \equiv intensidad de trabajo de la línea en amperios (A).

I_{máx} \equiv intensidad máxima admisible en condiciones de operación en amperios (A).

La **resistividad** del conductor. Se mide en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ y su fórmula es:

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha (T - 20))$$

Donde:

$\rho_{20} = 0.0176$ dado a que trabajamos con cables de cobre.

$\alpha \equiv$ factor de variación de la resistencia con la temperatura. Se mide en C^{-1} y en nuestro caso vale 0.00392, ya que se recurre al uso del cobre.

$T \equiv$ temperatura estimada de trabajo en $^{\circ}C$.

La **conductividad** de la línea. Se mide en $m/\Omega \cdot mm^2$ y la ecuación que la define es:

$$C = 1,02 \left(\frac{1}{\rho}\right)$$

Donde:

$C \equiv$ conductividad de la línea en $m/\Omega \cdot mm^2$.

$\rho \equiv$ resistividad del conductor en $\Omega \cdot mm^2/m$.

El coeficiente 1,02 es debido al efecto piel y proximidad.

Cálculo de la **caída de tensión**. Se mide en el porcentaje de voltaje y su fórmula es:

$$e = \frac{LP \cdot 100}{CSV^2}$$

Donde:

$L \equiv$ longitud de la línea en metros.

$P \equiv$ potencia que transmite la línea en vatios.

$C \equiv$ conductividad de la línea en $m/\Omega \cdot mm^2$.

$S \equiv$ sección de la línea en mm^2 .

$V \equiv$ tensión de la línea en voltios.

Para el E70, hallamos la temperatura:

$$T = 25 + (90 - 25) \left(\frac{1.924,5}{2.600} \right)^2$$

$$T = 60,61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La resistividad:

$$\rho = 0,0176 (1 + 0,00392 (60,61 - 20))$$

$$\rho = 0,02 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

La conductividad:

$$C = 1,02 \left(\frac{1}{0,02} \right)$$

$$C = 50 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

Caída de tensión:

$$e = \frac{80 \cdot 2.300k \cdot 100}{50 \cdot 24 \cdot 10^{-5} \cdot 690^2}$$

$$e = 3,22 \% \text{ (válido)}$$

Para los consumos del almacén y edificio de control de carácter **monofásico** se seguirá el mismo planteamiento que se ha realizado para el aerogenerador E70, pero teniendo en cuenta que:

$T_0 = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ al tratarse de instalaciones aéreas.

$\Delta T = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ (70-40), ya que utilizamos protección PVC.

Además, la caída de tensión se duplica. Por tanto, las fórmulas que se usarán serán las siguientes*:

$$T = T_0 + \Delta T \left(\frac{I_b}{I_z}\right)^2$$

$$\rho = \rho_{20}(1 + \alpha (T - 20))$$

$$C = 1,02 \left(\frac{1}{\rho}\right)$$

$$e = \frac{2 \cdot LP \cdot 100}{CSV^2}$$

(*Con los consecuentes cambios.)

Los resultados de estos son:

Consumo	Ib	Iz	T	p	C	e(%)	S (mm2)	P
Tomas de corriente	13,04	19	54,13	0,019	51,11	1,63	1,5	3.000
Alumbrado	17,39	26	53,42	0,019	51,24	4,72	2,5	4.000
SSAA	21,74	26	70,44	0,021	48,38	3,91	2,5	5.000
Monofásicos								
Control de seguridad	10,87	19	49,81	0,019	51,88	1,20	1,5	2.500

Para los servicios trifásicos se utiliza el mismo planteamiento que para el aerogenerador, teniendo los siguientes resultados:

Consumo	Ib	Iz	T	p	C	e	S	P
SSAA Trifásicos	13,71	22	51,65	0,019	51,55	1,38	2,5	9.500

Se adjunta además una tabla resumen con los datos obtenidos, con el fin de comprobar que todo el cableado cumple con la normativa.

Nº	Descripción	Potencia (kW)	Voltaje (V)	Sección (mm ²)	Ib (A)	In (A)	Iz (A)	e (%)
1	Enercon E70	2.300	690	240	1.924,5	2.500	2.600	3,22
2	Tomas de corriente	3.000	230	1,5	13,04	16	19	1,63
3	Alumbrado	4.000	230	2,5	17,39	25	26	4,72
4	SSAA Monofásicos	5.000	230	2,5	21,74	25	26	3,91
5	Control de seguridad	2.500	230	1,5	10,87	16	19	1,2
6	SSAA Trifásicos	9.500	400	2,5	13,71	16	22	1,38

Queda comprobado que todos los cables de nuestra instalación no sobrepasan una caída de tensión del 5%.

Consumo	Longitud (m)
Tomas de corriente	11
Alumbrado	40
SSAA Monofásicos	25
Control de seguridad	30
SSAA Trifásicos	30
Enercon E70/2300	80

2.2.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito

Para el cálculo de la intensidad en cortocircuito necesitamos hallar la resistencia de nuestro cable. Para ello, utilizamos la siguiente fórmula:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R \equiv resistencia del cable.

ρ \equiv resistividad de la línea.

L \equiv longitud total de la línea.

S \equiv sección del conductor.

Para el aerogenerador seleccionado, sabemos que:

$$\rho = 0.02 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}.$$

$$L = 80 \text{ m}.$$

$$s = 240 \text{ mm}^2.$$

Por tanto:

$$R = 0.02 \cdot \frac{80}{240 * 5} = 1,33 \text{ m}\Omega$$

Además, sabemos que:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot U_f}{R}$$

Donde:

I_{cc} \equiv intensidad de cortocircuito.

R \equiv resistencia del cable.

U_f \equiv tensión entre fases.

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot 690/\sqrt{3}}{1,33m} = 239,62 \text{ kA}$$

Se realizan los mismos cálculos para los consumos de los elementos de nuestro parque, teniendo en cuenta que $U_f = 230 \text{ V}$ para dichos consumos, obteniendo unos valores tales que:

Consumo	Ib (A)	Iz (A)	R (mohms)	Icc (kA)
Tomas de corriente	13,04	19	140	1,32
Alumbrado	17,39	26	300	0,61
SSAA	21,74	26	210	0,88
Monofásicos				
Control de seguridad	10,87	19	380	0,48
SSAA	13,71	22	230	0,8
Trifásicos				

2.3. Cálculo justificación de medidas contraincendios del edificio de control y almacén

2.3.1. Compartimentación

Los sectores que conforman nuestro establecimiento y de los cuales realizaremos los cálculos contraincendios son dos:

- El almacén.
- El edificio de control.

2.3.2. Ocupación del edificio

Se limita la presencia a cuatro personas para el almacén y a dos personas para el centro de transformación, con el objetivo de evitar accidentes fortuitos por el limitado espacio que se pueda formar, o un mal uso de las salas de trabajo. En el edificio de control podrán entrar tres individuos, debido al menor riesgo que posee dicha infraestructura.

2.3.3. Evacuación

Se establecen dos salidas para ambas zonas. La primera es de uso común y se utilizará para el tránsito que se realiza de forma frecuente, sin importar la situación. La segunda es una salida de emergencia diseñada exclusivamente para dicho propósito.

2.3.4. Señalización

Se dispondrá de varios carteles reflectantes que señalen las posiciones de los extintores, así como otros que indiquen la posición de la salida de emergencia.

2.3.5. Cálculos de la protección contra incendios

Se utilizarán las tablas 1.1 y 1.2. de la Guía RSCIEI, que diferencia el tipo de instalación y la peligrosidad de un producto en un recinto industrial.

Nuestra instalación es tipo C con una altura de 5 metros.

Las ecuaciones que definen la peligrosidad de un elemento son las siguientes:

$$Q_s = \sum i \cdot q_{si} \cdot S_i \cdot \frac{C_i}{A} \cdot Ra$$

$$Q_s = Q_{vi} \cdot C_i \cdot \frac{h}{A} \cdot S_i \cdot Ra$$

$$Q_e = \sum Q_{si} \cdot \frac{A}{\sum A}$$

En el caso del **almacén**, diferenciamos los diferentes elementos que nos podemos encontrar. Estos eran guantes, arnés, aceites, grasas y recambios metálicos. Utilizamos la Guía RSCIEI para dotarlos de unos valores numéricos.

Utilizamos la primera de las ecuaciones para realizar nuestros cálculos. Esto deriva en lo siguiente:

$$Q_s = \sum i \cdot q_{si} \cdot S_i \cdot \frac{C_i}{A} \cdot Ra$$

Producto	Ci	Qv (MJ/m3)	Qv (Mcal/m3)	Ra
Aceite	1,30	18.900	240	2
Grasas	1,30	18.000	4327	2
Papel	1,30	10.000	2404	1
Tejidos	1,30	2.000	481	2
Depósitos de mercancía incombustible en estanterías metálicas	1	20	5	1

Tabla 16: Elementos catalogados según su carga de fuego. Fuente: Tabla 1.1 RSCIEI

$$Q_s = \frac{(18900 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2) + (18000 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2) + (10000 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 1) + (2000 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 2) + (20 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 1)}{50}$$

$$= 55.790 \text{ MJ/m}^2$$

Al evaluar la carga de fuego a la que se puede someter el almacén obtenemos un nivel ALTO (8), debido a su espacio reducido y sus materiales inflamables.

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 17: Clasificación de las instalaciones en función a la carga de fuego

Para el **edificio de control**, debemos recordar que sólo existirá material informático y eléctrico en el habitáculo, además de los recursos comunes de cualquier oficina.

Producto	Ci	Qv (MJ/m3)	Qv (Mcal/m3)	Ra
Aparatos electrónicos	1,0	400	96	1,0
Aparatos eléctricos	1,0	400	96	1,0
Papel	1,3	10.000	2.404	1,0
Material de oficina	1,3	1.300	313	2,0
Muebles de madera	1,6	800	192	1,5

Tabla 18: Elementos catalogados según su carga de fuego. Fuente: Tabla 1.1 RSCIEI

$$Q_s = \frac{(400 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 2) + (400 \cdot 1,0 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 1) + (10000 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 1) + (1300 \cdot 1,3 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 2) + (800 \cdot 1,6 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 1,5)}{40}$$

$$= 7.802,5 \text{ MJ/m}^2$$

Al evaluar la carga de fuego a la que se puede someter el almacén obtenemos un nivel ALTO (7). Esto se debe en especial al espacio que tenemos (sólo 40 metros cuadrados), ya que la carga de fuego no es realmente relevante.

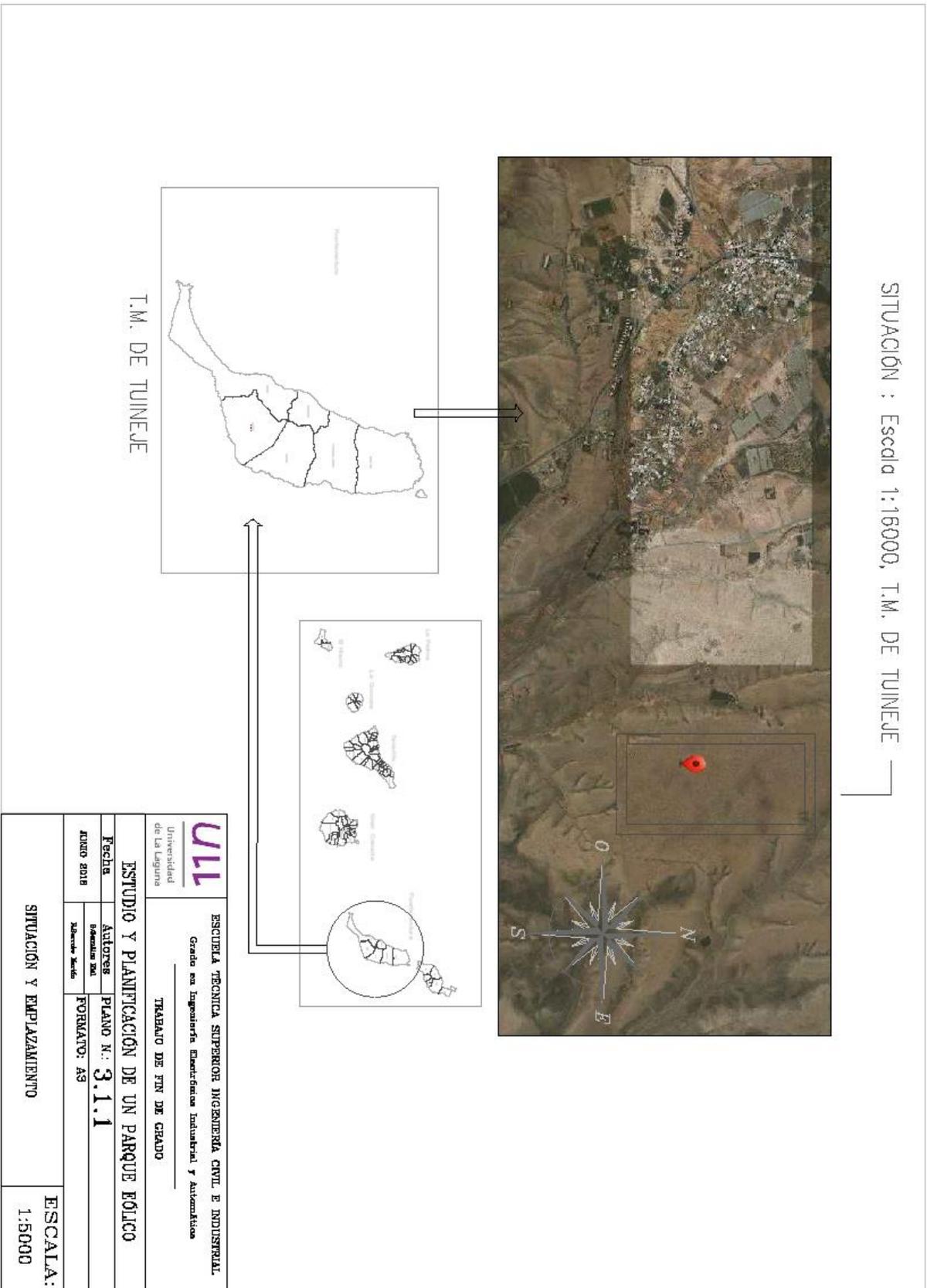
2.3.6. Medidas contra incendios

Si analizamos los componentes que conforman la protección contra incendios, determinamos que nuestro almacén debe poseer únicamente extintores ABC contra fuegos de clase B con eficacia 113B. Esto es lógico, ya que contamos con un espacio relativamente pequeño que conecta con el exterior, por lo que el riesgo, a pesar de contener una carga de fuego elevada, es mínimo. Además, se añade un alumbrado de emergencia, tal y como habíamos previsto. Nos hemos apoyado en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios RICPCI, aprobado por la RD 1942/1993, complementado con el Decreto 16/2009 de Canarias.

En el caso del edificio de control nos encontramos con un caso similar. Debido a la superficie de nuestra instalación, la única protección contra incendios necesaria es la de extintores de tipo CO₂ (por el uso de aparatos eléctricos), contra fuegos de clase B y eficacia 113B. Al igual que en el almacén, se utilizará un alumbrado especial que señale la salida de emergencia en caso de incendio.

PLANOS

3.1. Planos de situación y emplazamiento





Escala 1:8000

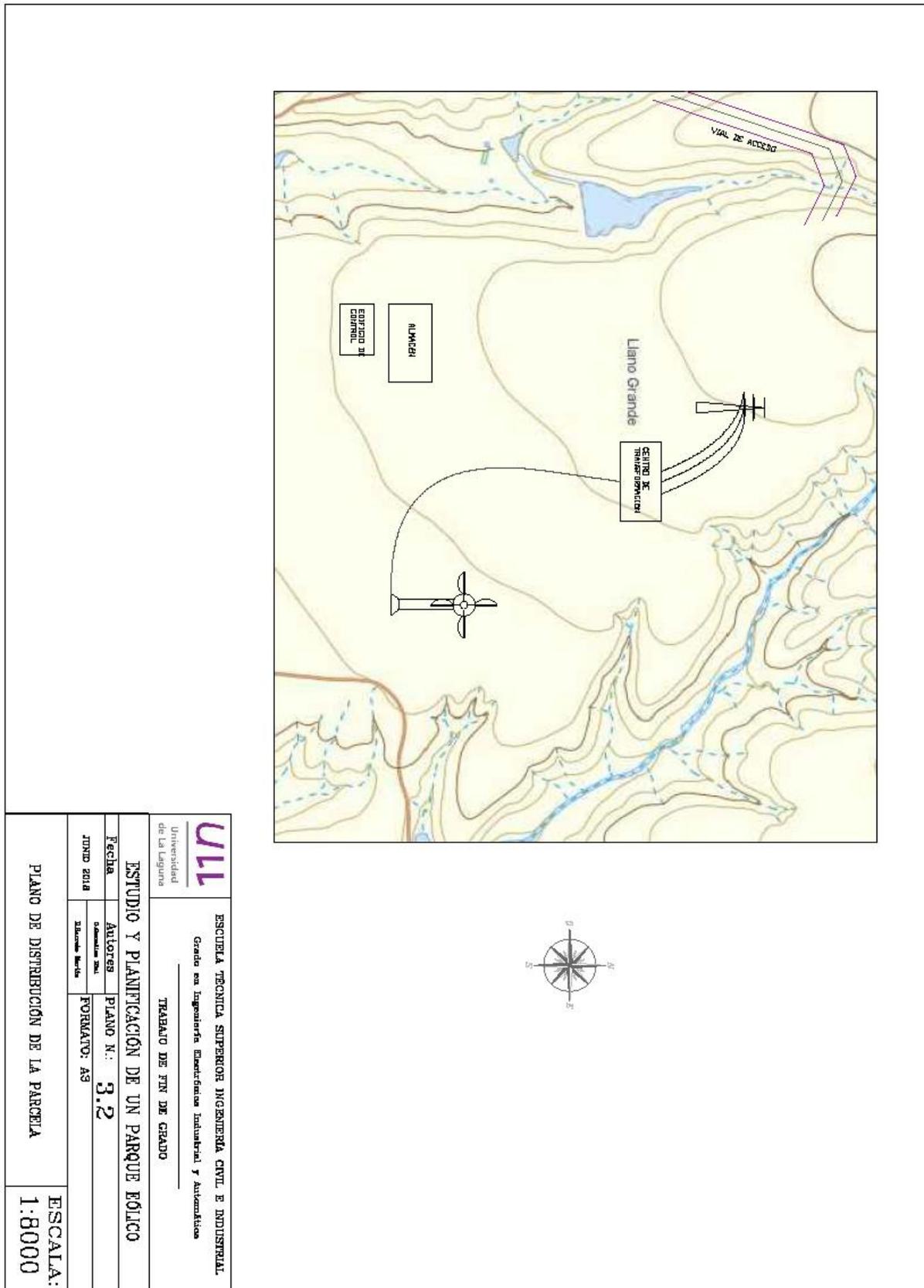


SITUACION DE LAS TORRETTAS EOLICAS

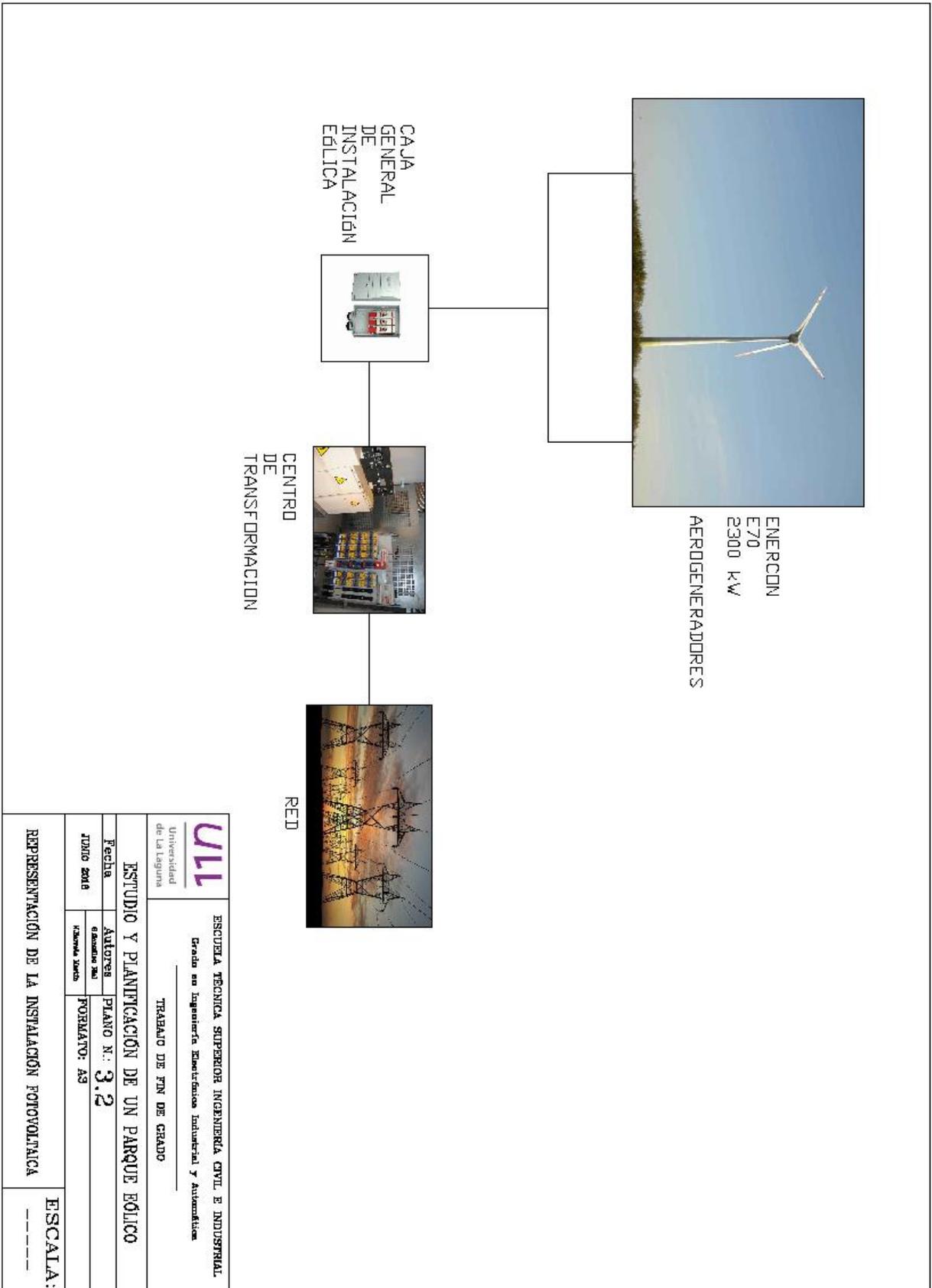
Escala 1:16000

		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERIA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática	
Universidad de La Laguna		TRABAJO DE FIN DE GRADO	
ESTUDIO Y PLANIFICACION DE UN PARQUE EOLICO			
Fecha JUNIO 2016	Autores Gabriel González Rial Neftalí Barreto Martín	Plano N.º 3.1.2	Formato: A3
SITUACION DEL AEROGENERADOR			ESCALA: 1:12.5

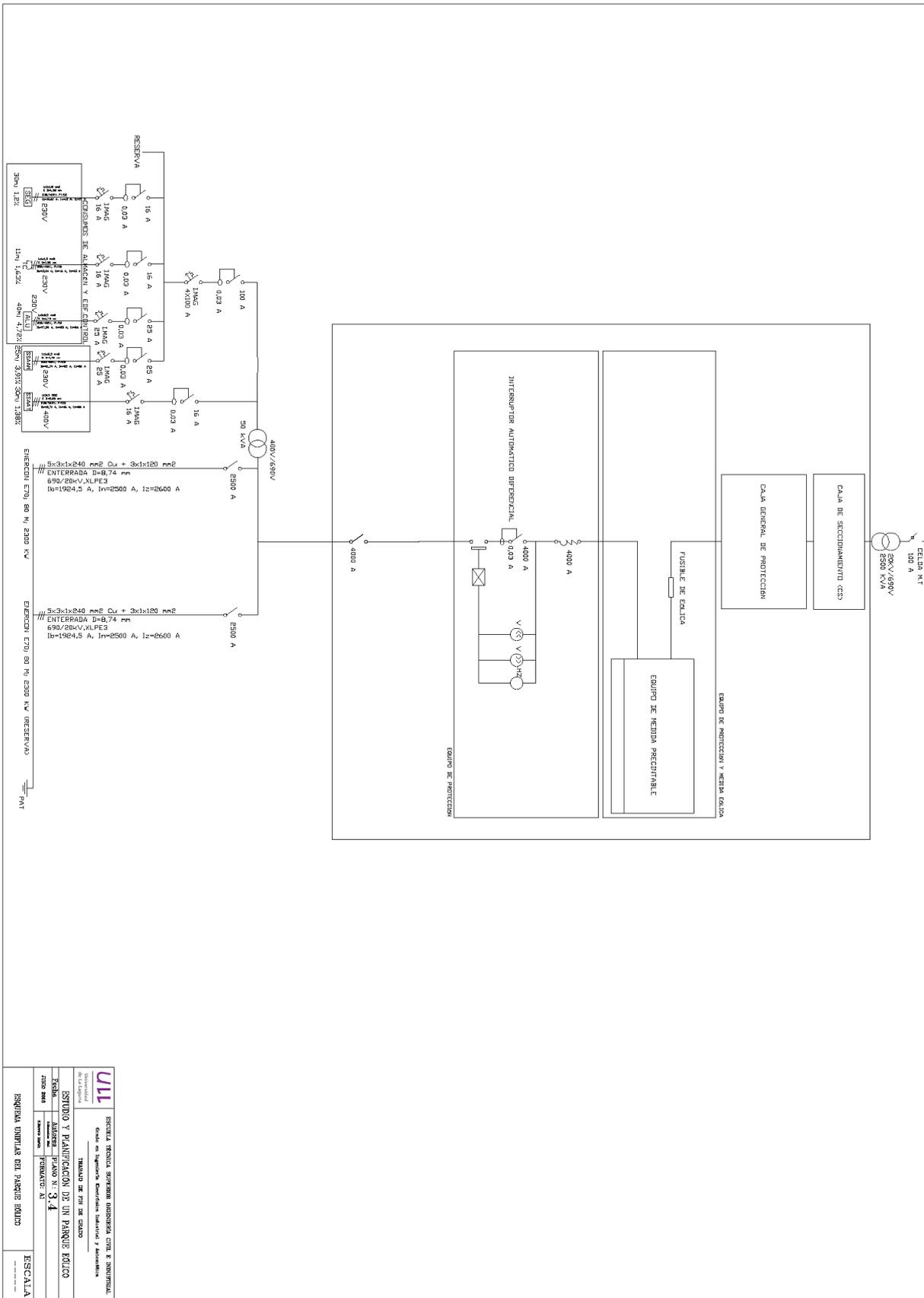
3.2. Plano de distribución de la parcela



3.3. Representación de la instalación eólica



3.4. Esquema unifilar general



UITE <small>UNIVERSIDAD TECNICA DE CARRAS</small> <small>Escuela de Ingeniería de Electricidad y Electrónica</small>	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR UNIVERSITARIA CON R. INTERMEDIARIA <small>Escuela de Ingeniería de Electricidad y Electrónica</small>	
TITULO DE INGENIERO EN ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA	
ESTUDIO Y MANIPULACION DE UN PARQUE EOLICO	TERCERA DE FOLIO DE CALCO
ALUMNO: FRANCO N. 34	PROFESOR: FRANCO N. 34
ZONA: ESCALA:	
SERVIDOR UNIFILAR DEL PARQUE EOLICO	

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1. Aerogeneradores y sistemas de control

AEROGENERADOR Enercon E70: Suministro y montaje de equipos mecánicos y eléctricos. Cuenta con 2300 kW de potencia nominal, transporte, descarga y montaje en obra de la máquina.

UDS	MODELO	CANTIDAD	PRECIO /UD	Importe €
UD	E70	1,00	900.000	900.000

Previamente, hemos contactado con empresas promotoras y proyectistas de parques eólicos, y empresas que se mueve en el sector, para establecer un presupuesto económico viable y factible (razonable).

Para la estimación y cálculo más próximo del presupuesto del parque eólico, nos centraremos en dar uso de estudios y presupuestos análogos de parques eólicos que nos han compartido empresas proyectistas que montan y ponen en servicio dichas instalaciones, experiencia que nos ha compartido nuestro tutor y algunas cantidades ya generalizadas, en otros estudios económicos sobre parques eólicos.

Dado que nuestra especialidad está más dirigida al campo de la Eléctrica y la Electrónica Industrial, nos centraremos en realizar un desglose más específico sobre los conductores, Transformadores, Aerogeneradores, y Aparata de Baja y Media Tensión.

Donde encontramos mayor dificultad de estimación con precisión es en los cálculos de obra civil sobre el terreno y el costo de las zanjas que se tendrán que realizar, para las instalaciones eléctricas. Así mismo, hacer un estudio técnico y calcular los materiales, ingeniería, movimientos de tierras, dirección y mano de obra, y por ello, ponerles cuantía económica, nos llevaría más tiempo y estudios sobre las necesidades del terreno en sí.

4.2. Lista de precios elementales de materiales, mano de obra y maquinaria

A modo de cuantificar la cantidad unitaria de cada uno de los materiales y las operaciones que se van a realizar, hacemos un recuento detallado:

4.2.1. Mano de obra

Id	Uds.	Descripción	Precio (euros)
1	Hora	Peón O. Construcción	14,53
2	Hora	Oficial 1ª Construcción	17,24
3	Hora	Ayudante Construcción	16,13
4	Hora	Oficial 1ª Encofrador	18,13
5	Hora	Ayudante Encofrador	16,52
6	Hora	Peon Carpintería	12,56
7	Hora	Peon Encofrador	13,24
8	Hora	Peón Ferralla	15,27
9	Hora	Peón Chapista-Soldador	14,54
10	Hora	Oficial 1ª Electricista	18,13
11	Hora	Peón especialista Electricista	22,58
12	Hora	Ayudante Electricista	16,40
13	Hora	Ingeniero o arquitecto superior senior	40,00
14	Hora	Ingeniero o arquitecto superior	60,00
15	Hora	Ingeniero o arquitecto técnico	50,00

4.2.2. Maquinaria

Id	Uds.	Descripción	Precio (€)
1	Hora	Motoniveladora	50,00
2	Hora	Camión Basculante	45,00
3	Hora	Retroexcavadora orugas hidráulicas	50,00
4	Hora	Pala Cargadora oruga	60,00
5	Hora	Tractor de cadenas/Bulldozer	48,00
6	Hora	Compactador vibrador (2cilindros tándem)	50,00
7	Hora	Pala cargadora de ruedas	45,00
8	Hora	Camión cisterna para riego con agua	25,00
9	Hora	Regla vibrante para hormigón	20,00
10	Hora	Apisonadora manual tipo rana	15,00
11	Hora	Hormigonera de 250 L capacidad	1,00
12	Hora	Dumper de obra	15,00
13	Hora	Barqueta elevadora de personas	15,00
14	Hora	Grúa autopropulsada de carga	60,00
15	Hora	Autocargador de 71/100 CV	45,00

4.2.3. Materiales elementales estimados

Id	Uds.	Descripción	Precio (€)
1	m ³	Zahorra natural	5,00
2	m ³	Hormigón en masa HM-15/P/20	60,00
3	m ³	Arena de rio (obra)	11,00
4	m ³	Hormigón para armar HA-25/P/40/IIA	90,00
5	kg	Acero corrugado circular B-500-S	1,30
6	m ³	Grava	11,00
7	m ³	Arena Lavada	10,80
8	Ud.	Marco y tapa fund. Mod.D400/124	60,00
9	m ³	Agua	0,20
10	m	Tubería drenaje PVC, de ø200mm	5,00
11	m	Cinta señalización-zanja cables eléctricos	0,10
12	m	Plaqueta cerám. 80x30 protecc. Electrica	1,30
13	m	Tubo corrugado PVC ø110mm	2,50
14	tm	Garbancillo de 10-20 mm(obra)	11,00
15	kg	Alambre para encofrado 1,30mm	1,00
16	kg	Puntas para encofrar 7cm 10/20/25	1,00
17	kg	Acero laminado A-42 perfiles	1,00
18	m ³	Madera para encofrar 30mm espesor	140,00
19	Kg	Minio electrolítico	9,00
20	Ud.	Tapa hormigón armado-arqueta	20,00
21	Ud.	Ladrillo macizo perforado de 0,5 espesor	0,10
22	Ud.	Garrilla sujeción elementos metálicos	0,40
23	m	Cable MT tipo DHV 12/20 kV 1x95 k Al-H16	7,45
24	m	Cable MT tipo DHV 12/20 kV 1x150 k Al-H16	11,63
25	m	Cable fibra óptica multimodo de transmisión	0,25
26	m	Cable de cobre 70 mm ²	6,14
27	m	Tubería machihembrada ø 15 cm	6,00
28	m	Tubería de drenaje ø 15 cm	5,00
29	Ud.	Pica de acero cobreado de 2 m - ø 14 mm	18,00
30	m ³	Hormigón H-175	70,00
31	Ud.	Placa para tres servicios Simón 82	6,00
32	Ud.	Transfo. de 2500 kVA y rel. 0,690/20 kV	16.384,54
33	m	Tubería de drenaje hormigón ø 15 cm	5,00

34	Ud.	Manguera 3x2,5 mm ² tipo w 0,6/1 kV	1,60
35	Ud.	Lámpara de vapor de sodio A.P. de 250W	23,00
36	Ud.	Luminaria de Al. anodizado, sop. Y cub. 250W	150,00
37	Ud.	Equipo reactancia de lámpara V.S. de 250 W	58,00
38	Ud.	Columna de acero galvanizado de 10 m	960,00
39	Ud.	Celda de protección de Transfo. 20 kV. Cabina	11.950,00
40	Ud.	Celda de protección de Línea. 20 kV. Cabina	6.641,40
41	Ud.	Celda de medida blindada hormigonada	5.674,62
42	Ud.	Cuadro de SS. AA con interruptor de acometida y barras de 400-230 V	1445,00
43	Ud.	Transformador de SS. AA de relación 400/230 kV de 50 kVA de potencia	4.000,00
44	Ud.	Transformador potencia 20/66 kV 20MVA	52.500,00
45	Ud.	Interruptor-seccionador con mando rotativo	4.980,00
46	Ud.	Disyuntor automático para 72,5 kV -corte SF6	22.050,00
47	Ud.	Pararrayos auto válvula unipolar de 120 kV	1.460,00
48	Ud.	Control y protecciones	16.800,00
49	Ud.	Tubos y piezas de conexión + equipos prot.	8.000,00
50	Ud.	Transformador de intensidad unipolar	4.650,00
51	Ud.	Transformador de tensión inductivo unipolar	5.360,00
52	Ud.	Obra civil del edificio de control	87.000,00
53	Ud.	EPI's, higiene, bienestar y mantenimiento	20.000,00

4.3. Eléctrica: puesta a tierra de los aerogeneradores y conexionado

4.3.1. Aerogeneradores

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	3	Aerogenerador Enercon de 2300 kW tipo E70 de (58 – 113) m de altura.	1				1	1
2	3	Transporte del aerogenerador E70/2300kW al emplazamiento.	1				1	1
3	3	Montaje y puesta en servicio del aerogenerador E70/2300 KW.	1				1	1

4.3.2. Conductores

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	<i>mⁱ</i>	Cable MT tipo DHV 12/20 kV 1x95 k Al + H16	1	500			500	500
2	<i>mⁱ</i>	Cable MT tipo DHV 12/20 kV 1x150 k Al + H16	1	500			500	500
3	<i>mⁱ</i>	Cable fibra óptica (multimodo) para transmisión de señales y datos, empleado en control, maniobra y automatismos.	1	550			550	550
4	<i>mⁱ</i>	Derivación de puesta a tierra de aerogenerador a base de anillo circular de conductor de cobre desnudo (70 mm).	1	80			80	80
5	Ud.	Pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro	6				6	6

4.3.3. Tendido y montaje

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Tendido, conexionado, etiquetado, señalización y protección PVC.	1				1	1

4.3.4. Transformadores

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Transformador de 2500 kVA y relación de transformación 0,690/20 kV tipo interior con celdas de entrada y salida de línea y de protección.	1				1	1

4.4. Obra civil

La actividad que se pretende desarrollar en un parque eólico es la generación de energía eléctrica a través de la fuerza del viento, para posteriormente ser vertida a la red. Para ello se define que se instalarán, en el territorio marcado, aeroturbinas con una potencia eléctrica concreta.

Esta energía producida por las torretas se eleva a una tensión de 20 kV, transportándose hasta el centro de transformación, mediante líneas colectoras subterráneas. Allí se eleva nuevamente su voltaje hasta los 220 kV, y llega al punto de entrega donde se almacena la red eléctrica.

Este parte comprende todas las infraestructuras, instalaciones y obras complementarias necesarias para llevar a cabo el parque eólico. Esto se resume en:

1. La obra civil necesaria para habilitar las plataformas para estacionamiento de la grúa de montaje, los viales de acceso, las zanjas para las canalizaciones eléctricas y de control, y las zapatas de cimentación de las turbinas.
2. Las instalaciones electromecánicas, que incluyen aeroturbinas, junto a los kilovatios previstos, sus correspondientes equipos, y, además, las líneas interiores del parque, a un voltaje de 20 kV, y el centro de transformación para la interconexión a la red.

El objetivo principal de la realización de obras para la instalación de los equipos necesarios se crea con la intención de minimizar, en medida de lo posible, la más que probable alteración provocada en la zona de implantación de la instalación. Todas estas obras se encuentran resumidas a continuación:

1. Acondicionamiento de los accesos y viales existentes en cualquier tipo de terreno con un ancho mínimo de 5 metros y un margen máximo de 6 m., lo necesario para el paso de las grúas, así como la creación de nuevas rodaduras que permitan el trabajo en todos los puntos de la instalación. Para ello, se necesita suprimir las curvas y nivelar todo el territorio para el transporte de todos los equipos, junto al relleno y compactación posterior, creación de cunetas y recuperación de los drenajes naturales, incluido el transporte de materiales desechables.
2. Cimentación para los aerogeneradores E70 con 80 m de diámetro y 5 m de profundidad, para la zapata mediante el uso de maquinaria pesada. Si las características del terreno lo requieren para mejorar su capacidad, se rellena con piedras y hormigón hasta el nivel adecuado. Se incluye un hormigón de limpieza (nivelación) con capas de 10/15 cm, la inserción y posicionamiento de la virola en la excavación, los ferrallados inferior y superior, la bomba de hormigonado para crear la zapata de la estructura eólica, además de la finalización del montaje, donde se regeneran las plataformas para la adecuación de la zona de instalación.
3. Explanación para plataforma de montaje de aerogenerador, con dimensiones para cualquier tipo de terreno, relleno y posterior compactación, incluyendo los escombros al recinto autorizado.
4. Dependencias auxiliares

4.4.1. Zapatas

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	2	7	7		200	200
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 4 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	2	4,35	4,35	0,8	900	900
3	m^3	Relleno y apisonado de tierras en zanja.	2		100		200	200
4	m^3	Hormigón en masa HM-15/P/20, con cemento CEM II/A-P 32,5 R para limpieza y rellenos, complementado con arena de río y árido	2	4,35	4,35	0,10	63,25	63,25

		rodado, de tamaño máximo 20 mm.						
5	m ³	Hormigón para armar HA-25/P/40/IIA en zapatas y pedestales de cimentación de torres.	3 3				200 300	500
		Zapatas Pedestal						
			10	4,35	4,35	1,40	6.000	6.000
6	Kg	Acero redondo corrugado B-500-S.	3	600	30			
7	m ²	Trabajos de encofrado y desencofrado de madera en zapatas de cimentación.		1			20	20
8	Ud.	Tapa y marco de fundición modular clase D400/UNE-EN-124.	3		1,57		20	20
9	Ud.	Colocación y atado, totalmente terminado.	1	2,00			50.000	50.000

4.4.2. Plataformas

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	3	7,5	5		1000	1000
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 4 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	3	7,5	5	0,60	500	500
3	m^3	Relleno y apisonado de tierras en zanja.	3	7,5	5	0,20	200	200
4	m^3	Colocación de base o firme con zahorra, de tamaño menor de 2,5 cm perfilada con motoniveladora.	3	7,5	50	0,40	400	400

4.4.3. Zanjas

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	1	700	0,60	1,10	300	300
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 2 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	1	500	0.60	1,10	400	400
3	m^3	Relleno con arena de río para la protección de cables y tuberías incluso limpieza de zanja.	1	500	0,60	0,50	150	150

4	m^i	Tubería de PVC de 110 mm de diámetro colocada sobre lecho de arena de río en zanja.	1	5000			500	500
5	m^i	Cinta de señalización, enterrada en zanja sobre cables eléctricos.	1	500			500	500
6	m^i	Plaqueta cerámica de 80 x 30 cm de protección de canalización eléctrica.	1	500			500	5000

4.4.4. Caminos

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	1	250	4	0,30	1.000	1.000
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en	1	250	4	0,30	1.000	1.000

		zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 4 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.						
3	m^3	Terraplén compuesto por productos de excavación, con compactación mecánica por tongadas no mayor a 25 cm.						
		Viales nuevos	1	250	4	0,20	200	
		Viales a reparar	1	250	4	0,20	300	
4	m^3	Colocación de base o firme con zahorra, de tamaño menor de 2,5 cm perfilada con motoniveladora.						500
		Viales nuevos	1	300	4	0,40	300	
		Viales a reparar	1	250	4	0,40	250	
5	m^i							550

		Drenaje longitudinal de caminos, con tubos de PVC perforados, de 200 mm de diámetro, a una profundidad máxima de 1,5 m con lecho de arena y recubierto de grava.	2	250			500	
		Viales nuevos	2	250			500	
		Viales a reparar						1.000

4.5. Centro de transformación

4.5.1. Albañilería

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Arqueta 100x100x130 cm fabricada de ladrillo macizo. Transporte de sobrantes a vertedero.	2				2	2
2	Ud.	Arqueta 60x60x60 cm fabricada con ladrillo macizo. Transporte de sobrantes a vertedero.	2				2,00	2,00

4.5.2. Hormigones

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^3	Hormigón en masa HM-15/P/20, con cemento CEM II/A-P 32,5 R. Pórticos centro Aparellaje Bancada Depósito de aceite	3 2 1 1	1,50 0,80 4 8	1,50 0,80 4 7	0,10 0,10 0,10 0,10	0,50 0,20 1,10 1,60	3,40
2	m^3	Hormigón para armar HA-25/P/40/IIA en cimentaciones. Pórticos centro Aparellaje	3 2	2,50 0,80	2,50 0,80	1,70 1	15 3	18
3	Ud.	Bancada para asiento de transformador construida a base de hormigón HA-25/P/40/IIA armado-acero corrugado B-500-S.	1				1	1

4.5.3. Estructuras metálicas

Id	Uds.	Descripción	Cantida d	Longitu d	Anchur a	Altur a	Parciale s	Totales
1	Ud.	Apoyos y soportes en perfiles de acero, necesarios para el aparellaje.	1				1	1

4.5.4. Aceros

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Kg	Acero redondo corrugado B500S Cimentación de pórticos	2	100			200	200
2	Kg	Acero de carriles tipo Renfe de 45 ó 54 kg/m para vías de rodadura de transformadores. Trafos	2	432			864	864

4.5.5. Saneamiento

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^i	Tubería de hormigón centrifugado de 15 cm de diámetro interior.	1	25			25	25
2	m^i	Tubería de drenaje de hormigón de 15 cm de diámetro.	1	20			20	20
3	Ud.	Arqueta de paso y enlace de canalizaciones subterráneas de 63x63x80 cm realizada con fábrica de ladrillo macizo de ½ pie de espesor	2				2	2

4	Ud.	recibido con mortero de cemento 1/6. Alumbrado parque exterior de centro, con proyectores de aluminio anodizado de 250 W, colocados sobre columnas de acero de 10 m de altura.	2				2	2
---	-----	---	---	--	--	--	---	---

4.5.6. Movimiento de tierras

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).						
		Viales	1	7	6		42	
		Centro de transf.	1	7	10		70	112
2	m^3	Utilización de medios mecánicos para desmonte hasta 2 m profundidad, en cualquier clase de terreno y transporte a vertedero.						
		Viales	1	7	6		42	
		Centro de transf.	1	7	10	0,30	105	
		Depósito de aceite	1	2	7	1,50	28	175
3	m^3	Excavación en zanja y cimentaciones con				2		

		medios mecánicos hasta 2 m de profundidad y transporte a vertedero							
		Canal Conductores	2	7	0,40	0,65	5,6		
		Edificio de Control	2	4	0,40	0,65	3,2		8,80
4	m ³	Excavación en zanja y cimentaciones con medios mecánicos hasta 4 m de profundidad, y transporte a vertedero.							
		Pórticos centro	1	1,50	1,50	2,20	2		
		Aparellaje	7	0,80	0,80	0,80	2,50		
		Arquetas de distribución	2	0,80	0,80	0,50	0,16		
		Bancada trafo	2	4	4	1,00	16		20,66
5	m ³	Terraplén con productos procedentes de excavación, con compactación mecánica por tongadas							
		Viales	1	7	6	0,20	28,80		8,40
6	m ³	Construcción de base o firme con zahorra natural clasificada, de tamaño menor de 2,5 cm mezclada, extendida y perfilada con motonivelador.							
		Viales	1	7	6	0,40	25		25

7	m^i	Drenaje longitudinal de caminos, con tubos de PVC, de 200 mm de diámetro, con profundidad máxima de 1,5 m con lecho de arena y recubierto de grava. Viales	2	7,00			14	14
8	m^3	Relleno garbancillo para centro	1	7,00	12	0,15	31,2	31,20

4.5.7. Aparamenta e instalación de baja tensión: aparellaje y equipos del centro de transformación

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Centro de transformación prefabricado.	1				1	1
2	Ud.	Celda de protección de transformador para 20 kV en cabina metálica blindada, homologada y con interruptor automático SF6 de carretón desenchufable.	1				1	1
3	Ud.	Celda de protección de línea para 20 kV, en cabina metálica blindada con interruptor automático SF6 y demás elementos.	1				1	1
4	Ud.	Cuadro de SS. AA con interruptor de acometida y barras de 400-230 V para salidas de servicios esenciales, primarios y terciarios, con los interruptores Magnetotérmicos y seccionadores.	1				1	1
5	Ud.		1				1	1

6	Ud.	<p>Transformador de SS. AA de relación 20/0,4 kV de 100 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn 11, tipo llenado integral.</p> <p>Transformador de SS. AA de relación 20/0,4 kV de 100 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn 11, tipo llenado integral.</p>	1				1	1
---	-----	---	---	--	--	--	---	---

4.5.8. Aparamenta e instalación de media tensión: aparellaje y equipos del centro de transformación

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Trafo potencia 20/66 kV 20 MVA y grupo de conexionado Dyn 11.	1				1	1
2	Ud.	Seccionador tripolar de 2 ó 3 columnas con cuchillas de tubo de cobre con dispositivo de mando único para maniobrar los tres polos, con tensión nominal de 145kV.	1				1	1
3	Ud.	Disyuntor automático para 220 kV de tipo intemperie y corte SF6.	1				1	1
4	Ud.	Pararrayos auto válvula unipolar de 120 kV.	2				2	2
5	Ud.	Control y protecciones.	1				1	1
6	Ud.	Tubos y piezas de conexión.	1				1	1
7	Ud.	Equipo de medida.	1				1	1
8	Ud.	Transformador de intensidad unipolar	2				2	2

		de tipo aislador soporte, relación de transformación 600/5-5-5A y tensión nominal 145 kV.						
9	Ud.	Transformador de tensión inductivo unipolar tipo aislador soporte, relación de transformación 66000: 3/110:3/110:3/110 y tensión nominal 145 kV	2				2	2

4.5.9. Montaje y puesta a punto

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Montaje.	1				1	1
2	Ud.	Supervisión, pruebas y puesta en marcha.	1				1	1

4.6. Edificio de mando

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Obra civil de Edificio de control de centro y parque, incluso taller con puente grúa para 6 TN.	1				1	1

4.7. Ingeniería y dirección de obra

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Ingeniería y dirección de obra.	1				1	1

4.8. Control de calidad

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Control de calidad en obra realizado por empresa especializada.	1				1	1

4.9. Estudio de seguridad y salud

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Totales
1	Ud.	Protecciones individuales y colectivas, instalaciones, higiene, bienestar y mantenimiento.	1				1	1

4.10. Descomposición de precios

4.10.1. Aerogeneradores

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Aerogenerador Enercon de 2300 kW tipo E70 de (58 – 113) m de altura de 2500 kVA de potencia.	1,000	900.000,00	900.000,00
Ud	Transporte del aerogenerador E70/2300kW al emplazamiento.	1,000	16.400,00	16.400,00
Ud	Montaje y puesta en servicio del aerogenerador E70/2300 KW.	1,000	21.100,00	21.100,00
			Subtotal:	937.500,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	192,000	18,13	3.480,96
h	Ayudante electricista.	192,000	16,40	3.148,80
			Subtotal mano de obra:	6.629,76
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	1,000	937.500,00	18.750,00
			Costes directos (1+2+3):	962.879,76

TOTAL AEROGENERADORES: 962.879,76 euros

4.10.2. Conductores

1. Cable MT tipo DHV 12/20 kV 1x95 k Al + H16

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Cable eléctrico multiconductor, Al Polirret CPRO "PRYSMIAN", para redes aéreas tensadas o posadas, tipo AL RZ, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductores de aluminio, rígido (clase 2), de 3x95, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), y con las siguientes características: resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío y resistencia a los rayos ultravioleta. Según UNE 21030-1.	500,000	7,45	3.725,00
Subtotales materiales:				3.725,00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	8	18,13	145,04
h	Ayudante electricista.	8	16,40	131,20
Subtotal mano de obra:				276,24
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	3.725,00	74,50
Costes directos (1+2+3):		4.075,74		

2. Cable MT tipo DHV 12/20 kV 1x150 k Al + H16

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Cable eléctrico multiconductor, Al Polirret CPRO "PRYSMIAN", para redes aéreas tensadas o posadas, tipo AL RZ, tensión nominal 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Fca, con conductores de aluminio, rígido (clase 2), de 3x150, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), y con las siguientes características: resistencia a la absorción de agua, resistencia al frío y resistencia a los rayos ultravioleta. Según UNE 21030-1.	500,000	11,63	5.815,00
Subtotales materiales:				5.815,00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	8	18,13	145,04
h	Ayudante electricista.	8	16,40	131,20
Subtotal mano de obra:				276,24
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	5.815,00	116,30
Costes directos (1+2+3):		6.207,54		

3. Cable fibra óptica (multimodo) para transmisión de señales y datos, empleado en control, maniobra y automatismos.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Cable eléctrico para transmisión de datos, señales analógicas y digitales en plantas industriales e instrumentos de medida y control en zonas con ruidos eléctricos, Datax "PRYSMIAN", tipo LiYCY, tensión nominal 250 V, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 2x0,22 mm ² de sección, aislamiento de policloruro de vinilo (PVC), apantallado con trenza de cobre estañado (cobertura superior al 65%), cubierta de policloruro de vinilo (PVC), y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, libre de halógenos y nula emisión de gases corrosivos.	550,000	0,25	137,50
			Subtotales materiales:	137,50
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	20	18,13	362,60
h	Ayudante electricista.	20	16,40	328,00
			Subtotal mano de obra:	690,6
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	137,50	2,75
Costes directos (1+2+3):		830,85		

4. Derivación de puesta a tierra de aerogenerador a base de anillo circular de conductor de cobre desnudo (70 mm).

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Conductor de cobre desnudo, de 70 mm ² .	80,000	6,14	491,20
Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	10,000	1,15	11,15
			Subtotales materiales:	502,35
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	10	18,13	181,13
			Subtotal mano de obra:	181,13
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	502,35	10,05
Costes directos (1+2+3):		693,58		

5. Puesta a tierra-Pica de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud.	2,000	18,00	36,00
m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm².	50,000	2,81	140,5
Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	2,000	1,00	2,00
Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	2,000	74,00	148,00
Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	2,000	46,00	92,00
Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	5	3,50	17,50
Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000	1,15	1,15
			Subtotales materiales:	437,15
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	8	18,13	145,04
h	Ayudante electricista.	8	16,40	131,2
h	Peón ordinario construcción.	8	14,53	116,24
			Subtotal mano de obra:	392,48
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	437,15	8,75
Costes directos (1+2+3):		838,373		

TOTAL CONDUCTORES: 12.646,08 euros

4.10.3. Tendido y montaje

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Tendido, conexionado, etiquetado, señalización y protección PVC.	1	18.500,00	18.500,00

TOTAL TENDIDO Y MONTAJE: 18.500,00 euros

4.10.4. Transformadores 0,69/20kV

Transformador trifásico en baño de aceite, con refrigeración natural, de 2500 kVA de potencia, 20 kV de tensión del primario y 420 V de tensión del secundario en vacío, de 50 Hz de frecuencia, y grupo de conexión Dyn11.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Transformador trifásico en baño de aceite, con refrigeración natural, de 2500 kVA y relación de transformación 0,690/20 kV tipo interior con celdas de entrada y salida de línea y de protección. 20 kV de tensión del primario y 420 V de tensión del secundario en vacío, de 50 Hz de frecuencia, y grupo de conexión Dyn11. Según UNE 21428, UNE-EN 50464 e IEC 60076-1.	1,000	16.384,54	16.384,54
		Subtotales materiales:		16.384,54
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	8,000	18,13	145,04
h	Ayudante electricista.	8,000	16,40	131,20
		Subtotal mano de obra:		276,24
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	16.384,54	327,69
Costes directos (1+2+3):			16.988,47	

TOTAL TRANSFORMADORES: 16.988,47 euros

4.10.5. Obra civil**4.10.5.1. Zapatas**

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m ²	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	200,00	0,50	100,00
2	m ³	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 4 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	900,00	8,50	7.650,00
3	m ³	Relleno y apisonado de tierras en zanja.	200,00	3,00	600,00
4	m ³	Hormigón en masa HM-15/P/20, con cemento CEM II/A-P 32,5 R para limpieza y rellenos, complementado con arena de río y árido rodado, de tamaño máximo 20 mm.	63,25	60,00	3.795,00
5	m ³	Hormigón para armar HA-25/P/40/IIA en zapatas y pedestales de cimentación de torres. Zapatas Pedestal	500,00	95,00	47.500,00

6	Kg	Acero redondo corrugado B-500-S.	6.000,00	0,50	3.000,00
7	m ²	Trabajos de encofrado y desencofrado de madera en zapatas de cimentación.	20,00	14,00	280,00
8	Ud.	Tapa y marco de fundición modular clase D400/UNE-EN-124. Colocación y atado, totalmente terminado.	20,00	20,00	400,00
			50.000,00	1,30	65.000,00

TOTAL ZAPATAS: 128.325,00 euros

4.10.5.2. Plataformas

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	1.000,00	0,50	500,00
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 4 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	500,00	2,60	1.300,00
3	m^3	Relleno y apisonado de tierras en zanja.	200,00	3,00	600,00
4	m^3	Colocación de base o firme con zahorra, de tamaño menor de 2,5 cm perfilada con motoniveladora.	400,00	12,00	4.800,00

TOTAL PLATAFORMAS: 7.200,00 euros

4.10.5.3. Zanjas

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	300,00	0,50	150,00
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 2 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	400,00	8,00	3.200,00
3	m^3	Relleno con arena de río para la protección de cables y tuberías incluso limpieza de zanja.	150,00	20,00	3.000,00
4	m^i	Tubería de PVC de 110 mm de diámetro colocada sobre lecho de arena de río en zanja.	500,00	2,50	1.250,00
5	m^i	Cinta de señalización, enterrada en zanja sobre cables eléctricos.	500,00	0,05	25,00
6	m^i	Plaqueta cerámica de 80 x 30 cm de protección de canalización eléctrica.	500,00	1,30	650,00

TOTAL ZANJAS: 8.275,00 euros

4.10.5.4. Caminos

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm).	1000,00	0,50	500,00
2	m^3	Utilización de los medios mecánicos para excavación en zanja, cimentaciones en cualquier clase de terreno hasta 4 m de profundidad (excepto roca), con extracción de los productos y transporte a vertedero.	1000,00	2,60	2.600,00
3	m^3	Terraplén compuesto por productos de excavación, con compactación mecánica por tongadas no mayor a 25 cm. Viales nuevos Viales a reparar	500,00	0,80	400,00
4	m^3	Colocación de base o firme con zahorra, de tamaño menor de 2,5 cm perfilada con motoniveladora. Viales nuevos Viales a reparar	550,00	12,00	6.600,00
5	m^i	Drenaje longitudinal de caminos, con tubos de PVC perforados, de 200 mm de diámetro, a una profundidad	1000,00	12,00	12.000,00

		máxima de 1,5 m con lecho de arena y recubierto de grava. Viales nuevos Viales a reparar			
--	--	--	--	--	--

TOTAL CAMINOS: 22.100,00 euros

4.10.6. Centro de transformación

4.10.6.1. Albañilería

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Arqueta 100x100x130 cm fabricada de ladrillo macizo. Transporte de sobrantes a vertedero.	2,00	120,00	240,00
2	Ud.	Arqueta 60x60x60 cm fabricada con ladrillo macizo. Transporte de sobrantes a vertedero.	2,00	82,00	164,00

TOTAL ALBAÑILERÍA: 404,00 euros

4.10.6.2. Hormigones

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m ³	Hormigón en masa HM-15/P/20, con cemento CEM II/A-P 32,5 R. Pórticos centro Aparellaje Bancada Depósito de aceite	3,40	60,00	204,00
2	m ³	Hormigón para armar HA-25/P/40/IIA en cimentaciones. Pórticos centro Aparellaje	18,00	90,00	1620,00
3	Ud.	Bancada para asiento de transformador construida a base de hormigón HA-25/P/40/IIA armado-acero corrugado B-500-S.	1,00	980,00	980,00

TOTAL HORMIGONES: 2.804,00 euros

4.10.6.3. Estructuras metálicas

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Apoyos y soportes en perfiles de acero, necesarios para el aparellaje.	1,00	15.500,00	15.500,00

TOTAL ESTRUCTURAS METÁLICAS: 15.500,00 euros

4.10.6.4. Aceros

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Kg	Acero redondo corrugado B500S Cimentación de pórticos	200,00	1,30	260,00
2	Kg	Acero de carriles tipo Renfe de 45 ó 54 kg/m para vías de rodadura de transformadores. Trafos	864,00	1,50	1.296,00

TOTAL ACEROS: 1.556,00 euros

4.10.6.5. Red de saneamiento

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m^i	Tubería de hormigón centrifugado de 15 cm de diámetro interior.	25,00	15,00	375,00
2	m^i	Tubería de drenaje de hormigón de 15 cm de diámetro.	20,00	15,00	300,00
3	Ud.	Arqueta de paso y enlace de canalizaciones subterráneas de 63x63x80 cm realizada con fábrica de ladrillo macizo de ½ pie de espesor recibido con mortero de cemento 1/6.	2,00	90,00	180,00
4	Ud.	Alumbrado parque exterior de centro, con proyectores de aluminio anodizado de 250 W, colocados sobre columnas de acero de 10 m de altura.	2,00	4.000,00	8.000,00

TOTAL RED DE SANEAMIENTO: 8.855,00 euros

4.10.7. Centro de transformación**4.10.7.1. Movimientos de tierras**

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	m^2	Limpieza, excavaciones, transporte y despeje de la vegetación herbácea, (espesor mayor a 10 cm). Viales Centro	112,00	0,50	56,00
2	m^3	Utilización de medios mecánicos para desmonte hasta 2 m profundidad, en cualquier clase de terreno y transporte a vertedero. Viales Centro Depósito de aceite	175,00	2,60	455,00
3	m^3	Excavación en zanja y cimentaciones con medios mecánicos hasta 2 m de profundidad y transporte a vertedero Canal Conductores Edificio de Control	8,80	8,00	70,40
4	m^3	Excavación en zanja y cimentaciones con medios mecánicos hasta 4 m de profundidad, y transporte a vertedero. Pórticos centro Aparellaje Arquetas de distribución Bancada trafo	20'66	8,50	175,61

5	m^3	Terraplén con productos procedentes de excavación, con compactación mecánica por tongadas Viales	8,40	0,80	6,72
6	m^3	Construcción de base o firme con zahorra natural clasificada, de tamaño menor de 2,5 cm mezclada, extendida y perfilada con motonivelador. Viales	25,00	12,00	300,00
7	m^i	Drenaje longitudinal de caminos, con tubos de PVC, de 200 mm de diámetro, con profundidad máxima de 1,5 m con lecho de arena y recubierto de grava. Viales	14,00	5,00	70,00
8	m^3	Relleno garbancillo para centro de transformación.	31,20	11,00	343,20

TOTAL MOVIMIENTOS DE TIERRAS: 1.476,93 euros

4.10.8. Aparamenta e instalación de baja tensión

4.10.8.1. Aparellaje y centro de transformación

Centro de transformación prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 3280x2380x3045 mm, apto para contener un transformador y la Aparamenta necesaria.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Centro de transformación prefabricado, monobloque, de hormigón armado, de 3280x2380x3045 mm, apto para contener un transformador y la Aparamenta necesaria.	1,000	5.674,62	5.674,62
		Subtotales materiales:		5.674,62
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª construcción.	2,000	18,13	36,26
h	Ayudante construcción.	2,000	16,40	32,80
		Subtotal mano de obra:		69,06
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	5.674,62	113,50
Costes directos (1+2+3):		5857,18		

Celda de protección de transformador para 20 kV en cabina metálica blindada, homologada y con interruptor automático SF6 de carretón desenchufable, compartimento de BT.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Celda de protección de transformador para 20 kV en cabina metálica blindada, homologada y con interruptor automático SF6 de carretón desenchufable, compartimento de BT.	1,000	11.950,00	11.950,00
		Subtotales materiales:		11.950,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	6,000	18,13	108,78
h	Ayudante electricista.	6,000	16,40	98,40
		Subtotal mano de obra:		207,18
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	11.950,00	239
Costes directos (1+2+3):		12396,18		

Celda de protección de línea, de 20 kV de tensión asignada, 4000 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Celda de protección de línea, de 20 kV de tensión asignada, 4000 A de intensidad nominal, 365x735x1740 mm, con aislamiento integral de SF6, formada por cuerpo metálico, embarrado de cobre e interruptor-seccionador tripolar rotativo de 3 posiciones conectado/seccionado/puesto a tierra.	1,000	6.641,04	6.641,04
		Subtotales materiales:		6.641,04
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	4,000	18,13	72,52
h	Ayudante electricista.	4,000	16,40	65,60
		Subtotal mano de obra:		138,12
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	6.641,04	132,82
Costes directos (1+2+3):		6911,98		

Cuadro de SS. AA con interruptor de acometida y barras de 400-230 V para salidas de servicios esenciales, primarios y terciarios, con los interruptores magnetotérmicos y seccionadores.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Cuadro de SS. AA con interruptor de acometida y barras de 400-230 V para salidas de servicios esenciales, primarios y terciarios, con los interruptores magnetotérmicos y seccionadores.	1,000	1.445,00	1.445,00
		Subtotales materiales:		1.445,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	12,000	18,13	217,56
h	Ayudante electricista.	12,000	16,40	196,80
		Subtotal mano de obra:		414,36
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	1.445,00	28,9
Costes directos (1+2+3):		1.888,26		

Transformador de SS. AA de relación 400/230 V de 50 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn 11, tipo llenado integral.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Transformador de SS. AA de relación 400/230V de 50 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn 11, tipo llenado integral.	1,000	4.000,00	4.000,00
		Subtotales materiales:		4.000,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	6,000	18,13	108,78
h	Ayudante electricista.	6,000	16,40	98,40
		Subtotal mano de obra:		207,18
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	4.000,00	80,00
Costes directos (1+2+3):		4.287,18		

TOTAL APARELLAJE Y EQUIPOS DE C.D.TRANSFORMACIÓN: 31.727,95 euros

4.10.9. Aparamenta e instalación de alta tensión

4.10.9.1. Aparellaje y equipos del centro de transformación

Trafo potencia 20/66 kV 20 MVA y grupo de conxionado Dyn 11.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Trafo potencia 20/66 kV 20 MVA y grupo de conxionado Dyn 11.	1,000	52.500,00	52.500,00
		Subtotales materiales:		52.500,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	8	18,13	145,04
h	Ayudante electricista.	8	16,40	131,20
		Subtotal mano de obra:		276,24
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	52.500,00	1.050,00
Costes directos (1+2+3):		53.826,24		

Interruptor-seccionador con mando rotativo, tripolar (3P), intensidad nominal 3150 A, de 378x510x374 mm, según UNE-EN 60947-3.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Interruptor-seccionador con mando rotativo, tripolar (3P), intensidad nominal 3150 A, de 378x510x374 mm, según UNE-EN 60947-3.	1,000	4.980,00	4.980,00
		Subtotales materiales:		4.980,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	4	18,13	72,52
		Subtotal mano de obra:		72,52
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	4.980,00	99,60
Costes directos (1+2+3):		5.152,12		

Disyuntor automático para 72,5 kV de tipo intemperie y corte SF6.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Disyuntor automático para 72,5 kV de tipo intemperie y corte SF6.	1,000	22.050,00	22.050,00
		Subtotales materiales:		22.050,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	4	18,13	72,52
		Subtotal mano de obra:		72,52
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	22.050,00	441
Costes directos (1+2+3):		22563,52		

Pararrayos auto válvula unipolar de 120 kV.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Pararrayos auto válvula unipolar de 120 kV.	2,000	1.460,00	2.920,00
		Subtotales materiales:		2.920,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	12	18,13	217,56
		Subtotal mano de obra:		217,56
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	2.920,00	58,40
Costes directos (1+2+3):		3.195,96		

Control y protecciones.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Control y protecciones.	1,000	16800,00	16800,00
		Subtotales materiales:		16800,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	12	18,13	217,56
h	Oficial 1ª instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	12	18,13	217,56
h	Ayudante instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	12	16,40	196,80
		Subtotal mano de obra:		631,92
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	32.800,00	336,00
Costes directos (1+2+3):		17767,92		

Tubos y piezas de conexión.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Tubos y piezas de conexión	1,000	8.000,00	8.000,00
		Subtotales materiales:		8.000,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	24	18,13	435,12
h	Ayudante electricista.	24	16,40	393,60
		Subtotal mano de obra:		828,72
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	8.000,00	160,00
Costes directos (1+2+3):		8.988,72		

Equipos de medición.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud	Equipos de medición.	1,000	6.500,00	6.500,00
			Subtotales materiales:	6.500,00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	16	18,13	290,08
h	Ayudante electricista.	16	16,40	262,40
			Subtotal mano de obra:	552,48
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	6.500,00	130,00
Costes directos (1+2+3):		7.182,48		

Transformador de intensidad unipolar de tipo aislador soporte, relación de transformación 600/5-5-5A y tensión nominal 66 kV.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud	Transformador de intensidad unipolar de tipo aislador soporte, relación de transformación 600/5-5-5A y tensión nominal 66 kV.	2,000	4.650,00	9.000,00
			Subtotales materiales:	9.000,00
Mano de obra				
h	Oficial 1ª electricista.	12	18,13	217,56
h	Ayudante electricista.	12	16,40	196,80
			Subtotal mano de obra:	414,36
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	9.000,00	180,00
Costes directos (1+2+3):		9.594,36		

Transformador de tensión inductivo unipolar tipo aislador soporte, relación de transformación 66000: 3/110:3/110:3/110 y tensión nominal 66 kV

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	Materiales			
Ud	Transformador de tensión inductivo unipolar tipo aislador soporte, relación de transformación 66000: 3/110:3/110:3/110 y tensión nominal 66 kV.	2,000	5.360,00	10.720,00
		Subtotales materiales:		10.720,00
	Mano de obra			
h	Oficial 1ª electricista.	12	18,13	217,56
h	Ayudante electricista.	12	16,40	196,80
		Subtotal mano de obra:		414,36
	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	10.720,00	214,40
Costes directos (1+2+3):		11348,76		

TOTAL APARELLAJE 66kV: 139.620,08 euros

4.10.10. Montaje y puesta a punto

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Montaje.	1,00	24.250,00	24.250,00
2	Ud.	Supervisión, pruebas y puesta en marcha.	1,00	8.500,00	8.500,00

TOTAL MONTAJE Y PUESTA A PUNTO: 32.750,00 euros

4.10.11. Edificio de mando

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Obra civil de Edificio de control de centro y parque, incluso taller con puente grúa para 6 TN.	1,00	87.000,00	87.000,00

TOTAL EDIFICIO DE CONTROL: 87.000,00 euros

4.10.12. Ingeniería y dirección de obra

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Ingeniería y dirección de obra.	1,00	30.000,00	30.000,00

TOTAL INGENIERIA Y DIRECCIÓN DE OBRA: 30.000,00 euros

4.10.13. Control de calidad

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Control de calidad en obra realizado por empresa especializada.	1,00	15.000,00	15.000,00

TOTAL CONTROL DE CALIDAD: 15.000,00 euros

4.10.14. Estudio de seguridad y salud

Id	Uds.	Descripción	Cantidad	Precio(euros)	Importe(euros)
1	Ud.	Protecciones individuales y colectivas, instalaciones, higiene, bienestar y mantenimiento.	1,00	20.000,00	20.000,00

TOTAL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD: 20.000,00 euros

4.11. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se analiza la tasa interna de retorno de nuestro parque basándonos en nuestro presupuesto. Se estima un valor monetario 0,121€/kWh, y una tasa activa del 3%. Tratamos una inversión a 5 años.

	Aerogenerador E70
Coste de la inversión	1.875.744,42 €
Flujo	570.949 €
	570.949 €
	570.949 €
	570.949 €
	570.949 €
	570.949 €
kWh anuales	4.718.584 kWh
TIR	0,1586%

4.12. Presupuesto final

4.3. Instalaciones eléctricas

4.3.1. Aerogeneradores	962.879,76 euros
4.3.2. Conductores	12.646,08 euros
4.3.3. Tendido y montaje.....	18.500,00 euros
4.3.4. Transformador 0,690/20 kV.....	16988,47 euros

Total: 1.011.014,31 euros

4.4. Obra civil

4.4.1. Zapatas	128.325,00 euros
4.4.2. Plataformas.....	7.200,00 euros
4.4.3. Caminos	22.100,00 euros
4.4.4. Zanjas	8.275,00 euros

Total: 165.900,00 euros

4.5. Centro de transformación

4.5.1. Albañilería.....	404,00 euros
4.5.2. Hormigones.....	2.804,00 euros
4.5.3. Estructuras Metálicas.....	15.500,00 euros
4.5.4. Aceros.....	1.556,00 euros
4.5.5. Red de Saneamiento.....	8.855,00 euros
4.5.6. Movimientos de tierras.....	1.476,93 euros
4.5.7. BT-Aparellaje y equipos del centro de transformación	47.427,95 euros
4.5.8. AT-Aparellaje 66 kV	139.620,08 euros
4.5.9. Montaje y puesta a punto.....	32.750,00 euros

Total: 250.393,96 euros

5.6 Edificio de control.....87.000,00 euros

5.7. Ingeniería y Dirección de obra30.000,00 euros

5.8. Control de calidad15.000,00 euros

5.9. Estudio de Seguridad y Salud20.000,00 euros

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL1.579.308,27 euros

6% GASTOS GENERALES94,758,49 euros

5% BENEFICIO INDUSTRIAL.....78.965,41 euros

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA1.753.032,17 euros

7% de I.I.G.I.C122.712,25 euros

PRESUPUESTO GENERAL1.875.744,42 euros

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL1.579.308,27 euros

6% GASTOS GENERALES94,758,49 euros

5% BENEFICIO INDUSTRIAL.....78.965,41 euros

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA1.753.032,17 euros

7% de I.I.G.I.C122.712,25 euros

PRESUPUESTO GENERAL1.875.744,42 euros

TIR0,1586%

El presupuesto general asciende a la expresada cantidad de **un millón ochocientos setenta y cinco mil setecientos cuarenta y cuatro euros con cuarenta y dos céntimos de euro.**

A 21 de junio del 2018, en La Laguna

IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Introducción

5.1.1. Antecedentes

Se redacta el presente documento con el fin de realizar un Estudio de Impacto Ambiental con la intención de determinar las posibles alteraciones ambientales originadas por el proyecto que se nos presenta, un parque eólico localizado en el Término Municipal de Tuineje (Fuerteventura).

El parque eólico tendrá una potencia total instalada de 2,3 MW, formado por un aerogenerador de la marca Enercon con 2300 kW de potencia nominal, además de un centro de transformación.

El presente Estudio de Impacto Ambiental forma parte de la Evaluación de Impacto Ambiental a la que están sometidos este tipo de proyectos, tanto a la legislación nacional como a la autonómica que nos corresponde.

5.1.2 Legislación

En España, la Normativa aplicable para regular las Evaluaciones de Impacto Ambiental son las siguientes:

Generales

Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Real Decreto 1015/2013, de 20 de diciembre, por el que se modifican los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. (Deroga a: Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.

Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.) Legislación autonómica (en Asturias actualmente se está tramitando la "Ley de Sostenibilidad y Protección Ambiental", en otras comunidades autónomas: Ley 1/1995, de 2 de enero, de protección ambiental de Galicia; Ley 7/2006, de 22 de junio, de protección ambiental de Aragón; Ley 7/2007, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de Andalucía; etc.)

Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. (Sustituye al Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras.)

Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras.

Ley 11/2012, de 19 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.

Real Decreto-ley 17/2012, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.

Ley 17/2011, de 5 de julio, de seguridad alimentaria y nutrición.

Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, de modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio.

Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo. Legislación autonómica complementaria en materia de urbanismo (en Asturias: Decreto Legislativo 1/2004, de 22 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de las disposiciones legales vigentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo, y

Decreto 278/2007, 4 diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Ordenación del Territorio y Urbanismo del Principado de Asturias, "TROTU").

Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural.

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

Ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio. (Ver más en <http://faada.org/legislacion-2>)

Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.

Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

Real Decreto 1615/2005, de 30 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 560/1995, de 7 de abril, por el que se establecen las tallas mínimas de determinadas especies pesqueras.

Real Decreto 1201/2005, de 10 de octubre, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. (Ver más en <http://faada.org/legislacion-2>)

Ley Orgánica 15/2003, de 25 de noviembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal.

Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. (En Asturias: Ley del Principado de Asturias 3/2004, de 23 de noviembre, de Montes y Ordenación Forestal.)

Ley 31/2003, de 27 de octubre, de conservación de la fauna silvestre en los parques zoológicos.

Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado.

Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.

Real Decreto 71/1998, de 23 de enero, por el que se regula la pesca de túnidos y especies afines en el Mediterráneo. (Numerosas órdenes desarrollan la normativa sobre pesca de especies concretas: Orden ARM/1647/2009, de 15 de junio, por la que se regula la pesca de especies

altamente migratorias. Orden APA/3838/2006, de 13 de diciembre, por la que se modifica la Orden de 25 de marzo de 1998, por la que se regula la pesca especializada de especies demersales y especies profundas con artes de palangre de fondo en aguas de otros Estados miembros de la Unión Europea. Orden APA/2521/2006, de 27 de julio, por la que se regula la pesca con el arte de palangre de superficie para la captura de especies altamente migratorias y por la que se crea el censo unificado de palangre de superficie. Orden de 25 de marzo de 1998, por la que se regula la pesca especializada en especies demersales y especies profundas con artes de palangre de fondo de aguas de otros Estados miembros de la Unión Europea.)

Real Decreto 1739/97, de 20 de noviembre de 1997, sobre medidas de aplicación del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre.

Real Decreto 1538/1996, de 21 de junio, por el que se precisan las competencias del Ministerio de Medio Ambiente en materia de conservación de la naturaleza y parques nacionales.

Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestres (CITES) hecho en Washington el 3 de marzo de 1973 (publicado en el «Boletín Oficial del Estado» de 30 de julio de 1986 y 10 de agosto de 1991) modificaciones a los apéndices I, II y III, aprobadas en la novena reunión de las partes en Fort Lauderdale (Estados Unidos de América) del 7 al 18 de noviembre de 1994 y enmienda al apéndice III. (BOE nº 50 – Martes 27 de febrero de 1996)

Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y la fauna silvestres.

Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal. Título XVI: De los delitos relativos a la ordenación del territorio y la protección del patrimonio histórico y del medio ambiente.

Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias.

Real Decreto 560/1995, de 7 de abril, por el que se establece las tallas mínimas de determinadas especies pesqueras.

Ley 1/1993, de 13 de abril, de protección de animales domésticos y salvajes en cautividad.

Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el régimen de la minería.

Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Incendios Forestales.

Decreto 506/1971, de 25 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento para la Ejecución de la Ley de Caza.

Ley 1/1970, de 4 de abril, de Caza.

Legislación autonómica sobre caza, pesca, protección animal y especies protegidas. (En Asturias: Decreto 25/2006, de 15 de marzo, por el que se regula la pesca marítima de recreo en el Principado de Asturias; Ley 13/2002, de 23 de diciembre, de tenencia, protección y derechos de los animales; Ley 6/2002, de 18 de junio, sobre protección de los ecosistemas acuáticos y de regulación de la pesca en aguas continentales; Ley 2/1993, de 29 de octubre, de pesca marítima en aguas interiores y aprovechamiento de recursos marinos; Decreto 24/91, de 7 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Caza; Ley 2/1989, de 6 de junio, de Caza; Planes de gestión y manejo de las diferentes especies protegidas.)

Legislación autonómica de espacios naturales protegidos. (En Asturias: Ley 5/1991, de 5 de abril, de protección de los espacios naturales; Decreto 38/1994, de 19 de mayo, que aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Principado de Asturias; PRUG de cada espacio protegido.)

Las servidumbres públicas y el dominio público (marítimo-terrestre y fluvial). Posteriormente a este texto se publicó el Real Decreto 670/2013, de 6 de septiembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en materia de registro de aguas y criterios de valoración de daños al dominio público hidráulico.

Contaminación

Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.

Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.

Real Decreto 1090/2010, de 3 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Real Decreto 1304/2009, de 31 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.

Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

Real Decreto 1802/2008, de 3 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, con la finalidad de adaptar sus disposiciones al Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (Reglamento REACH).

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Real Decreto 812/2007, de 22 de junio, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Real Decreto 509/2007, de 20 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Orden PRE/164/2007, de 29 de enero, por la que se modifican los anexos II, III y V del Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, aprobado por el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero.

Orden PRE/1982/2007, de 29 de junio, por la que se modifican los anexos IVA y IVB del Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su desarrollo y ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. (En Asturias: Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en suelos del Principado de Asturias.)

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. (Puede resultar de interés esta información.)

Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.

Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

Real Decreto 99/2003, de 24 de enero, por el que se modifica el reglamento sobre notificación de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo.

Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control integrados de la Contaminación (IPPC).

Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas. (Ampliado por diversas órdenes PRE.)

Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Corrección de errores del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

Real Decreto 782/1998, de 30 de abril por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.

Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Real Decreto 2163/1994, de 4 de noviembre, por el que se traspone la Directiva 91/414/CEE del Consejo, de 15 de julio, sobre comercialización de productos fitosanitarios, al ordenamiento jurídico español.

Real Decreto 280/1994, de 18 de febrero, por el que se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas y su control en determinados productos vegetales.

Orden de 4 de febrero de 1994 por la que se prohíbe la comercialización y utilización de plaguicidas de uso ambiental que contienen determinados ingredientes activos peligrosos.

Real Decreto 443/1994, de 11 de marzo, por el que se modifica la reglamentación técnico-sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas.

Real Decreto 569/1990, de 27 de abril, relativo a la fijación de contenidos máximos para los residuos de plaguicidas sobre y en los productos alimenticios de origen animal.

Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

5.1.3. Impactos en la fase de construcción

En la fase de construcción de nuestro parque tenemos que tener en cuenta los diversos impactos a los que se somete el terreno y la población. Se procede a la enumeración de tales:

- Afecciones a recursos agrícolas o ganaderos.
- Modificación del paisaje, así como la eliminación de la vegetación.
- Mayor demanda de la mano de obra, lo que conlleva un estímulo socioeconómico en dicha zona.
- Contaminación parcial y partículas en suspensión.
- Incremento del tráfico en las zonas de transporte.
- Cambios en la accesibilidad de la zona ocupada y alrededores.
- Contaminación acústica a causa de las obras.
- Contaminación del suelo y aguas (debido a vertidos accidentales).

5.1.4. Impactos en la fase de explotación

De la misma forma, se establecen las principales ventajas y desventajas de la creación de una instalación de este calibre, como pueden ser:

- Creación de puestos de trabajo en el mantenimiento del parque durante su vida útil.
- Reducción de gases de efecto invernadero.
- Se reduce el consumo de la red, ya que el municipio de Tuineje se alimentará parcialmente o totalmente gracias a este suministro.
- Ahorro en consumo de combustibles de carácter fósil.
- Ahorro en el coste de producción en la isla.
- Modificación del paisaje a nivel visual por la presencia de las turbinas eólicas.
- Posibilidad de daños en la fauna por accidentes con aves de la zona.
- Descendente calidad del suelo y subsuelo por gestión incorrecta de residuos generados o fugas accidentales.

5.2. Matriz de Leopold

Para la valoración de los impactos de nuestro proyecto utilizaremos el método de la matriz de Leopold. Esta propuesta se generó en 1971¹³ para adaptarse a las dimensiones del lugar y el uso.

Los datos que se necesitan para otorgar los diferentes valores y formar una conclusión estable son los siguientes:

- Magnitud: tratamos la magnitud como la dimensión del impacto en sí. Se antepone un signo positivo (+) si se trata de un beneficio o negativo (-) en caso opuesto.
- Importancia: es la relevancia del impacto sobre la calidad de nuestro entorno, junto al territorio afectado.

Además, la normativa nos exige que los impactos ambientales estén diseñados en función de los siguientes conceptos:

- Persistencia: tiempo total en el que el efecto se mantiene hasta que el factor afectado vuelva a sus condiciones iniciales (por medio natural o por medidas correctoras).

Tenemos tres variantes:

Fugaz: menor a un año.

Temporal: de 1 a 10 años.

Permanente: superior a 10 años.

- Extensión: hace referencia al área de influencia teórica del impacto. Se clasifica en:

Puntual

Extensivo

- Momento: es el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto. De la misma manera se divide en tres:

Inmediato: nulo.

Corto plazo: menos de 1 año.

Medio plazo: de 1 a 5 años.

Largo plazo: mayor de 5 años.

- Recuperabilidad: posibilidad de reconstrucción del factor afectado usando las medidas correctoras. Pueden ser:

Recuperable.

Irrecuperable.

- Reversibilidad: capacidad de recuperación mediante métodos naturales del factor afectado una vez la acción termina de incidir en el entorno. Se clasifica en:
 - Reversible.
 - Irreversible.
- Sinergia: hace referencia al reforzamiento de dos o más efectos simples. El impacto sinérgico consiste en dos efectos simultáneos produciendo un impacto superior a la suma de ambos.
- Acumulación: incremento progresivo en la visibilidad del efecto cuando la acción productora persiste de forma continuada. Puede ser:
 - Simple
 - Acumulativo

El Real Decreto 1131/88 recoge la valoración de los impactos de la siguiente manera:

- Compatible: la recuperación del terreno afectado es inmediata una vez finalizada la actividad. No precisa de medidas correctoras o protectoras.
- Moderado: la recuperación de la zona afectada no necesita de medidas protectoras o correctoras de carácter intensivo. La consecución de las condiciones ambientales requiere de un cierto tiempo.
- Severo: La recuperación de las zonas afectadas precisa de medidas protectoras o correctoras, aunque, aún con ellas, se necesita un tiempo extenso para la restauración.
- Crítico: la magnitud de los impactos supera el umbral aceptable, ya que se produce una pérdida permanente de las condiciones ambientales anteriores. No hay restauración posible, incluso utilizando las medidas previamente citadas.

Esta última clasificación se corresponde con unos valores numéricos, resumidos en la siguiente tabla:

NEGATIVO	RANGO	POSITIVO
Compatible	+/- (1-25)	Reducido
Moderado	+/- (26-50)	Moderado
Severo	+/- (51-75)	Notable
Crítico	+/- (76-100)	Alto

Tabla 19: Valores de relevancia de un impacto positivo.

La ponderación de las variables se describe en la siguiente tabla:

<u>Variable</u>	<u>Valor</u>
Signo (S)	Beneficioso → + Perjudicial → -
Magnitud (M)	Baja → 1 Media → 3 Alta → 5
Persistencia (P)	Ocasional → 0.5 Temporal → 1 Permanente → 2
Extensión (E)	Puntual → 1 Intermedio → 3 Extenso → 5
Momento (MM)	Largo plazo → 0.5 Medio plazo → 1 Inmediato → 2
Recuperabilidad (RP)	No precisa medidas protectoras → 0.25 No intensiva → 0.5 Intensivas → 0.75 Irrecuperable → 1
Reversibilidad (RV)	Reversible → 1 Irreversible → 2
Sinergia (SN)	No sinérgico → 1 Sinérgico → 2
Acumulación (A)	Simple → 1 Acumulativo → 2

Tabla 20: Variables y valores numéricos de los impactos.

La anterior tabla hace referencia en valores numéricos a la relevancia de los impactos en la relación entre la acción que se realiza y el factor afectado. El valor de cada impacto se resuelve utilizando la siguiente fórmula:

$$Impacto = S * [(M * P * A * SN) + (E * MM)] * RV * RP$$

Estos son los datos finales de la matriz de Leopold:

	OCUPACIÓN DE TERRENO	USO DE MAQUINARIA PESADA	MONTAJE DE AEROGENERADORES	DESPEJE DE LA ZONA
FAUNA	-2,25	X	-0,5	-1,25
FLORA	-4,5	-1,5	X	-4,5
AIRE	X	-3,5	X	X
SUELO	-10,5	-6	X	-1,5
ECONOMÍA	+9	-0,75	-1,5	-3

Tabla 21: Valores de la matriz de Leopold (1.)

	MOVIMIENTO DE AEROGENERADORES	CIMENTACIÓN DE AEROGENERADORES	PRESENCIA DEL PARQUE	LÍNEA ELÉCTRICA
FAUNA	-9	-5,25	-3	-8
FLORA	X	-9,75	X	X
AIRE	X	X	X	45
SUELO	X	-10,5	X	X
ECONOMÍA	-1,75	-1,75	15	15

Tabla 22: Valores de la matriz de Leopold (2.)

	ILUMINACIÓN	CREACIÓN DE EMPLEO
FAUNA	-8	X
FLORA	X	X
AIRE	X	X
SUELO	X	X
ECONOMÍA	-1,5	36

Tabla 23: Valores de la matriz de Leopold (3).

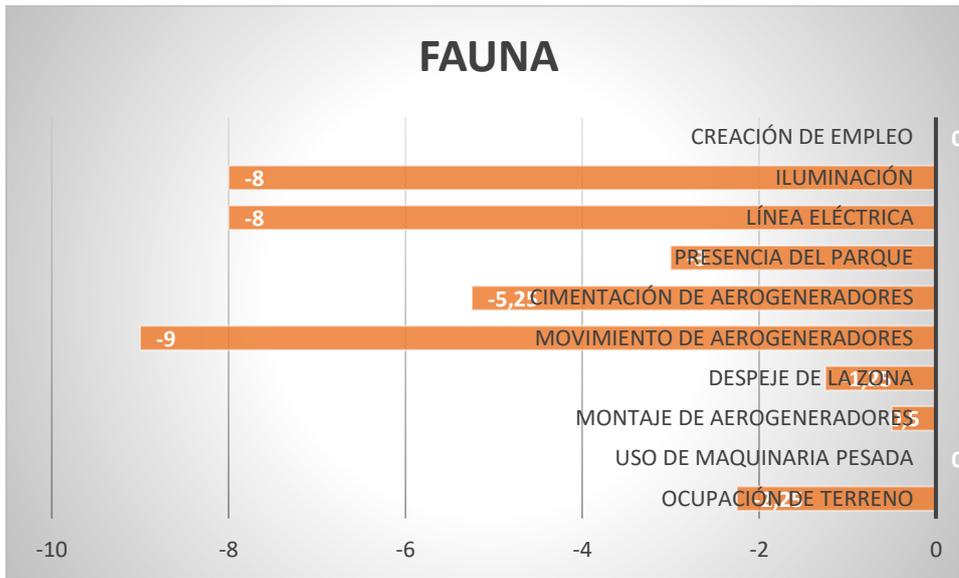
Esto hace unos totales de:

TOTAL

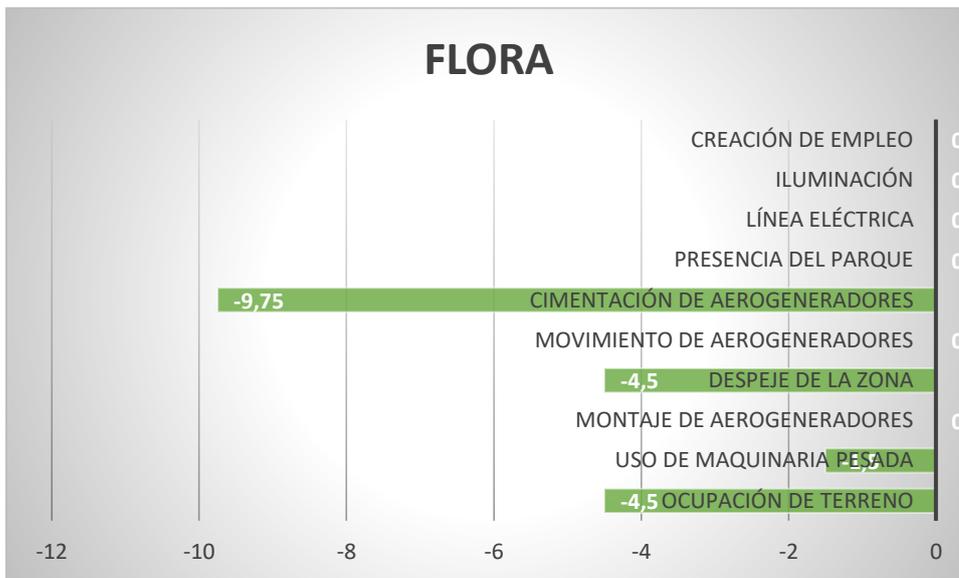
FAUNA	-37,25
FLORA	-20,25
AIRE	42,5
SUELO	-28,5
ECONOMÍA	64,75

Tabla 24: Impactos totales de los factores ambientales.

Gráficamente tenemos unos resultados:



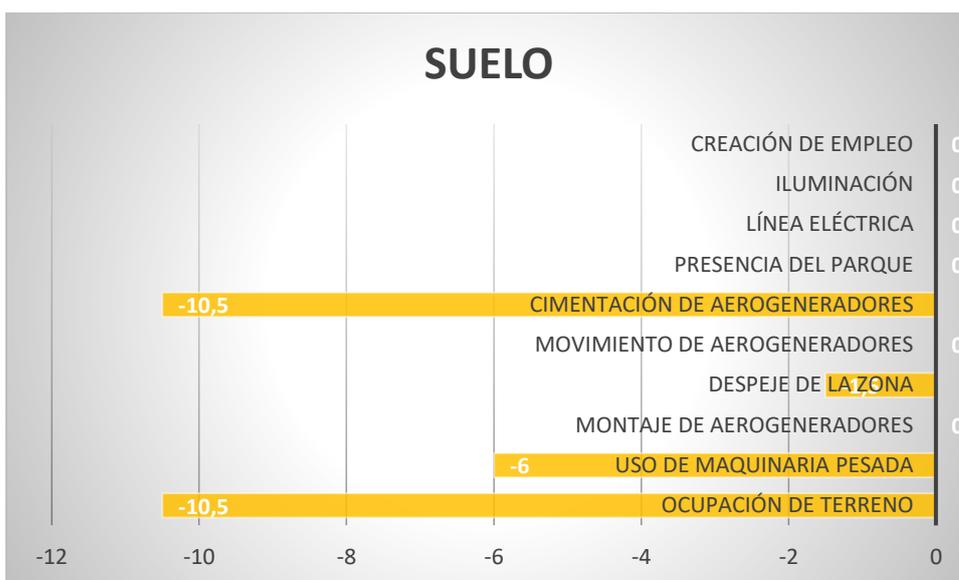
Gráfica 8: Valores numéricos de los impactos para la fauna.



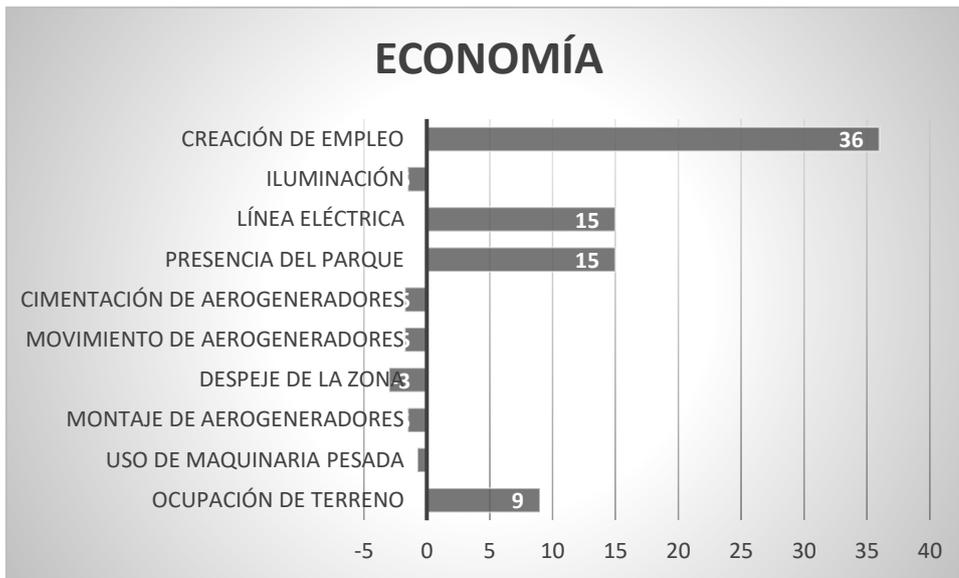
Gráfica 9: Valores numéricos de los impactos para la flora.



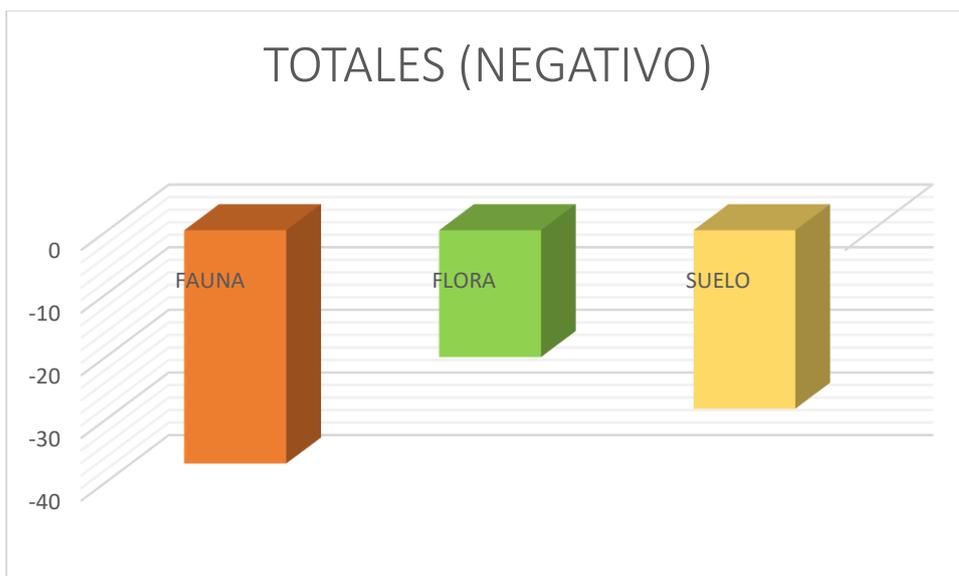
Gráfica 10: Valores numéricos de los impactos para el aire.



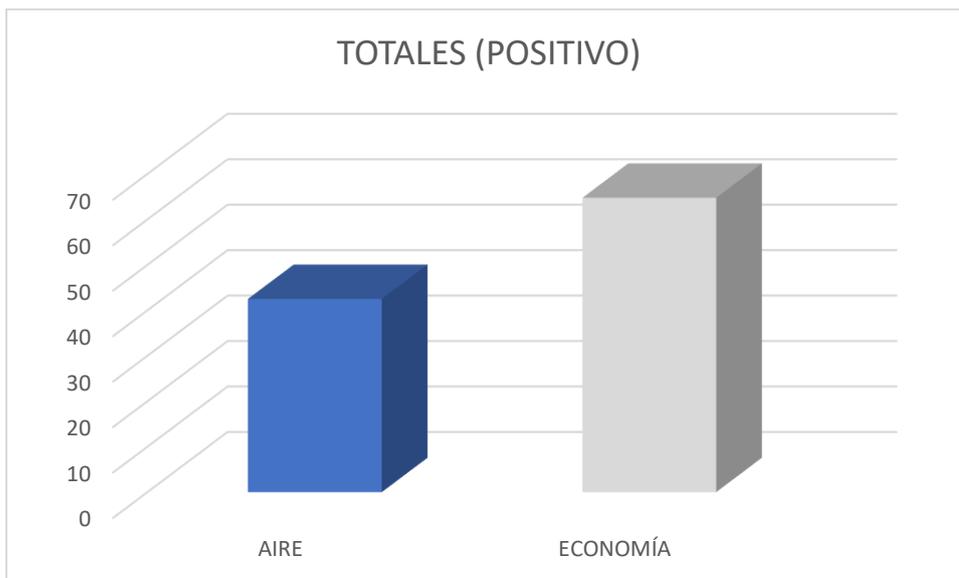
Gráfica 11: Valores numéricos de los impactos para el suelo



Gráfica 12: Valores numéricos de los impactos para la economía



Gráfica 13: Impactos totales negativos.



Gráfica 14: Impactos totales positivos.

De este estudio podemos sacar las siguientes conclusiones:

En primer lugar, el principal afectado de nuestro proyecto es la fauna. Esto es normal en este tipo de trabajos. Hay que recordar que se emplean aerogeneradores de gran altura, se utiliza iluminación intensa para las labores de construcción, se reforma el hábitat y se utiliza maquinaria pesada. Todo esto influye en una medida considerable a la fauna de nuestra zona, especialmente la avifauna.

El impacto negativo está presente, aunque en menor medida, en la flora, especialmente sensible a los trabajos que se realizan para la reconstrucción del suelo, y en este último.

En segundo lugar, los grandes beneficiados de la creación de este parque eólico es el aire (condiciones de la atmósfera y el clima), y la economía. Esto también es característico en este tipo de proyectos, ya que hablamos de energías renovables, que implican una mejora en la toxicidad y contaminación de nuestra sociedad, así como la reducción en gastos que se derivan a combustibles fósiles. Además, la creación de empleo será un motivo más por el que realizar la obra, ya que en la comunidad canaria un 31% de la población se encuentra en paro.

5.2.1. Medidas

Debemos tener una serie de medidas para su uso desde el diseño de nuestro parque hasta la finalización de la construcción de este. Las dividiremos en tres categorías:

- Preventivas/minimizadoras. La finalidad de estas es básicamente evitar el efecto que pueda producirse. Se planifican en el diseño inicial del parque, para evitar impactos irreparables.
- Correctoras. La finalidad principal es revertir el efecto una vez sucedido. Habrá que valorar la viabilidad de este tipo de medidas en función de la eficacia, el seguimiento o la rentabilidad, entre otros aspectos.
- Compensatorias. Su finalidad es indemnizar o retribuir a los afectados las pérdidas que se ocasionan en las fases de construcción y explotación.

En la siguiente lista se enumeran algunas de las principales medidas, ya sean preventivas o correctoras:

- ✓ Instalaciones que prevengan los accidentes para la avifauna.
- ✓ Revisiones periódicas de los niveles sonoros de las turbinas.
- ✓ Diseño del parque con los suficientes espacios entre aerogeneradores.
- ✓ Programas de seguimiento para la fauna de la zona.
- ✓ Favorecer el mimetismo del proyecto junto al ecosistema que lo rodea.
- ✓ Distribución de los residuos producidos en las categorías correspondientes.

Se establecen unos criterios de planificación para este tipo de incidencias, resumidos en la siguiente tabla:

<u>Factor</u>	<u>Parámetro</u>	<u>Fase</u>	<u>Duración</u>
Fauna	Fallecimientos	Explotación	Quincenal
	Colisiones	Construcción	
	Tasas de vuelos		
	Productividad biológica		
	Número de especies		
Flora	Evaluación de la vegetación	Explotación	Anual
Ruidos	Potencia auditiva (dB)	Explotación	Anual
Residuos	Gestión y distribución	Construcción	Mensual
		Explotación	
		Limpieza	

Gráfica 15: Revisiones de los parámetros de impactos en los factores de la obra.

5.2.2. Explicación de los valores obtenidos en la matriz de Leopold

La ecuación que define el valor de los impactos de cada acción sobre los factores ambientales es:

$$Impacto = S * [(M * P * A * SN) + (E * MM)] * RV * RP$$

Para ocupación de terreno:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
FAUNA	NEGATIVO	1	2	1	1
FLORA	NEGATIVO	1	2	1	2
AIRE	X	0	0	0	0
SUELO	NEGATIVO	3	2	1	2
ECONOMÍA	POSITIVO	3	1	1	1

Tabla 25: Variables para la ocupación de terreno (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	1	1	1	0,75
<i>FLORA</i>	1	2	1	0,75
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	1	2	1	0,75
<i>ECONOMÍA</i>	3	2	1	1

Tabla 26: Variables para la ocupación de terreno (2).

$$Fauna = - * [(1 * 2 * 1 * 1) + (1 * 1)] * 1 * 0,75 = -2,25$$

$$Flora = - * [(1 * 2 * 1 * 2) + (1 * 2)] * 1 * 0,75 = -4,5$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = - * [(3 * 2 * 1 * 2) + (1 * 2)] * 1 * 0,75 = -10,5$$

$$Economía = + * [(3 * 1 * 1 * 1) + (3 * 2)] * 1 * 1 = +9$$

Para la presencia del parque:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	1	2	1	1
<i>FLORA</i>	X	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	X	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	POSITIVO	5	1	1	2
	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD	
<i>FACTOR</i>					
<i>FAUNA</i>	1	2	1	0,75	
<i>FLORA</i>	0	0	0	0	
<i>AIRE</i>	0	0	0	0	
<i>SUELO</i>	0	0	0	0	
<i>ECONOMÍA</i>	3	1	1	1	

Tabla 27: Variables para la presencia del parque.

$$Fauna = - * [(1 * 2 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0,75 = -3$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = 0$$

$$Economía = + * [(5 * 1 * 1 * 2) + (3 * 1)] * 1 * 1 = +15$$

Para el uso de maquinaria pesada:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	X	0	0	0	0
<i>FLORA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1
<i>AIRE</i>	NEGATIVO	1	1	1	1
<i>SUELO</i>	NEGATIVO	3	2	1	1
<i>ECONOMÍA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1

Tabla 28: Variables para el uso de maquinaria pesada (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	0	0	0	0
<i>FLORA</i>	1	2	1	0,5
<i>AIRE</i>	3	2	1	0,5
<i>SUELO</i>	1	2	1	0,75
<i>ECONOMÍA</i>	1	2	1	0,25

Tabla 29: Variables para el uso de maquinaria pesada (2).

$$Fauna = - * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0,5 = -1,5$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = - * [(1 * 1 * 1 * 1) + (3 * 2)] * 1 * 0,5 = -3,5$$

$$Suelo = - * [(3 * 2 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0,75 = -6$$

$$Economía = + * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0,25 = -0,75$$

Para el montaje de los aerogeneradores:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1
<i>FLORA</i>	X	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	X	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1

Tabla 30: Variables para el montaje de los aerogeneradores (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	1	1	1	0,25
<i>FLORA</i>	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	1	2	1	0,5

Tabla 31: Variables para el montaje de los aerogeneradores (2).

$$Fauna = - * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0.25 = -0,5$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = - * [(1 * 1 * 1 * 1) + (3 * 2)] * 1 * 0.5 = -3,5$$

$$Suelo = - * [(3 * 2 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0.75 = -6$$

$$Economía = + * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0.25 = -0,75$$

Para el despeje de la zona:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	3	1	1	1
<i>FLORA</i>	NEGATIVO	1	2	1	2
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	NEGATIVO	1	1	1	1
<i>ECONOMÍA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1

Tabla 32: Variables para el despeje de la zona (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	1	2	1	0,25
<i>FLORA</i>	1	2	1	0,75
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	11	2	1	0,5
<i>ECONOMÍA</i>	1	2	1	1

Tabla 33: Variables para el despeje de la zona (2).

$$Fauna = - * [(3 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0.25 = -1,25$$

$$Flora = - * [(1 * 2 * 1 * 2) + (1 * 2)] * 1 * 0.75 = -4,5$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = - * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0.5 = -1,5$$

$$Economía = + * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 1 = -3$$

Para el movimiento de los aerogeneradores:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	3	1	1	1
<i>FLORA</i>	X	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	X	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1

Tabla 34: Variables para el movimiento de los aerogeneradores (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	3	2	2	0,5
<i>FLORA</i>	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	3	2	1	0,25

Tabla 35: Variables para el movimiento de los aerogeneradores (2).

$$Fauna = - * [(3 * 1 * 1 * 1) + (3 * 2)] * 2 * 0.5 = -1,25$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = 0$$

$$Economía = + * [(1 * 1 * 1 * 1) + (3 * 2)] * 1 * 1 = -1,75$$

Para la cimentación de los aerogeneradores:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	3	2	1	1
<i>FLORA</i>	NEGATIVO	3	2	1	2
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	NEGATIVO	3	2	1	2
<i>ECONOMÍA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1

Tabla 36: Variables para la cimentación de los aerogeneradores (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	1	1	1	0,75
<i>FLORA</i>	1	1	1	0,75
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	1	2	1	0,75
<i>ECONOMÍA</i>	3	2	1	0,25

Tabla 37: Variables para la cimentación de los aerogeneradores (2).

$$Fauna = - * [(3 * 2 * 1 * 1) + (1 * 1)] * 1 * 0.75 = -5,25$$

$$Flora = - * [(3 * 2 * 1 * 2) + (1 * 1)] * 1 * 0.75 = -9,75$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = - * [(3 * 2 * 1 * 2) + (1 * 2)] * 1 * 0.75 = -10,5$$

$$Economía = + * [(1 * 1 * 1 * 1) + (3 * 2)] * 1 * 0.25 = -1,75$$

Para la línea eléctrica:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	1	2	1	1
<i>FLORA</i>	X	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	X	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	POSITIVO	3	2	1	2

Tabla 38: Variables para la línea eléctrica (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	1	2	2	1
<i>FLORA</i>	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	3	1	1	1

Tabla 39: Variables para la línea eléctrica (2).

$$Fauna = - * [(1 * 2 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 2 * 1 = -8$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = 0$$

$$Economía = + * [(3 * 2 * 1 * 2) + (3 * 1)] * 1 * 1 = 15$$

Para la iluminación:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	NEGATIVO	1	1	1	2
<i>FLORA</i>	X	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	X	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	NEGATIVO	1	1	1	1

Tabla 40: Variables para la iluminación (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	1	2	2	1
<i>FLORA</i>	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	1	2	1	0,5

Tabla 41: Variables para la iluminación (2).

$$Fauna = - * [(1 * 1 * 1 * 2) + (1 * 2)] * 2 * 1 = -8$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = 0$$

$$Economía = + * [(1 * 1 * 1 * 1) + (1 * 2)] * 1 * 0.5 = -1.5$$

Para la creación de empleo:

FACTOR	SIGNO	MAGNITUD	PERSISTENCIA	ACUMULACIÓN	SINERGIA
<i>FAUNA</i>	X	0	0	0	0
<i>FLORA</i>	X	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	X	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	X	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	POSITIVO	3	2	1	2

Tabla 42: Variables para la creación de empleo (1).

FACTOR	EXTENSIÓN	MOMENTO	REVERSIBILIDAD	RECUPERABILIDAD
<i>FAUNA</i>	0	0	0	0
<i>FLORA</i>	0	0	0	0
<i>AIRE</i>	0	0	0	0
<i>SUELO</i>	0	0	0	0
<i>ECONOMÍA</i>	3	2	2	1

Tabla 43: Variables para la creación de empleo (2).

$$Fauna = - * [(1 * 1 * 1 * 2) + (1 * 2)] * 2 * 1 = -8$$

$$Flora = 0$$

$$Aire = 0$$

$$Suelo = 0$$

$$Economía = + * [(3 * 2 * 1 * 2) + (3 * 2)] * 2 * 1 = 36$$

CONCLUSIONES

Para finalizar con la memoria debemos destacar el increíble potencial y la presencia de las energías renovables en nuestro país, y, sobre todo, en las Islas Canarias, donde el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) y el Instituto Tinerfeño de Energías Renovables (ITER) se han elevado como los máximos exponentes de los proyectos sostenibles.

Canarias posee 56 parques eólicos que abastecen de energía limpia las islas, aunque Fuerteventura, lugar donde procedemos a realizar nuestro trabajo, cuenta con únicamente 4 recintos, a pesar del viento persistente en esta localización.

Se decide estudiar la creación de un parque eólico en el municipio de Tuineje, en la isla de Fuerteventura, debido al espacio que tenemos para su diseño y construcción. Además, se proporciona diferentes usos para nuestro parque. Uno de ellos es el autoconsumo, y la cercanía con el pueblo de tamaño medio que hemos mencionado es un punto a favor para la elección de la situación. Otra de las razones que la benefician es su lejanía con zonas de tránsito, ya sean carreteras o caminos.

El objetivo principal de nuestra obra es desarrollar una actividad económica de interés general en un Término Municipal menos favorecido.

Basándonos en las principales normativas de energías renovables realizamos un estudio técnico del viento. Tras analizar la frecuencia y cantidades de viento de la zona, podemos comprobar, que, según las leyes vigentes, nuestro parque es viable, ya que la media en las velocidades eólicas supera los 5,5 m/s. Para ser concretos, tras haber realizado varias simulaciones, obtenemos que a 40 metros tenemos una media de 6,14 m/s. A 60, los resultados obtenidos son de 6,68 m/s. Por último, haciendo un uso equitativo de aerogeneradores de ambas alturas, nos da un valor de 6,41 m/s. Utilizamos estas distancias, ya que, por norma general, las turbinas eólicas tienen una altitud de entre 40 y 60 metros, además de que son estos datos para los que se calculan las constantes de Weibull respectivas.

Tras realizar un análisis temporal de las velocidades medias y rachas máximas de viento en la zona, concluimos que en el año 2017 se alcanzó la mayor media en el mes de diciembre, siendo febrero la etapa donde se registró la mayor racha del año. La orientación eólica de nuestra zona recae principalmente en sentido noreste.

Para el cálculo del potencial de nuestro proyecto localizamos nuestra zona a una altitud de 164 metros. Utilizando la herramienta que nos proporciona el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), estudiamos el tipo de aerogenerador que mejor nos vendría. Para ello, elegimos 3 ejemplares, todos de la marca Enercon. Son el E44 de 800 kW, el E48 de 900 kW, y el E70 de 2300 kW.

Se establecen tres tipos de usos, donde el Enercon E70/2300 registra los mejores números en todos los campos. El primero es autoconsumo. El Enercon E44/900 nos permitiría alimentar 295 hogares de las 856 casas funcionales. Esto implica el 34,45% de todo el territorio. Por su parte, el E48/800 sería capaz de suministrar el consumo anual de 345 viviendas, un 40,33% del total. El Enercon E70/2300 por su parte, podría con todo el pueblo de Tuineje.

Para la agricultura obtenemos el mismo caso, ya que el tipo E70/2300 ocuparía el 24,94% de todo el consumo agrícola de Fuerteventura, mientras que el E44/900 y el E48/800 quedan muy por debajo, siendo un 8,59% y un 10,03% el consumo gestionado por las energías obtenidas de manera eficiente, respectivamente.

El tercer caso que abordamos es el de la creación de un complejo industrial en la zona que nos ocupa, poniendo como hipótesis el suministro a naves con una potencia de 200 kW nominales. Un solo aerogenerador del tipo E70/2300 alimentaría 22 instalaciones de tipo medio. El E44/900 nos permite alimentar 8 naves industriales, mientras que el E48/800 nos proporciona la energía para 9 de estas.

Hay que recordar que el aerogenerador Enercon E70/2300 es más costoso que los otros dos, por lo que en el presupuesto se estudia el gasto que supondría la utilización de este modelo en un único ejemplar.

Nuestro proyecto se trabajaría a partir de una obra civil, cuyo objetivo se basa en reducir las alteraciones negativas que se produzcan en la construcción y explotación del terreno. Esto se resume en cuatro apartados, donde se encuentran, entre otros, el acondicionamiento de los accesos, el ensanchamiento de viales, la cimentación, la limpieza y las dependencias auxiliares.

En el estudio económico del proyecto se han evaluado los costes de inversión, que dan un total de presupuesto de ejecución y mano de obra/maquinaria/material de 1.579.308,27 euros, el 6% de gastos generales (94.758,49 euros), con un 5% de beneficio industrial que da la suma de 78.965,41 euros y aplicándose una tasa de impuesto del 7% IGIC resultante a una cantidad de 122.712,25 euros. El presupuesto general asciende a la cifra de 1.875.744,42 euros, siendo la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 0,1586%, un balance bastante positivo para nuestros intereses.

La obra civil está supervisada por el posible impacto ambiental que se pueda generar a través de esta. En función de la normativa vigente se realiza un estudio de los efectos más probables de suceder, donde destacan, en la fase de construcción, la modificación del paisaje, la eliminación de fauna y flora, la contaminación atmosférica y acústica, y el estímulo económico del municipio. Para la fase de explotación encontramos la creación de puestos de trabajo, la reducción de gases de efecto invernadero, el ahorro en combustibles fósiles y la modificación del paisaje.

Para una evaluación de carácter numérico utilizamos la matriz de Leopold, un sistema creado en 1971 para el estudio de los impactos de obras, donde se debe analizar cada acción realizada y su relación con el factor ambiental. Para ello se selecciona la magnitud, el momento, la persistencia o la recuperabilidad, entre otros datos, para proporcionarle un criterio de relevancia, ya sea positivo o negativo, y así realizar una comparación y comprobar si es viable nuestro trabajo.

Tras hacer varias evaluaciones, se establece que el principal damnificado de la creación de nuestra obra es la fauna, algo común en este tipo de proyectos, ya que se altera todo el hábitat de la zona. El segundo con mayor impacto negativo es la flora, afectada principalmente por el trabajo que se realiza en el suelo. Los mejores parados de la creación de nuestro parque son la economía y el aire (clima y atmósfera), debido a la propia naturaleza de nuestra idea, que es la del uso de energías renovables.

Además, se programan una serie de revisiones para los diferentes impactos negativos en la construcción y explotación de la obra de carácter quincenal, mensual o anual, dependiendo del factor al que nos enfrentemos.

Bibliografía

- [1] Es.wikipedia.org. (2018). Energía eólica. [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica.
- [2] Quintanilla, S. (2018). Mapa eólico: Canarias | Asociación Empresarial Eólica. [online] Aeeolica.org. Available at: <https://www.aeeolica.org/es/map/canarias>.
- [3] Siemensgamesa.com. (2018). Historia de la empresa I Siemens Gamesa. [online] Available at: <https://www.siemensgamesa.com/es-es/sobre-nosotros/historia-de-la-empresa>.
- [4] Es.wikipedia.org. (2018). Caliche (roca). [online] Available at: [https://es.wikipedia.org/wiki/Caliche_\(roca\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Caliche_(roca)).
- [5] GmbH, c. (2018). E-44. [online] Enercon.de. Available at: <https://www.enercon.de/en/products/ep-1/e-44>.
- [6] GmbH, c. (2018). E-48. [online] Enercon.de. Available at: <https://www.enercon.de/en/products/ep-1/e-48>.
- [7] GmbH, c. (2018). E-70. [online] Enercon.de. Available at: <https://www.enercon.de/en/products/ep-2/e-70>.
- [8] Medidores, J. (2018). Tabla de las velocidades del viento. [online] Pce-iberica.es. Available at: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/tablas-de-velocidades-del-viento.htm>.
- [9] Windfinder.com. (2018). Windfinder.com - Wind and weather statistic Puerto del Rosario. [online] Available at: https://es.windfinder.com/windstatistics/puerto_del_rosario_fuerteventura.
- [10] Ree.es. (2018). Demanda y producción en tiempo real | Red Eléctrica de España. [online] Available at: <http://www.ree.es/es/actividades/demanda-y-produccion-en-tiempo-real>.
- [11] Ayuntamiento de Tuineje. (2018). Estadísticas - Ayuntamiento de Tuineje. [online] Available at: <http://www.tuineje.es/estadisticas>.
- [12] sentidocomun.es, D. (2018). El consumo de energía del sector agrícola y ganadero representa el 3% del consumo final en España. [online] Agriculturasostenible.org. Available at: http://www.agriculturasostenible.org/v_portal/informacion/informacionver.asp?cod=7142&te=337&idage=9173&vap=0&npag=1.
- [13] Es.wikipedia.org. (2018). Matriz de Leopold. [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Matriz_de_Leopold.